

RADIOPROTECCIÓN

LA REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Nº 97 • MARZO 2020



- ▶ CALIBRACIÓN DE GAMMACÁMARA SPECT/CT PARA LA MEDIDA *IN VIVO* DE ¹³¹I EN TIROIDES DE LA POBLACIÓN EXPUESTA EN SITUACIONES DE EMERGENCIA NUCLEAR O RADIOLÓGICA
- ▶ APLICACIÓN PARA ESTIMAR HEYE A PARTIR DE LA DOSIMETRÍA DEL CND
- ▶ EXPERIENCIA OPERATIVA DE LA PLANTA DE LAVADO DE TIERRAS EN EL DESMANTELAMIENTO DE LA CENTRAL NUCLEAR JOSÉ CABRERA
- ▶ RESUMEN DE LOS TALLERES DE LA SFRP-IRPA SOBRE RAZONABILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA DEL PRINCIPIO ALARA

ENTREVISTA:

CARLOS ALEJALDRE,

DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT)

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

1. PROPÓSITO Y ALCANCE:

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

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

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

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

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

revista@sepr.es

2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

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

3. NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA RADIOPROTECCIÓN

3.1. Tipo de contribuciones que pueden enviarse a la revista

Las contribuciones que pueden enviarse a **RADIOPROTECCIÓN** son:

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

3.2. Normas para la presentación de artículos y revisiones técnicas

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

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Se seguirán las normas Vancouver para las referencias bibliográficas:

http://es.wikipedia.org/wiki/Estilo_Vancouver

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

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Directora

M^a Antonia López

Coordinadora

Rocío Escudero

Comité de Redacción

Domingo Córdoba

Eva Corredoira

Estela García

Carolina Hernández

Juan Francisco Navarro

Concha Orta

Matilde Pelegrí

Hugo Pérez

José Ribera

Susana Solís

M^a Angeles Trillo

Coordinación de la página web

Eduardo Gallego

José Francisco Benavente

Comité Científico

Presidenta: Beatriz Robles

José Miguel Fernández

Xavier Ortega

Teresa Ortiz

Eduardo Sollet

Alejandro Úbeda

Coordinación de la sección

"Pregunta a la SEPR"

Sofía Luque

María Luisa España

Francisco Rosales

Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Poeta Joan Maragall, 56. 7º D - 28020 Madrid

Tel.: 91 373 47 50

Correo electrónico: redaccionpr@gruposenda.es

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

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



EDICIÓN Marzo 2020

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

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

Síguenos en:



RADIOPROTECCIÓN se publica con una frecuencia trimestral.

Indexada: Latindex

SUMARIO

- Editorial 4
- Entrevista 5
 - Carlos ALEJALDRE
 - Director general del CIEMAT
- Colaboraciones 10
 - Calibración de gammacámara SPECT/CT para la medida *in vivo* de ¹³¹I en tiroides de la población expuesta en situaciones de emergencia nuclear o radiológica 10
 - Juan Francisco Navarro, Begoña Pérez, M^a. Antonia López, Rodrigo Plaza, Zulima Aza y Rafael Plaza
 - Aplicación para estimar H_{eye} a partir de la dosimetría del CND 17
 - Alba Montaner Alemany, Cristian Candela Juan, Jorge Vilar Palop, María Gracia Ochoa, Ángela Soriano Cruz, Nieves Llorca Domaica, y José Manuel Martínez Masmano
 - Experiencia operativa de la planta de lavado de tierras en el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera 22
 - Cristina Correa Sáinz y Nieves Martín Palomo
 - Resumen de los talleres de la SFRP-IRPA sobre razonabilidad en la implementación práctica del principio ALARA 26
 - Jean-François Lecomte, Amber Bannon, Yann Billarand, Peter Bryant, Marie-Claire Cantone, Roger Coates, John Croft, Stéphane Jean-François, Bernard Le Guen, Caroline Schieber y Thierry Schneider
- Noticias 32
- Proyectos de I+D 41
- Página web y redes 44
- Noticias IRPA 46
- Publicaciones 47
- Convocatorias y Cursos 48

La SEPR permite la reproducción en otros medios de los resúmenes de los artículos publicados en RADIOPROTECCIÓN, siempre que se cite al principio del texto del resumen reproducido su procedencia y se adjunte un enlace a la portada del sitio web www.sepr.es, así como también el nombre del autor y la fecha de publicación. Queda prohibida cualquier reproducción o copia, distribución o publicación, de cualquier clase del contenido de la información publicada en la revista sin autorización previa y por escrito de la SEPR.

La reproducción, copia, distribución, transformación, puesta a disposición del público, y cualquier otra actividad que se pueda realizar con la información contenida en la revista, así como con su diseño y la selección y forma de presentación de los materiales incluidos en la misma cualquiera que fuera su finalidad y el medio utilizado para ello, sin la autorización expresa de la SEPR o de su legítimo autor, quedan prohibidos.

Editorial

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

Este es el primer número de RADIOPROTECCIÓN del año 2020, un año muy señalado por nuestra Sociedad, ya que se cumplen 40 años desde la fundación de la SEPR.

En este número de RADIOPROTECCIÓN tenemos el honor de contar con la colaboración de D. Carlos Alejandre, director general del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) desde septiembre de 2018 y que comparte con todos nosotros los objetivos del Centro, sus actividades, y los retos a los que se enfrenta. En nombre de la SEPR me gustaría agradecerle su disponibilidad, así como la colaboración que ha ofrecido a nuestra Sociedad desde su incorporación al frente del CIEMAT.

Se incluyen también cuatro artículos de distintos ámbitos. Desde el CIEMAT y el Hospital Universitario La Paz de Madrid nos describen la metodología a seguir para calibrar una gammacámara SPECT-CT para poder cuantificar la incorporación de I-131 en tiroides tanto a trabajadores expuestos como a la población en general, en situaciones de emergencia nuclear o radiológica. Por su parte, compañeros del Centro Nacional de Dosimetría han diseñado una aplicación para automatizar la estimación de la dosis equivalente en cristalino a partir de las lecturas de los dosímetros de delantal y cristalino del CND. Desde ENRESA, Cristina Correa y Nieves Martín nos presentan la experiencia de la planta de lavado de tierras que se está utilizando en el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera para reducir el volumen de los residuos radiactivos a generar.

Por último, presentamos la traducción al español de un artículo elaborado por la Sociedad Francesa de Radioprotección a partir de dos *workshops* de los años 2017 y 2018 sobre la implementación práctica del criterio ALARA en tres sectores: industria nuclear, exposiciones médicas y situaciones de exposición existentes. Se trata de un tema plenamente vigente para el que hemos tenido la suerte de contar en las labores de traducción con la colaboración de nuestra Comisión de Jóvenes (J-SEPR). Mi enhorabuena y agradecimiento a ellos por su esfuerzo.

Además, el Comité de Redacción ha hecho una estupenda labor de recopilación y de condensación de las principales noticias de interés de estos últimos meses para nuestra Sociedad. Desde estas líneas os animo a acercaros y a leer toda esta información, que llega a vosotros gracias a la ilusión y a la generosidad de un puñado de compañeros que realizan esta labor para todos nosotros.

Para acabar quiero recordaros que desde la Junta Directiva estamos trabajando para dar cumplimiento al Plan Estratégico que aprobasteis el año pasado, y en esta ocasión os presentamos el programa preliminar de actividades científicas planificadas para este año, confiando en que sea de interés para todos vosotros, y esperando vuestras sugerencias para que podamos continuar planificando actividades que os resulten atractivas y que ello facilite vuestra participación.

Ricardo Torres.
Presidente de la SEPR



SECRETARÍA TÉCNICA

C/ Poeta Joan Maragall, 56 - 7º D
28020 Madrid
Tel.: 91 373 47 50
secretaria@sepr.es

JUNTA DIRECTIVA

Presidente: Ricardo Torres
Vicepresidenta: María Teresa Macías
Secretario General: Juan Diego Palma
Tesorero: José Campos
Vocales: Margarita Herranz, Carlos Huerga, José Manuel Ordiales, Danyl Pérez, Roberto Mariano Sánchez-Casanueva y María Luisa Tormo.

COMISIÓN DE ACTIVIDADES CIENTÍFICAS

Presidenta: María Teresa Macías
Secretaria: Sofía Luque
Vocales: M^a Antonia López, Eduardo Gallego, Pedro Ruiz, Patricia Mayo, J.M. Ordiales, M^a Fernanda Gamó, Esteban Velasco, Carlos Enriquez, Margarita Herranz, Alejandro Úbeda, Juan Carlos Mora, Luis Quindós, Javier Tenajas y Mercè Ginjaume

COMISIÓN DE ACTIVIDADES INSTITUCIONALES

Presidente: Ricardo Torres
Vicepresidenta: María Teresa Macías
Vocales: Leopoldo Arranz, Borja Bravo, Pío Carmena, Marisa España, Eduardo Gallego, Mercè Ginjaume, José Gutierrez, María Jesús Muñoz, Xavier Ortega, Teresa Ortiz, Rafael Ruiz Cruces y Eduardo Sollet.

COMISIÓN DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Presidente: José Campos
Vocales: Elena Alcaide, Pío Carmena, María Teresa Macías y Alejandro Úbeda.

COMISIÓN DE PUBLICACIONES

Junta Directiva: Marisa Tormo
Directora de la revista: Cristina Correa
Coordinadores web: José Francisco Benavente y Eduardo Gallego
Comité Científico: Beatriz Robles
Redes Sociales: Pedro Ruiz.

COMISIÓN DE JÓVENES-SEPR

Presidenta: Saroa Rozas
Vicepresidente: David Hernández
Secretaria: Zulima Aza
Vocales: Anna Camp, Cristian Candela, Víctor de la Llana, Irene Fernández, Cristina González, Cristina Koren, Marina Sáez, Natividad Sebastià y Javier Tenajas.

Carlos Alejaldre Losilla es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza, realizó su doctorado en el Instituto Politécnico de la Universidad de Nueva York donde permaneció como Profesor hasta su vuelta a España en 1986. Fue responsable técnico de la candidatura española para alojar el Proyecto Internacional de fusión ITER en Vandellós en Tarragona (2001-2003). Entre sus amplias responsabilidades profesionales destaca el haber sido presidente del Comité Asesor Europeo de Ciencia y Tecnología de Fusión (1999-2004), director del proyecto ITER Spain (2001-2003), director del Laboratorio Nacional del Fusión por Confinamiento Magnético (CIEMAT) donde se construyó y se realiza la explotación científico-tecnológica de la "Instalación Científica Singular" de fusión TJ-II (1992-2004), director general de Política Tecnológica del Ministerio de Educación y Ciencia (2004-2006), director adjunto del ITER (2006-2015), presidente de la Comisión Asesora de Instalaciones Singulares (CAIS) y director ejecutivo del Comisión para la Implementación de IFMF-DONES del Mº de Ciencia, Innovación y Universidades (2015-2016) y, desde 2018, es director general del CIEMAT.



Carlos
ALEJALDRE
DIRECTOR GENERAL DEL CIEMAT

EL CIEMAT

El CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) es el Organismo Público de Investigación (OPI) de referencia en las áreas de energía y medioambiente, y aborda también diversas áreas de la investigación básica.

El centro cuenta con más de 30 años de historia como CIEMAT, y su creación se remonta a los años 50 del siglo XX como Junta de Energía Nuclear. En un momento de cambio tecnológico y cuidado del medioambiente, ¿cómo afronta el centro los retos que se presentan a medio y largo plazo?

Precisamente en este momento estamos haciendo un análisis profundo sobre la estrategia a largo plazo del CIEMAT. En efecto, somos un centro de larga trayectoria, que se ha mantenido en la primera línea de la investigación. Pero es necesario avanzar y estar alineados en nuestro marco de actuación, que es la Unión Europea, que ha definido un nuevo periodo de desarrollo 2021-2027. Por eso, la definición de las líneas estratégicas de futuro tiene en este momento una gran importancia.

En este análisis estratégico, ¿qué papel tienen las energías renovables?

Naturalmente nuestra principal línea de trabajo es la energía y, dentro de este campo, el énfasis en las energías renovables es claro.

Pero dicho esto, el de la energía es un mundo muy dinámico en el que se están desarrollando cambios en la tecnología solar, la eólica y los biocombustibles.

Por lo tanto, es necesario clarificar cuál es la I+D que necesita en este momento el país y en la que debemos trabajar.

No es una tarea obvia ni sencilla, y sin duda todo lo relacionado con las energías renovables es una de las líneas estratégicas importantes que centra nuestro análisis.

¿Y la energía nuclear?

El CIEMAT es el centro de investigación que cuenta con más medios para acometer la I+D en el mundo nuclear. Por eso debemos alinearnos con la situación en España en los próximos años, teniendo en cuenta el calendario de cierre de las centrales nucleares aprobado en el PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima).

Pero no podemos olvidar que el mundo está trabajando intensamente para mitigar el cambio climático, y la energía nuclear tiene un papel muy importante en este objetivo.

Por ello, tenemos la responsabilidad de mantener la I+D en el campo nuclear.

¿Qué áreas de la investigación básica destacaría dentro del análisis de futuro?

Siendo todas nuestras líneas de investigación básica importantes, me parece interesante hacer referencia a la estrategia en biotecnología desarro-

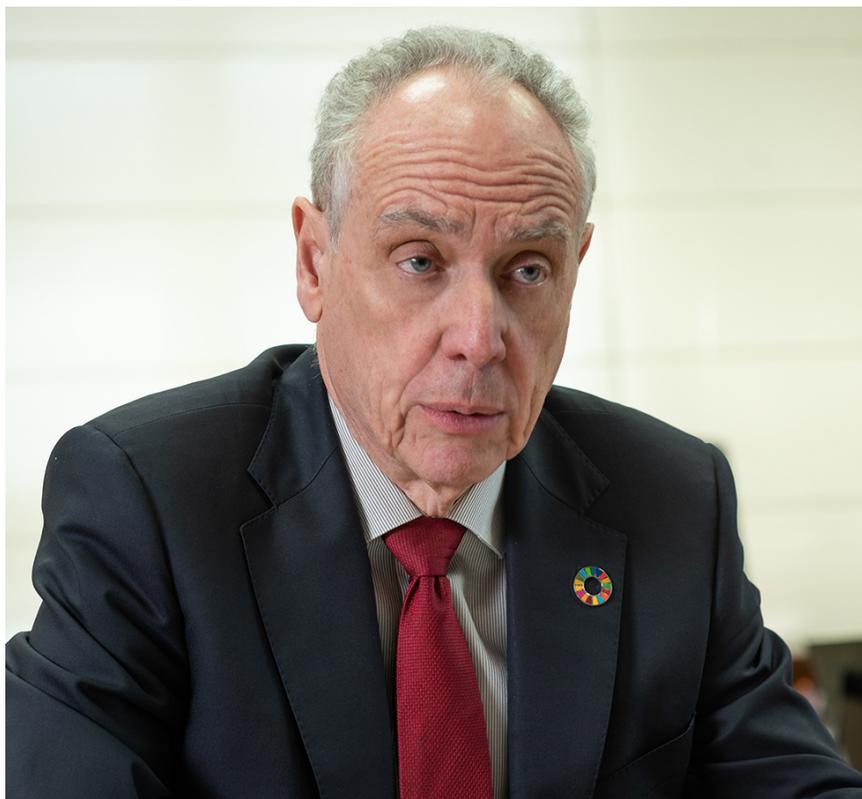
“ El próximo Programa Marco de la UE es 2021-2027. Por eso, la definición de las líneas estratégicas de futuro tiene en este momento una gran importancia ”

llada por el CIEMAT, que ha sido muy exitosa. De hecho, algunos de sus desarrollos están siendo explotados en Estados Unidos. Es un área que puede tener una proyección importante en los próximos años, y forma parte del análisis estratégico.

LA FUSIÓN

La fusión es uno de los principales retos para el mundo de la investigación, y una posible fuente de energía masiva. ¿En qué situación se encuentra la fusión en este análisis estratégico?

Sin duda, para nuestro centro la fusión es un elemento clave. Contamos con



“ La energía nuclear tiene un papel muy importante en la mitigación del cambio climático. Tenemos la responsabilidad de mantener la I+D en el campo nuclear ”

el TJII, una de las tres máquinas Stellarator que existen actualmente en el mundo y que recientemente ha alcanzado el pulso 50 000, considerado en un principio como el límite de la vida de diseño. Es cierto que en los desarrollos tecnológicos el diseño está sobredimensionado, y puede seguir produciendo aportaciones científicas muy importantes, y podemos acometer el próximo Programa Marco hasta el año 27 con el TJII. Pero, sin duda, es el momento de pensar si tiene sentido que el CIEMAT asuma el proyecto de construir el TJIII.

¿Y cómo se coordina esta línea con ITER?

En mi opinión, probablemente en fusión sucederá algo similar a lo que ocurrió en la investigación en física de partículas, cuando el CERN se convirtió en el gran laboratorio europeo de investigación en esta área.

De la misma manera, ITER va a ser, sin duda, el gran experimento de fusión del mundo, en el que ya tenemos una participación importante, especialmente desde el punto de vista tecnológico e industrial, con unos resultados muy positivos que han situado a España en un papel de liderazgo.

Teniendo en cuenta este escenario, al que se incorpora el proyecto DONES, es necesario hacer un análisis estratégico de futuro con todas las opciones.

Con relación al DONES, y haciendo un paréntesis en la estrategia del CIEMAT, nos interesa que explique a los lectores por qué es necesaria esta instalación.

De una forma resumida, DONES es absolutamente necesario para conseguir que la fusión se implemente



como fuente de energía. Todos los conocimientos que podemos obtener de ITER, que son imprescindibles, no permiten la construcción de un reactor que funcione 24 horas para producir energía eléctrica, porque es una máquina experimental, que no está diseñada para responder al reto de cuáles son los materiales adecuados para soportar un funcionamiento permanente.

Esos materiales hay que desarrollarlos y validarlos. Y para eso se construye DONES.

Además, queremos analizar las posibilidades de que pueda servir para hacer estudios de física fundamental, de los que se beneficiará el mundo de la fusión.

¿En qué situación se encuentra la construcción de DONES en Granada?

La situación es muy positiva. El proyecto está encuadrado en el programa Eurofusión europeo y la Unión Europea ha aportado una financiación inicial de 4 millones de euros para poner en marcha toda la gobernanza y la estructura necesarias.

Creemos que cuando se aprueben todos los fondos que irán a fusión en

“ Es el momento de pensar si tiene sentido que el CIEMAT asuma el proyecto de construir el TJIII ”

ITER va a ser, sin duda, el gran experimento de fusión del mundo

el próximo Programa Marco se iniciará la construcción de la instalación.

¿Qué participación puede tener la industria española en este proyecto?

España propuso en su oferta inicial aportar fondos para la construcción de un 50 % del dispositivo. Sin duda, nuestra industria tiene que estar muy implicada.

Hay que tener en cuenta que en este momento somos el tercer contratista de Europa para ITER; de hecho, datos recientes indican que del orden de 1000 millones de euros han revertido en nuestra industria. Y todo surge del programa de fusión del CIEMAT.

LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

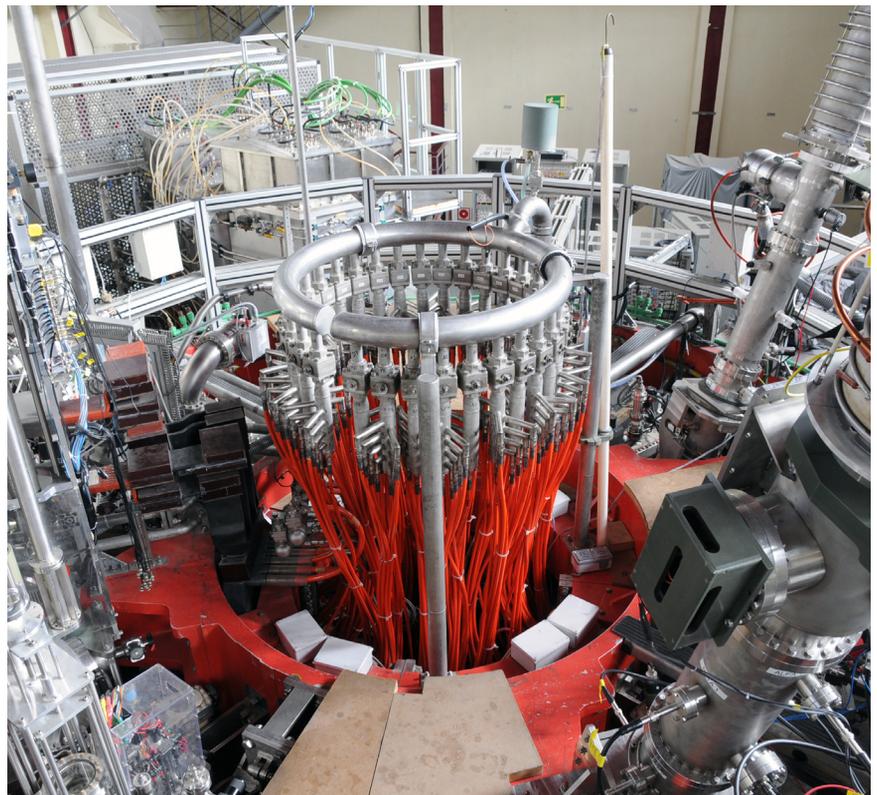
Centrándonos en la protección radiológica, ¿cuáles son las líneas de trabajo más destacadas del CIEMAT en esta área?

La PR está en el ADN de nuestra institución, y tiene un papel importante en el análisis sobre dónde queremos estar.

El hecho de que tengamos el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes nos hace los garantes de los patrones radiológicos. Si unimos todo el trabajo que se realiza en cuanto a dosimetría y PR interno, y el servicio que damos a terceros que lo puedan requerir, es claro que esta área es un elemento fundamental en la definición estratégica.

Por ejemplo, con relación a los desarrollos tecnológicos en altas energías, estamos analizando las posibilidades que existen de utilización de aceleradores para tratamientos médicos. Es otro elemento que estamos considerando de futuro, y lleva asociado un trabajo de PR muy importante.

Y otra área de trabajo que lleva consigo unas necesidades de PR rele-



Vista de la Instalación Científica Singular de Fusión TJ-II del CIEMAT. ©CIEMAT.

vantes es el desmantelamiento de las centrales nucleares.

¿En qué situación se encuentra la caracterización de la concentración de radón en los edificios del CIEMAT?

Está muy avanzada. Es una actividad que ha requerido mucho trabajo, y que se ha llevado a cabo como consecuencia del descubrimiento de que en alguno de nuestros edificios había niveles de radón muy elevados.

Esto llevó a realizar una caracterización de todas las estancias del CIEMAT, con más de 1200 medidas en todas las oficinas, despachos, laboratorios, planta, sótanos, que ha requerido un intenso trabajo.

Es verdad que nos hemos convertido en unos expertos, y esto puede ser una oportunidad de servicio en ese análisis estratégico en el que estamos trabajando, ya que el nuevo Plan Nacional de Radón exige bajar de 600 Bq/m³ a 300 Bq/m³ en toda España.

¿Cómo ha sido recibido por los trabajadores?

Nuestro objetivo último era dar tranquilidad a todos los que trabajamos en las diferentes instalaciones del centro. De hecho, el límite que hemos considerado en nuestra actuación está por debajo de 200 Bq/m³.

De esta forma hemos querido hacer un ejercicio de transparencia, comunicando el proceso a todo el personal, y hemos dado a conocer los datos de todas las medidas y las acciones de remediación, que están disponibles en la web.

La caracterización de la concentración de radón en los edificios del CIEMAT ha sido, también, un ejercicio de transparencia

A día de hoy el proceso está prácticamente finalizado, y quedan en marcha algunas obras para terminarlo.

UNA NUEVA OPORTUNIDAD

En este inicio de legislatura, ¿qué petición hace al nuevo Gobierno con relación a la investigación y a la carrera de los investigadores españoles?

En este momento tenemos muy buena sintonía con el Ministerio. El hecho de contar con un Ministerio de Ciencia ha sido un paso muy importante, y el compromiso del equipo actual para la mejora de la situación de los investigadores es total.

Los elementos fundamentales puestos en marcha en los 18 meses de andadura son el Real Decreto de medidas urgentes para la investigación y el Plan de Estabilización para los investigadores, que benefician especialmente a los OPI, el Ciemat entre ellos.

Como toda situación de cambio, lleva tiempo y estamos en el proceso de implementación.

Un tercer elemento de gran importancia es el Real Decreto de homologación de las retribuciones, por el cual la carrera científica también tendrá reconocimiento de sexenios, algo que en el Ciemat no se ha tenido en cuenta hasta ahora.

¿Podemos hablar también de carrera tecnológica?

Sin duda. De hecho, en su intervención en el Congreso para presentar sus objetivos de legislatura, el ministro Duque mencionó la necesidad de avanzar hacia una carrera tecnológica, un objetivo que está asumido por su equipo.

Para el CIEMAT, este tema es relevante porque, aunque hacemos mucha ciencia básica, no somos una institución de ciencia básica, estamos mucho más cerca del mundo industrial y tecnológico.

Hay que tener en cuenta que para construir una instalación como el TJII se necesitan buenos ingenieros cuya prioridad no sea publicar sino estar a la vanguardia de los desarrollos tecno-

La PR está en el ADN de nuestra institución, y tiene un papel importante en el análisis estratégico de futuro

lógicos. Este será el caso de DONES, que requerirá de la participación de muchos ingenieros, a los que se les deberá reconocer la carrera.

Si asumimos el discurso de todas las esferas políticas de que es necesario cambiar el modelo productivo y acercar la ciencia a la industria, es imprescindible formar tecnólogos y reconocerles su trabajo.

Confío que en este proceso esté concluido al final de la legislatura, en la que también contamos con el compromiso por escrito del Ministerio de incrementar los presupuestos reales para la ciencia por encima del PIB.

¿En qué situación se encuentra el Plan de Estabilización de los puestos de trabajo?

Afortunadamente está muy avanzado. La intención es que salga adelante la convocatoria dentro de este año.

En este momento tenemos el orden del 35 % de personal eventual, y el objetivo es que ese porcentaje se reduzca al 6 o 7 %. Sin duda, será un cambio cualitativo y cuantitativo para la institución.

Por eso es muy importante hacer ahora el análisis estratégico. En este escenario podemos terminar el año con un equipo en clara vía de estabilización, y sabremos de qué personal podemos disponer para llevar a cabo los proyectos. Así, será más claro acometer esta nueva era y pasar el modo de supervivencia, que requiere buscar ingresos para poder llevar a cabo un proyecto, a poder hacer un análisis estratégico de dónde queremos poner el esfuerzo y situar al CIEMAT donde tiene que estar, que es seguir siendo el centro de excelencia de referencia. ■



Este documento es una traducción del artículo *Calibration of a SPECT-CT gamma camera with child and adult thyroid-neck phantoms for in vivo monitoring of radioiodine in the exposed population in case of nuclear emergency* publicado en *Radiation Physics and Chemistry*. Vol 171, June 2020 [108668 <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108668>] que publicamos aquí con objeto de dar a conocer a los socios de la SEPR el trabajo realizado por el personal técnico del Laboratorio del contador de radiactividad corporal perteneciente al Servicio de Dosimetría Interna del Ciemat en el Hospital Universitario La Paz de Madrid (Servicio de Física Médica).

Calibración de gammacámara SPECT/CT para la medida *in vivo* de ^{131}I en tiroides de la población expuesta en situaciones de emergencia nuclear o radiológica

JUAN FRANCISCO NAVARRO¹, BEGOÑA PÉREZ¹, M^a. ANTONIA LÓPEZ¹, RODRIGO PLAZA²,
ZULIMA AZA² y RAFAEL PLAZA²



¹Laboratorio del Contador de Radiactividad Corporal - Servicio de Dosimetría Personal Interna – Unidad de Dosimetría de Radiaciones (CIEMAT).

²Servicio de Física Médica -Hospital Universitario La Paz (Madrid).

RESUMEN: Una de las principales preocupaciones a tener en cuenta en caso de emergencias nucleares o radiológicas es la necesidad de cuantificar la incorporación de ^{131}I en tiroides tanto a trabajadores expuestos como a individuos de la población. En dichos escenarios, debido a la alta volatilidad y rápida incorporación por inhalación del yodo, es muy importante una rápida identificación de las personas expuestas para conocer su nivel de contaminación interna con el fin de establecer protocolos de acción y contramedidas. La medida *in vivo* de ^{131}I en tiroides mediante espectrometría gamma en contadores de radiactividad corporal (CRC) es la técnica recomendada en estos casos pero es difícil de gestionar en situaciones en las que hay un gran número de individuos potencialmente expuestos. Las gamma cámaras, ubicadas en los servicios de medicina nuclear, y que están disponibles en la mayoría de los hospitales de nuestro país, están basadas en dispositivos de detección similares a los utilizados en los CRC y podrían utilizarse como un método alternativo de medida (cribado) en emergencias. Este trabajo describe una metodología para calibrar este tipo de equipos con maniqués antropométricos simuladores del cuello y la tiroides de niños y adultos. Se ha calibrado una gamma cámara (GC) del Hospital Universitario La Paz (Madrid) teniendo en cuenta que una geometría realista y tiempos cortos de medida son factores determinantes para tener una respuesta adecuada en la fase temprana de la emergencia. Los factores de calibración obtenidos para ^{131}I varían con el tamaño de la tiroides en el rango de 0.0459 a 0.0541 cps · Bq⁻¹. La actividad mínima detectable (AMD) también varía con el tamaño de la tiroides de los maniqués en un rango de 67 a 79 Bq. Se ha realizado una estimación de la dosis efectiva mínima detectable para niños (E (70)) y adultos (E (50)), teniendo en cuenta dichos valores de AMD. Los resultados obtenidos muestran que, suponiendo un escenario de inhalación aguda de ^{131}I por inhalación tres días después de la incorporación, se pueden estimar dosis muy por debajo de 1 mSv. La validación del método se ha llevado a cabo mediante la participación en un ejercicio de intercomparación para la medida de ^{131}I en tiroides a la población expuesta en emergencias (EU OPERRA CATHYMARA project 2016-2017).

Palabras clave: Dosimetría, Tiroides, Gamma cámara, ^{131}I , AMD.

ABSTRACT: The need to quantify the uptake of ^{131}I in the thyroid of the exposed population or workers is one of the main concerns to take into account in case of nuclear or radiological emergencies. In such scenarios, due to the high volatility and rapid intake by inhalation of ^{131}I , it is very important a rapid identification of the exposed individuals to know their level of internal contamination in order to establish action protocols and countermeasures. *In vivo* measurements of ^{131}I in the thyroid by gamma spectrometry at Whole Body Counters (WBC) is the recommended technique, but it is difficult to manage in case of a large number of individuals potentially exposed. It is known that gamma cameras located in the nuclear medicine services are available at most hospitals and could be used as an alternative method in order to provide support in the emergency response. Thus, this work describes a methodology to calibrate this kind of equipment with anthropometric phantoms to carry out direct measurement of ^{131}I in thyroid for the quantification of internal contamination of the exposed population. A Gamma Camera (GC) of a public hospital from Madrid, H.U. La Paz, was calibrated for such purpose taking into account that a realistic geometry (10 cm distance from GC to phantom) and a rapid screening (counting time of 300 s with collimators removed) of internally contaminated individuals is necessary at early stage response. The calibration factors obtained for ^{131}I vary with thyroid size being in the range of 0.0459 to 0.0541 cps·Bq⁻¹. The minimum detectable activity (MDA) also varies with the thyroid size of the phantoms being in the range of 67 Bq to 79 Bq. An estimation of minimum detectable effective dose for children (E(70)) and adults (E(50)) has been carried out, taking into account such MDA values. Results show that, assuming a scenario of acute inhalation of ^{131}I by members of the public, this methodology allows estimating doses far below 1 mSv three days after the intake. Moreover, the validation of the methodology has been carried out by participating in an international intercomparison exercise for the *in vivo* measurement of ^{131}I in thyroid to the exposed population in emergencies. (CATHYMARA project, EC-OPERRA 2016–2017)

Keywords: Dosimetry, Metrology, reference radiation beams, ^{137}Cs , Monte Carlo simulation.

INTRODUCCIÓN

El yodo-131 es un producto de fisión con un periodo de semidesintegración ($T_{1/2}$) de 8,02 días y decae (desintegración beta negativa) con la posterior emisión de radiación gamma y de rayos X de su hijo, el ^{131}Xe . En caso de inhalación o ingestión, el ^{131}I se absorbe rápidamente en la sangre, pero aproximadamente el 30 % se retiene durante algunas semanas en la glándula tiroides (ICRP 78). En un accidente nuclear, se pueden liberar grandes cantidades de radioyodo al medioambiente con el consiguiente riesgo de contaminación de la población. Para una determinada incorporación, las dosis en tiroides en bebés es ocho o nueve mayor que en adultos [1] (UNSCEAR, 2008). Después del accidente de Chernobyl, muchos ciudadanos recibieron dosis en tiroides superiores a 1 Gy debido a la incorporación de yodo radiactivo y más de 6000 cánceres de tiroides (principalmente en niños) se atribuyeron a dichas incorporaciones [2] (Mück et al., 2002). Después del accidente de Fukushima, aproximadamente el 98 % de las dosis efectivas recibidas por los trabajadores de emergencia fueron atribuibles a la ingesta de yodo radiactivo [3] (UNSCEAR 2013). En tales escenarios, es muy importante una identificación rápida del número de personas expuestas y su nivel de contaminación interna con el fin de establecer protocolos de acción y contramedidas. La medida *in vivo* de ^{131}I en tiroides mediante espectrometría gamma con detectores de germanio o de centelleo de NaI (TI) es la técnica recomendada en estas situaciones. El uso de diferentes maniqués antropométricos simuladores del cuello y de la glándula tiroidea de miembros de diferentes grupos de edad es crucial para una calibración adecuada y una determinación precisa de la actividad de ^{131}I en tiroides y posterior estimación de las dosis internas asociadas. El Laboratorio del Contador de Radiactividad Corporal del CIEMAT (Figura 1), ha implementado recientemente una metodología consistente en el diseño y

la fabricación de un conjunto de maniqués de cuello-tiroides para diferentes grupos de edad y el desarrollo de un procedimiento de calibración para la medida *in vivo* de ^{131}I en tiroides a miembros de la población (adultos y niños) [4] (Pérez et al., 2018). Por otro lado, en situaciones de emergencia nuclear o radiológica en las que es necesario medir a un gran número de personas potencialmente expuestas, los contadores de radiactividad corporal pueden ser insuficientes (capacidad de medida limitada, infraestructuras no debidamente acondicionadas para medida de la población, etc.) en el manejo de tales situaciones. Se sabe que las cámaras gamma o gammacámaras de los servicios de medicina nuclear están disponibles en la mayoría de los hospitales de España y podrían utilizarse como un método alternativo en medidas de contaminación, actuando como dispositivos de cribado en accidentes a gran escala. Estos servicios cuentan con personal capacitado y experimentado en el uso de fuentes radiactivas, tratamiento de pacientes y equipos especializados. En este trabajo se describe una metodología para calibrar una cámara gamma del H.U. La Paz (Madrid) mediante la familia de maniqués de cuello-tiroides para la medida *in vivo* de radioyodo en tiroides de la población expuesta, teniendo en cuenta la importancia de una respuesta rápida en la gestión inicial de una emergencia.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Gammacámara SPECT/CT de doble cabezal.

La gammacámara es un dispositivo de imagen que generalmente se usa para diagnóstico o terapia en medicina nuclear. Consiste en un conjunto de cristales planos de yoduro de sodio acoplados ópticamente a una matriz de tubos fotomultiplicadores (detector NaI) en un ensamblaje conocido como "cabezal", montado en un sistema mecánico que permite girar el o los cabezales del equipo (*gantry*). El *gantry*, a su vez, está conectado a un sistema informático que controla el funcionamiento de la gammacámara y permite la adquisición y grabación de imágenes bidimensionales de la distribución de radioisótopos (emisores de radiación X o gamma) en el cuerpo u órganos específicos del paciente. Con el propósito de mejorar la resolución de las imágenes, se pueden acoplar al cabezal diferentes tipos de colimadores (alta o baja energía). En la fotografía (Figura 2) se muestra la gammacámara utilizada GE Healthcare modelo *Infinia* de doble cabezal SPECT/CT con cristales de NaI (TI) de 3/8" acoplados ópticamente a una matriz de 59 tubos fotomultiplicadores conectados uno a uno a convertidores analógico digitales (ADC). En el caso concreto que nos ocupa, que es el cálculo de la actividad de radioyodo depositado en el tiroides del individuo medido, la gammacámara se puede usar sin colimador pues, aunque la resolución de la imagen es de baja calidad, se aumenta la sensibilidad de detección, lo que permite realizar medidas precisas en contajes de pocos minutos.



Figura 1. Medida *in vivo* de ^{131}I en tiroides en el Laboratorio del Contador de Radiactividad Corporal del Ciemat.



Figura 2.

Conjunto de maniqués antropométricos simuladores de cuello y tiroides

Los maniqués diseñados y fabricados en el CIEMAT, corresponden a grupos de edad de 1, 5, 10 y 15 años. Cada maniquí consiste en un cilindro de PMMA con una cavidad lateral donde se introduce el simulador de la glándula tiroidea (Figura 3). Las dimensiones de cada maniquí siguen las recomendaciones de la publicación ICRP 89 [6]. En lo que



Figura 3. Conjunto de maniqués antropométricos simuladores de cuello y tiroides (CIEMAT).

Edad (años)	Perímetro (cm)	Altura (cm)	Vol. Tiroides (ml) Ciemat	Vol. Tiroides (ml) ICRP
1	22	7.1	1.8	1.8
5	26	8.2	3.4	3.4
10	30	10.0	7.7	7.9
15	34	11.0	12.0	12.0
Mujer	41	12.7	17.0	17.0
Hombre	41	12.7	20.0	20.0

Tabla 1: Dimensiones de los diferentes maniqués.

respecta a los maniqués simuladores utilizados en la calibración de individuos adultos (hombre y mujer estándar), se ha utilizado un maniquí BIODEX fabricado de acuerdo a las especificaciones técnicas definidas en la norma ANSI N13.44 [7].

Las glándulas tiroideas se simularon usando viales cilíndricos rellenos con diferentes volúmenes de agua destilada y la fuente de calibración según el grupo de edad correspondiente. La Tabla 1 muestra las dimensiones y los volúmenes tiroideos los maniqués de niños y adultos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calibración de gammacámara para la medida *in vivo* de ¹³¹I en tiroides de la población expuesta

La gammacámara fue calibrada utilizando los maniqués descritos en el punto anterior. Previamente se realizó un estudio de la geometría de medida, tiempo de conteo y la distancia maniquí-cabezal superior teniendo en cuenta la comodidad del paciente y la sensibilidad adecuada de la medida con el fin de lograr la idoneidad para ser utilizado de manera rápida y precisa en escenarios de emergencias.

Fuentes de calibración

La glándula tiroidea de cada maniquí se simuló usando un vial cilíndrico con una disolución homogénea de agua destilada y una mezcla de ¹³³Ba (≈90%) y ¹³⁷Cs (≈10%). Estos isótopos se usan habitualmente como "simulador" del ¹³¹I en calibraciones y verificaciones, debido a su largo período de semidesintegración ($T_{1/2} = 10,5$ años y 30 años respectivamente) comparando con el corto periodo del ¹³¹I ($T_{1/2} = 8,02$ días) así como la similitud del espectro resultante comparado con el del radioyodo (Figura 4).

La Tabla 2 muestra las emisiones α/γ de los radionucleidos. Las fuentes de calibración fueron suministradas y certificadas por el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI-CIEMAT).

La Tabla 3 resume la actividad y volumen de las fuentes utilizadas para la calibración de la gammacámara para los diferentes maniqués cuello-tiroides de niños y adultos.

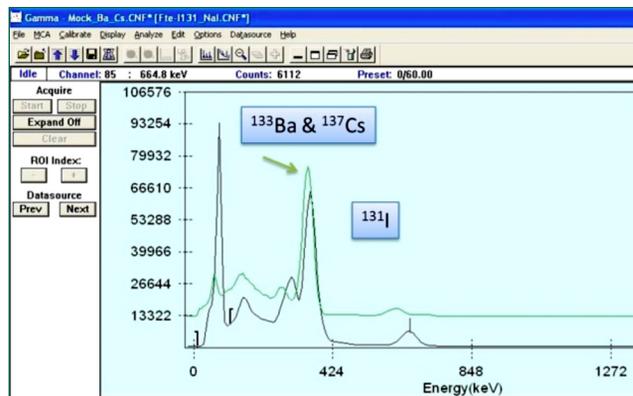


Figura 4. Espectros comparados del ¹³³Ba y ¹³⁷Cs con el espectro de ¹³¹I. Detector de NaI (TI).

Ba-133		I-131	
E(keV)	Ie(%)	E(keV)	Ie(%)
79.61	2.62	80.18	2.62
80.99	34.06		
276.39	7.16	284.30	6.14
302.85	18.33		
356.01	62.05	364.48	81.70
383.85	8.94		
Cs-137			
661.65	85.10	636.98	7.17
		722.91	1.77

Tabla 2. Emisiones x/γ del ¹³³Ba, ¹³⁷Cs and ¹³¹I.

Maniquí cuello-tiroides	Vol. Tiroides (ml)	¹³³ Ba (Bq)
1 año	1.8	9442±158
5 años	3.4	9438±158
10 años	7.7	9478±159
15 años	12.0	9515±159
Mujer	17.0	9473±159
Hombre	20.0	79820±1600

Tabla 3. Actividad (Bq) y volumen de las fuentes de calibración.

Factores de calibración (cps* Bq⁻¹) calculados para cada geometría de medida de ¹³¹I en tiroides (niños y adultos)

Las medidas de calibración de la gammacámara en las distintas geometrías definidas se realizaron sin colimador. En todas las medidas se definió una ventana de energía similar a la utilizada en tratamientos con ¹³¹I. Teniendo en cuenta que en la etapa inicial de una situación de emergencia se necesita una respuesta rápida y precisa que permita un cribado rápido de individuos contaminados internamente, se estableció un tiempo de contaje de 300 segundos y una distancia detector-tiroides de 10 cm similar a la utilizada por los técnicos del servicio de medicina nuclear en las medidas realizadas en tiroides a pacientes. Previamente a las medidas de calibración, se realizaron medidas de fondo ambiental con maniqués blanco (maniquí cuello-tiroides con viales rellenos de agua destilada) con el fin de restar la contribución del fondo medio de la sala del contaje total de la medida.

Los factores de calibración para ¹³¹I se calcularon según la ecuación:

$$F_{cal}^{I-131} \left(\frac{cps}{Bq} \right) = \frac{N_{ROI}}{A_{Ba-133} (Bq) \cdot F_C'} \quad (Ec 1)$$

N_{ROI} - Tasa de contaje neta (cuentas/s)

A_{Ba-133} - A(¹³³Ba) corregida.

F_C' - Factor de corrección que tiene en cuenta la relación entre las intensidades de emisión de los fotopicos del ¹³³Ba y del ¹³¹I en la ventana de energía seleccionada. (F_C' ~ 0.85).

Maniquí Cuello-tiroides	Fcal (¹³¹ I) (cps* Bq ⁻¹)	DFcal (K=2σ) (cps* Bq ⁻¹)
1 año	0.0541	0.005
5 años	0.0527	0.006
10 años	0.0478	0.005
15 años	0.0462	0.005
Mujer	0.0472	0.005
Hombre	0.0459	0.008

Tabla 4. Fcal (¹³¹I). Gammacámara sin colimador (Tc=300 s). d=10 cm.

La Tabla 4 presenta los factores de calibración e incertidumbres calculadas para cada una de las geometrías de calibración y medida definidas.

Sensibilidad de detección de la gammacámara para la medida *in vivo* de ¹³¹I en tiroides. Actividad mínima detectable (MDA)

La Actividad Mínima Detectable (AMD) se define como la capacidad de un sistema de detección para cuantificar un determinado radionucleido que ha incorporado un individuo y ha sido depositado o bien en el cuerpo entero o en un órgano específico [8]. El AMD depende principalmente de la persona, la eficiencia de contaje y el tiempo de medida. Se define según la ecuación:

$$AMD(Bq) = \frac{3 + 4.65 \times \sqrt{F}}{F_{cal} \left(\frac{cps}{Bq} \right) \times Tc(s)} \quad (Ec 2)$$

F - Cuentas de fondo en la ventana de energía definida.

F_{cal} - Factor de calibración para el radionucleido de interés.

Tc - Tiempo de contaje de la medida.

Los valores de actividad mínima detectable de ¹³¹I para cada geometría de contaje se calcularon a partir de medidas de los diferentes maniqués cuello-tiroides de niños y adultos, con viales rellenos de agua destilada (tiroides blanco). En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos.

Maniquí Cuello-tiroides	AMD (¹³¹ I) (Bq)
1 año	67
5 años	69
10 años	76
15 años	78
Mujer	77
Hombre	79

Tabla 5. Maniquí cuello-tiroides Cathymara (SCK-CEN).

Validación de la metodología de calibración y medida

Participación en ejercicio de intercomparación (OPERRA Cathymara)

El proyecto CATHyMARA *Child and Adult Thyroid Monitoring After Reactor Accident* financiado por la Comisión Europea (EC OPERRA 2016-2017), se centró en estrategias de monitoreo y evaluación de dosis en tiroides en niños y adultos como resultado de la incorporación de radioyodo en situaciones de emergencia. El objetivo principal de este proyecto era la mejora de las capacidades requeridas en estos escenarios y establecer guías técnicas para armonizar la respuesta en emergencias dentro de la Unión Europea y países vecinos [9]. Una de las tareas que se llevó a cabo para lograr dicho objetivo fue la organización de un ejercicio de intercomparación para la medida de ^{131}I en tiroides de la población expuesta, utilizando instrumentos "no espectrométricos" (medidores de dosis, cámaras gamma, radiómetros, etc.). 12 instituciones de 7 países europeos (43 dispositivos de medida) participaron en este ejercicio, incluyendo la gammacámara calibrada en el H.U. La Paz. [10] [11]. El Centro de Investigación Nuclear de Bélgica (SCK-CEN) fue el encargado de preparar y distribuir el maniquí simulador de cuello-tiroides de niños de 5 años, 10 años y adultos mediante viales rellenos de agua destilada y una disolución de ^{133}Ba y ^{137}Cs (simulador de ^{131}I) de actividad desconocida por los participantes. (Figura 5). Siguiendo el protocolo de la intercomparación, los participantes tuvieron que estimar la actividad equivalente de ^{131}I .

Para validar las calibraciones de nuestra gammacámara, se realizaron cinco medidas del maniquí Cathymara en cada una de las geometrías propuestas en el ejercicio y se enviaron los resultados al comité organizador para su evaluación de acuerdo al parámetro estadístico "Exactitud" (B) definido en la norma ISO 12790 -1 [12]. Los resultados obtenidos (código 2C correspondiente a GC del H.U. La Paz) cumplieron el criterio de aceptación de la norma. (Figuras 6-8). Toda la información relativa al ejercicio desarrollado se puede consultar en el documento <https://bit.ly/38I9KHt>.



Figura 5. Maniquí cuello-tiroides Cathymara (SCK-CEN).

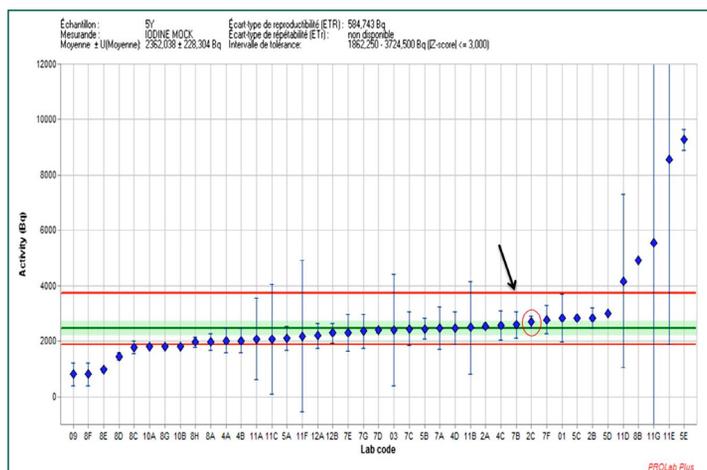


Figura 6. Exactitud (Br). Maniquí Cathymara 5 años (Mats et al).

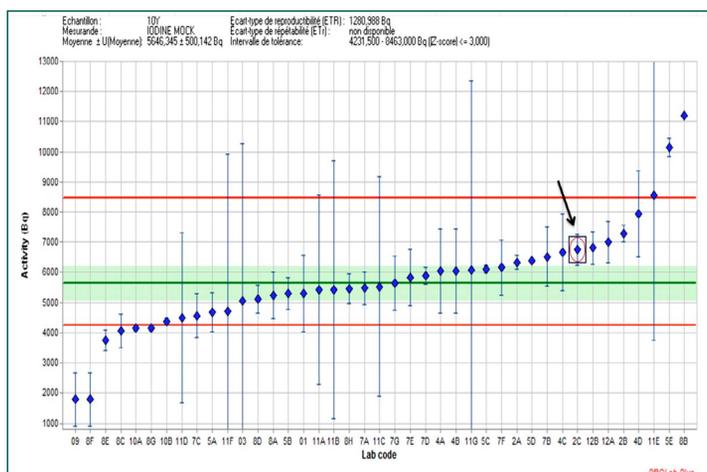


Figura 7. Exactitud (Br). Actividad equivalente de ^{131}I en tiroides. (Mats et al).

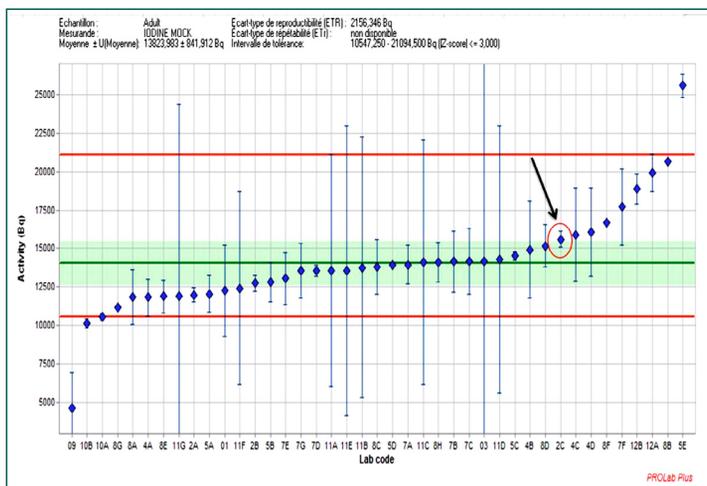


Figura 8. Exactitud (Br). Actividad equivalente de ^{131}I en tiroides. (Mats et al).

Gammacámara	Fcal Cps*Bq ⁻¹	AMD (Bq)
Brazil (Dantas et al.)	0.039±0.005	81
Sweden (Ören et al.)	0.037±0.003	82
Chile (Díaz-Londoño et al.) GC1	0.064 ± 0.001	106
Chile (Díaz-Londoño et al.) GC2	0.089 ± 0.003	104
CIEMAT- Hosp. La Paz. (Spain)	0.046±0.005	79

Tabla 6. Factores de calibración y valores de AMD. Gammacámara sin colimador, Tcontaje=300 s. Distancia = 10 cm detector-maniquí adulto.

Comparación de resultados obtenidos con otros estudios

En los países nórdicos el NKS (*Nordic Nuclear Safety Research*) organizó un ejercicio similar al de este estudio para la armonización de las medidas *in vivo* de radioyodo en tiroides de miembros del público mediante equipos "no especializados" (monitores, dosímetros, gammacámaras, etc) susceptibles de ser utilizados en emergencias nucleares o radiológicas [13]. Se utilizó un maniquí cuello-tiroides con viales rellenos de ¹³³Ba y ¹³⁷Cs simulando la glándula tiroides de niños de 6 años, 14 años y adultos. Varias gammacámaras participaron en el ejercicio. Para gammacámaras sin colimador, los valores de AMD de ¹³¹I variaron desde 10 Bq a 40 Bq aunque la geometría de medida (d= 0 cm detector-tiroides) es diferente a la implementada en este estudio (d = 10 cm). En el resto de estudios, solo tuvieron en cuenta la medida de radioyodo en tiroides en adultos utilizando gammacámaras sin colimador en condiciones geométricas similares a las implementadas en este estudio. [14-16]. (Tabla 6)

Estimación de la dosis efectiva comprometida para la población expuesta en emergencias.

La dosis efectiva comprometida para niños (E(70)) y adultos (E(50)) se ha estimado mediante el *software* MONDAL desarrollado por el National Institute of Radiological Sciences (NIRS) [17] a partir de los valores de AMD de ¹³¹I calculados asumiendo un escenario típico en emergencias (inhalación aguda de ¹³¹I y medida *in vivo* en tiroides tres días después de la incorporación). Los valores obtenidos

Maniquí cuello-tiroides	AMD ¹³¹ I (Bq)	Dosis efectiva comprometida E(70) niños, E(50) adultos (Sv) MONDAL
1y	67	5.90E-5
5y	69	3.40E-5
10y	76	1.80E-5
15y	78	1.20E-5
Female	77	7.47E-6
Male	79	7.66E-6

Tabla 7: Dosis efectiva comprometida estimada a partir de valores de AMD de ¹³¹I en tiroides (Tc=300s, d=10 cm) Inhalación aguda tres días después de la incorporación.

confirmaron que se pueden estimar dosis muy por debajo de 1 mSv en todos los casos. (Tabla 7).

CONCLUSIONES

El laboratorio del Contador de Radiactividad del CIEMAT ha desarrollado una metodología de calibración de gammacámaras para la medida *in vivo* de ¹³¹I en tiroides de la población expuesta (niños y adultos) en casos de emergencia nuclear o radiológica. Los resultados obtenidos demuestran que el uso de maniqués de calibración para diferentes grupos de edad (niños y adultos) permite una mayor fiabilidad en el cálculo de la actividad ¹³¹I depositada en la tiroides, mejorando la respuesta en la etapa temprana de la emergencia. Los factores de calibración y los valores de MDA obtenidos en este trabajo concuerdan en gran medida con resultados de otras publicaciones relacionadas con este tema. Esta metodología puede usarse no solo en escenarios de emergencia, sino también en programas de monitoreo rutinario de trabajadores expuestos en los servicios de medicina nuclear (ISO 16637: 2015) [18].

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al personal del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario La Paz (Madrid, España) por su disponibilidad a pesar de la gran carga de trabajo, y al grupo de la División de Infraestructura de CIEMAT y el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) por su contribución en la preparación de las fuentes radiactivas para el conjunto de maniqués cuello-tiroides. ■

REFERENCIAS

- [1]. "UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, Annex D" (PDF). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2008.
- [2]. Mück, K., Pröhl, G., Likhtarev, I., Kovgan, L., Golikov, V., Zeger, J. "Reconstruction of the Inhalation Dose in the 30-Km Zone After the Chernobyl Accident". *Health Physics*: February 2002 - Volume 82 - Issue 2 - p 157-172
- [3]. UNSCEAR 2013 Report. Vol 1. Anex A. Levels of effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east Japan earthquake and tsunami. Available at www.anscear.org/docs/reports/2013
- [4]. Pérez, B., Navarro, J F., López, M.A. Methodology at Ciemat Whole Body Counter for *in vivo* monitoring of radioiodine in the thyroid of exposed population in case of nuclear emergency Radiation Protection Dosimetry (2018), pp. 1–6 <http://doi:10.1093/rpd/ncy045>
- [5]. Available on http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_camera, 26 September (2006). Infinia GE Healthcare Gamma Camera

- <https://www.diagnosticsimaging.com/articles/ge-healthcare-eases-multislice-spectct> (acces date 21 nov. 2005)
- [6]. ICRP. Basic anatomical and physiological data for usein radiological protection reference values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32(3-4), 225-227 (2002).
- [7]. ANSI/HPS N13.44 2014 Edition, January 1, 2014. Thyroid Phantom Used in Occupational Monitoring. Published By: Health Physics Society (HPS)
- [8]. ANSI/HPS N13.30: 1996/ 2011 Edition "Performance Criteria for Radiobioassay" Published By: Health Physics Society (HPS)
- [9]. CATHyMARA: Child and Adult Thyroid Monitoring After Reactor Accident (OPERRA Project number 604984). <https://www.researchgate.net/project/CATHyMARA-Child-and-Adult-Thyroid-Monitoring-After-Reactor-Accident-OPERRA-Project-number-604984> . Last accesed 22-12-2019
- [10]. Isaksson M., Fojtik P., Navarro J.F., Oško J., Perez B. Report of WP4 about inter-comparison results for non-spectroscopic device can be found https://www.researchgate.net/publication/332541088_Assessing_131I_in_thyroid_by_non-spectroscopic_instruments_-_A_European_intercomparison_exercise.
- [11]. Isaksson M., Broggio D., Fojtik P., Lebacqz A. L., Navarro J. F., Oško J., Pérez B., "Assessing ¹³¹I in thyroid by non-spectroscopic instruments – A European intercomparison exercise <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2019.04.018>
- [12]. ISO 12790-1:2001 Radiation protection Performance criteria for radiobioassay -- Part 1: General principles. Revised by ISO 28218:2010 edition 1. <https://www.iso.org/standard/40869.html>
- [13]. Poulsen A., Lind B., del Risco L., Isaksson M., Halldórsson Ó., Huikari, J. .Assessment of accidental uptake of iodine-131 in emergency situations NKS-298 (Nordic Nuclear Safety Research)
- [14]. Dantas, B. M. , Lucena, E. A. , Dantas A. L. et al. A protocol for the calibration of gamma cameras to estimate internal contamination in emergency situations. Radiation Protection Dosimetry, Volume 127, Issue 1-4, 1 November 2007, Pages 253-257, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncm278>
- [15]. Ören, Ü. , Andersson, M. , Rääf, C.L , Mattsson,. A phantom for determination of calibration coefficients and minimum detectable activities using a dual-head gamma camera for internal contamination monitoring following radiation emergency situations. RPD. 2016 Jun;169(1-4):297-302. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv541>.
- [16]. Diaz-Londoño, G., García, M., Astudillo, R., Hermosilla, A.. Development and implementation of tools for self-monitoring of staff exposed to ¹³¹I in nuclear medicine centres of Chile. Radiat Prot Dosimetry. 2017 Apr 15;173(4):302-307. <http://doi: 10.1093/rpd/ncv554>.
- [17]. MONDAL Ver.3.01. Support System for Internal Dosimetry by the National Institute of Radiological Sciences (NIRS Japan) Ishigure, N., Matsumoto, M., Nakano, T., Enomoto, H. <http://www.nirs.qst.go.jp/db/anzendb/RPD/mondal3.php>.
- [18]. ISO 16637:2016 Radiological protection -- Monitoring and internal dosimetry for staff members exposed to medical radionuclides as unsealed sources. <https://www.iso.org/standard/57343.html>

Nueva página web de PEPRI

www.pepri.es



La Plataforma Nacional de I+D
en Protección Radiológica (PEPRI)
estrena página web

¡No te la pierdas!

Aplicación para estimar H_{eye} a partir de la dosimetría del CND



ALBA MONTANER ALEMANY^{1,2}, CRISTIAN CANDELA JUAN¹, JORGE VILAR PALOP¹, MARÍA GRACIA OCHOA¹,
ÁNGELA SORIANO CRUZ¹, NIEVES LLORCA DOMAICA¹, y JOSÉ MANUEL MARTÍNEZ MASMANO¹

¹Centro Nacional de Dosimetría (CND), Instituto Nacional de Gestión Sanitaria. Valencia

²Fundación Instituto Valenciano de Oncología (FIVO). Valencia

RESUMEN: La estimación de la dosis equivalente en cristalino, H_{eye} , tanto a partir de un dosímetro específico ubicado sobre las gafas plomadas como de un dosímetro ubicado sobre el delantal plomado, requiere que el responsable de protección radiológica aplique los factores correctivos adecuados (geométrico y de atenuación) a la medida proporcionada por el centro de dosimetría. Se presenta una aplicación basada en Microsoft Excel que permite automatizar la estimación de H_{eye} para los trabajadores expuestos de las instalaciones a las que presta servicio la Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) del Centro Nacional de Dosimetría (CND), a partir de las lecturas de los dosímetros de delantal y cristalino del CND incluidas en sus informes dosimétricos, permitiendo introducir un factor correctivo para cada trabajador y mes de uso.

La aplicación nos ha permitido generar un informe dosimétrico de H_{eye} correspondiente al año 2018 y comprobar que en ningún caso se excedió el nuevo límite de dosis anual, si bien se encontró algún caso que requiere un mayor control y protección con el fin de no exceder el nuevo límite de dosis quinquenal. Consecuentemente, se ha demostrado que la herramienta diseñada y la dosimetría de cristalino y delantal proporcionada por el CND, que son exportables a otras instalaciones clientes de este servicio de dosimetría, son útiles en el control y optimización de la protección radiológica de los trabajadores expuestos.

Palabras clave: Dosimetría Cristalino, Dosimetría delantal, Aplicación Excel.

ABSTRACT: The estimation of the equivalent eye lens dose, H_{eye} , both from a specific dosimeter located on the leaded glasses and from a dosimeter located on the leaded apron, requires that the responsible for radiation protection applies the appropriate corrective factors (geometric and attenuation) to the measurement provided by the dosimetry center. In this study, an application based on Microsoft Excel has been developed to automate H_{eye} 's estimation for exposed workers of the facilities served by the Radiation Protection Technical Unit (UTPR) of the Centro Nacional de Dosimetría (CND), based on the readings of the over apron and eye lens dosimeters of the CND included in their dosimetric reports, allowing to introduce a corrective factor for each worker and month of use.

The application has allowed us to generate a dosimetric report of H_{eye} corresponding to the year 2018 and verify that in no case the new annual dose limit was exceeded, although a few cases were found that require greater control and protection in order not to exceed the new five-year dose limit. Consequently, it has been shown that the designed tool and the eye lens and over apron dosimeters provided by the CND, which are exportable to other client facilities of this dosimetry service, are useful in the control and optimization of the radiation protection of exposed workers.

Keywords: Eye lens dosimetry, Over apron dosimetry, Excel application.

INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas más importantes de la protección radiológica operacional es la monitorización de la dosis recibida por los trabajadores profesionalmente expuestos [1]. En el caso particular de la dosis equivalente en cristalino, H_{eye} , con la sustancial reducción del límite de dosis impuesta por la directiva EURATOM/59 en 2013 [2], surge en el escenario de la protección radiológica un nuevo reto: el control específico de la dosis recibida en dicho órgano. Este aspecto es de gran interés en el ámbito hospitalario, donde

trabajadores profesionalmente expuestos, en especialidades como la radiología intervencionista, la hemodinámica o la cirugía vascular, trabajan muy próximos al tubo de rayos X y al elemento dispersor, el paciente, pudiendo recibir dosis equivalentes en cristalino próximas o superiores al nuevo límite de dosis.

La solución más precisa a esta cuestión es la utilización de un dosímetro específico de cristalino, situado lo más cerca posible del ojo y bajo las gafas plomadas, si se utilizan. Sin embargo, muchos trabajadores se muestran reticentes a utilizarlos, principalmente por motivos de comodidad [3].

Así, una solución a este problema aceptada internacionalmente para aquellos trabajadores expuestos en los que se pueda aceptar una mayor incertidumbre en la estimación de H_{eye} es el cálculo a partir de la dosis medida por un dosímetro de cuerpo completo ubicado sobre el delantal plomado (conocido como dosímetro de delantal), bien a la altura del tórax o del tiroides [4]. Para ello, se requiere la participación del responsable de protección radiológica de la instalación, que decidirá qué factores correctivos aplicar a cada trabajador en función de su especialidad o del tipo de gafas plomadas que utilice, ya que, si a las lecturas proporcionadas por los dosímetros no se les aplican los adecuados factores correctivos (geométrico y/o de atenuación de las gafas plomadas), se puede producir una sobreestimación de la dosis equivalente en cristalino considerable, y, por tanto, una falta de optimización de la protección radiológica.

El objetivo principal de este estudio fue diseñar una aplicación que nos permita automatizar en la medida de lo posible el cálculo de la dosis equivalente en cristalino a partir de la dosimetría de delantal y cristalino del Centro Nacional de Dosimetría (CND), para los trabajadores expuestos de las instalaciones a las que presta servicio la Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) del propio CND, pudiéndose emplear también para los trabajadores de cualquier otra institución cliente del servicio de dosimetría del CND. Para comprobar su funcionamiento se estudió la distribución de dosis equivalentes mensuales y acumuladas en el año 2018, se investigaron posibles superaciones del nuevo límite de dosis equivalente en cristalino y se analizaron las posibles medidas oportunas para que ello no llegase a ocurrir.

MATERIALES Y MÉTODOS

El siguiente estudio se fundamenta, por un lado, en las lecturas mensuales de los dosímetros termoluminiscentes (TLD) del CND de delantal y de cristalino, que proporcionan medidas en términos de $H_p(0,07)$ y $H_p(3)$ respectivamente, y cuyas características se pueden encontrar en su página web (www.cnd.es); y, por otro, en el lenguaje de programación Visual Basic, de manera que la aplicación diseñada finalmente sea una herramienta en Excel compatible con los informes dosimétricos mensuales del CND en formato digital.

Estimación de la dosis equivalente en cristalino

La estimación de la dosis equivalente en cristalino a partir de la dosis recibida por un dosímetro ubicado sobre el protector plomado se puede realizar mediante la introducción de dos factores correctivos que relacionan el punto de medida, esto es, la posición del dosímetro de delantal, y el punto de análisis, el cristalino. Estos factores son, principalmente, el factor geométrico y el factor debido al uso de gafas plomadas. El primero de ellos, k_{geo} , fundamentalmente tiene en cuenta la diferente distancia que hay del origen del haz de radiación al dosímetro y del origen del

haz de radiación al ojo más expuesto. El factor asociado a las gafas plomadas, k_{gafas} , se introduce para tener en cuenta la menor exposición a la radiación que sufre el cristalino con respecto a la que recibe el dosímetro de delantal debida a la atenuación que producen las gafas plomadas (si las utilizara).

Así, la estimación de la dosis equivalente en cristalino a partir del dosímetro de delantal se puede expresar como:

$$H_{eye} = k_{geo} \cdot k_{gafas} \cdot H_p(0,07) \quad (1)$$

donde $H_p(0,07)$ es el equivalente de dosis asociado a la lectura del dosímetro ubicado sobre el protector plomado. Si bien $H_p(3)$ es el mejor estimador de H_{eye} para campos de fotones, como los utilizados en radiología, se puede considerar en buena aproximación que $H_p(3) \cong H_p(0,07)$ [5].

Para el caso en que se haga uso de un dosímetro específico de cristalino calibrado en términos de $H_p(3)$, se puede emplear la misma expresión asignando $k_{geo} = 1$, aunque la aplicación permite al usuario modificar el factor si lo estima oportuno.

Así, la estimación de la dosis equivalente en dicho órgano para cada trabajador expuesto quedará determinada por la lectura mensual del dosímetro de delantal o cristalino y los factores de corrección correspondientes. Es importante destacar que la asignación de estos factores a cada trabajador debe realizarse de manera individualizada por parte del responsable de Protección Radiológica de la instalación, de manera que, a cada trabajador se le asignarán dos factores correctivos en función, principalmente, de su especialidad, posición de trabajo respecto del foco de radiación y tipo de gafas plomadas que utilice.

El presente estudio utiliza los valores de k_{geo} obtenidos en una colaboración del CND con 11 hospitales diferentes, presentado en el 6º Congreso Conjunto de las Sociedades Españolas de Física Médica (SEFM) y de Protección Radiológica (SEPR) de Burgos (2019), en preparación para su publicación. El valor de k_{geo} depende de la especialidad del trabajador.

Para el factor asociado a las gafas plomadas, k_{gafas} , se empleará un valor de 0,3 para el caso de gafas envolventes, 0,5 para las gafas sin protecciones laterales, pequeñas o desconocidas y 1 en caso de no utilizar [6].

Ficheros de lecturas mensuales del CND

El diseño de la aplicación se fundamenta en los informes dosimétricos mensuales que proporciona el CND. La información mensual relativa a los historiales de alta puede descargarse de la página web del CND (www.cnd.es) en ficheros de valores separados por comas o ".csv", previa identificación de un usuario registrado y autorizado. Se generan para todos los dosímetros de una instalación leídos en un mismo mes.

En el archivo del informe mensual descargable aparece la siguiente información, separada por instalación, para cada historia: número de historia, nombre y apellidos, tipo de

dosímetro, mes de uso del dosímetro leído, equivalente de dosis personal $H_p(10)$ y $H_p(0,07)$ de la lectura del dosímetro de solapa o delantal, y $H_p(3)$ de la lectura del dosímetro de cristalino, sus correspondientes equivalentes de dosis personal acumulada anual y quinquenal, y las observaciones referentes a la lectura del dosímetro, como puede ser un aviso por superar una determinada dosis.

En este trabajo se han empleado todos los informes dosimétricos mensuales del año 2018 de tres hospitales diferentes en los que presta servicio la UTPR del CND.

Características de la aplicación

La aplicación diseñada consta de cuatro hojas de Excel: una primera hoja donde se explica brevemente el funcionamiento de la misma y en la que se exponen algunos valores orientativos para los factores de corrección; otra en la que se ejecuta el código que carga el fichero de lecturas, lo procesa y genera el informe final; y otras dos para gestionar los factores correctivos k_{geo} y k_{gafas} para cada usuario y mes de uso del dosímetro.

La hoja donde se genera el informe final consta de una cabecera fija y un botón que, al pulsarse, ejecuta el código de cálculo. Para ello, el usuario de la instalación, en primer lugar, se descargará de la página web del CND los ficheros de texto asociados a la instalación y meses de lectura que quiera analizar, pulsará dicho botón y seleccionará los ficheros cuando la aplicación lo requiera.

La aplicación analiza los ficheros y filtra la información según tipo de dosimetría, de manera que selecciona solamente las lecturas asociadas a dosímetros de delantal y a dosímetros de cristalino. Se ha de tener en cuenta que este proceso de filtrado también contempla la posibilidad de que una lectura esté repetida, ya sea porque se haya cargado el mismo fichero varias veces o porque, por ejemplo, el responsable de protección radiológica haya modificado la dosis asignada al trabajador expuesto. En este caso se sobrescribiría el valor anterior.

Una vez hecho el filtrado, la aplicación ordenará la información por número de historia y mes de uso, seleccionará las lecturas mensuales correspondientes a $H_p(0,07)$ en el caso del dosímetro de delantal y $H_p(3)$ en el caso del dosímetro de cristalino. A partir de este valor, mediante la ecuación (1), calculará la dosis equivalente en cristalino mensual. En el caso de dosímetros de delantal los valores de $H_p(10)$ se introducen en el informe final para proporcionar una información más completa acerca de la dosis que reciben los trabajadores expuestos, pero no intervienen en el cálculo de H_{eye} .

Los factores correctivos se deben introducir manualmente en las hojas de Excel que están expresamente dedicadas a ello, donde el programa habrá insertado, una vez procesados los ficheros, una tabla con celdas para cada usuario encontrado y mes de uso. La aplicación aplica automáticamente estos factores en la hoja del informe final, multiplicando a la lectura mensual del dosímetro de delantal o cristalino.

En la hoja donde se genera el informe también se calculan las dosis acumuladas anual y quinquenal para cada historia dosimétrica. Para ello, el código recorre las lecturas mensuales de cada usuario de una en una y localiza el mes y el año al que está asociada la lectura en cuestión. Seguidamente, sumará todas las lecturas correspondientes a los meses anteriores del mismo año para calcular la dosis acumulada anual y, para la quinquenal, sumará todas las lecturas mensuales de los cinco años anteriores al año al que está asociada la lectura que se está analizando.

Además, se han introducido avisos visuales y observaciones que se generan en caso de que el usuario supere la fracción mensual de dosis, el límite anual promedio o el quinquenal, siguiendo la misma filosofía aplicada a los informes del CND. En la Tabla 1 se define el código de colores que puede aparecer en la aplicación.

RESULTADOS

Diseño de la aplicación

Hoja explicativa del funcionamiento de la aplicación

La aplicación cuenta, en primer lugar, de una hoja donde se explica el propósito, método de cálculo, y funcionamiento básico de la misma con el fin de que el usuario que desee utilizarla pueda ejecutar el código fácilmente. Además, esta hoja incluye tablas orientativas para los factores correctivos implicados en el cálculo.

Informe final

El aspecto del informe final generado en la aplicación se muestra en la Figura 1. En ella se pueden ver, a modo de ejemplo, los avisos visuales creados como alerta. En la figura se han utilizado nombres y valores ficticios para las lecturas de los dosímetros con el fin de hacer visibles estos avisos. Cabe destacar que el informe final que genera la aplicación no asocia automáticamente los factores k_{geo} y k_{gafas} . El responsable de protección radiológica de cada instalación es el que debe decidir y asignar a cada trabajador expuesto los factores correctivos pertinentes.

Factores correctivos

Las dos hojas siguientes gestionan la introducción de los factores k_{geo} y k_{gafas} individualizados para cada trabajador profesionalmente expuesto y cada mes de uso del dosímetro.

Límite	Dosis estimada en cristalino	Color
Nivel de referencia mensual	0,5	Blanco
Fracción mensual de dosis	2	Amarillo
Límite anual promedio	20	Naranja
Límite anual	50	Rojo
Límite quinquenal	100	Rojo

Tabla 1. Colores de aviso definidos en la aplicación en función del nivel de dosis superado.

Informe de dosis equivalente en cristalino														Cargar informe mensual
				Dosis asignada (mSv)				H _{crist} (mSv)						
Historia	Apellidos y nombre	Mes asign.	Uso desde	H _p (10)	H _p (0,07) o H _p (3)	k _{geo}	k _{gafas}	Mensual	Anual	Quinquenal	Obs.			
01Z100001D	Bonachera Urriaga, Paula	ene-19	ene-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
		feb-19	feb-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
		mar-19	mar-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
		abr-19	abr-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
		may-19	may-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
		jun-19	jun-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
		jul-19	jul-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
		ago-19	ago-19	Fondo	Fondo	0,67	1,0	Fondo	Fondo	Fondo	L-I			
01Z100002C	Mantilla Cedeño, Lola	may-19	may-19			9,7	1,00	1,0	9,7	9,7	L-A			
		jun-19	jun-19			3,0	1,00	1,0	3,0	12,7	L-A			
		jul-19	jul-19			0,8	1,00	1,0	0,8	13,5	L-B			
		ago-19	ago-19			3,0	1,00	1,0	3,0	16,5	L-A			
01Z100002D	Mantilla Cedeño, Lola	ene-19	ene-19	14,2	16,9	0,67	1,0	Fondo	11,3	11,3	L-A			
		feb-19	feb-19	17,4	18,4	0,67	1,0	Fondo	12,3	23,7	L-A			

Figura 1. Diseño del informe de dosis equivalente en cristalino que genera la aplicación desarrollada. Los datos que se muestran son ficticios, y se han introducido los valores de las lecturas así con el objetivo de que sean visibles las alertas que se generan en forma de diferentes colores. El término “Fondo” indica que la medida del dosímetro es inferior al nivel de registro (0,1 mSv), y se considera despreciable a efectos de protección radiológica. Se puede ver que las lecturas de los dosímetros de delantal y de cristalino, para un mismo usuario, aparecen separadas.

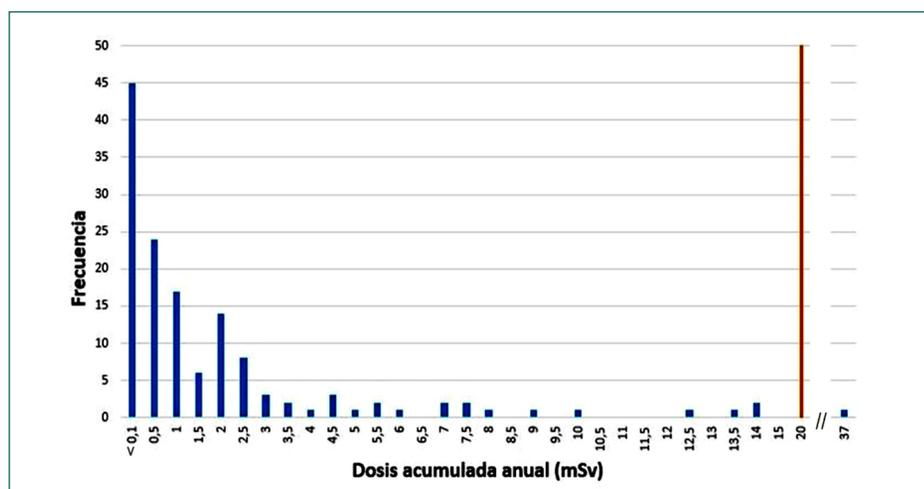


Figura 2. Histograma de frecuencias de la dosis equivalente en cristalino acumulada del año 2018 de los 141 trabajadores que pertenecen a las instalaciones controladas por la UTPR del CND y que cuentan con la dosimetría de delantal. La barra naranja representa el promedio anual del límite de dosis quinquenal. Se puede ver que las lecturas de los dosímetros de delantal y de cristalino, para un mismo usuario, aparecen separadas.

tro. Tienen una cabecera fija, y la información se introduce en ellas después del procesado del informe final.

Tras la carga y procesado de la información, estas hojas contienen una lista de todos los trabajadores sobre los que se han cargado lecturas y de los meses de lectura que están involucrados en el análisis del informe final. Así, se deberán introducir en estas hojas los valores asociados de k_{geo} y k_{gafas} para cada trabajador y mes de uso. Para facilitar el trabajo la hoja copia automáticamente el valor asignado a un mes a todos los meses posteriores. De esta manera, en caso de que un trabajador pase a, por ejemplo, emplear gafas plomadas, o cambie de especialidad, sólo se tendría que modificar el factor asociado a dicho mes en la hoja e inmediatamente se asignaría a los posteriores. Para el caso

de las lecturas de los dosímetros de cristalino, el factor geométrico asociado es por defecto 1,0.

Validación de la aplicación

Para validar el correcto funcionamiento de la herramienta diseñada, se recopilaron y cargaron en la aplicación los ficheros de lecturas mensuales de tres instalaciones que son controladas por la UTPR del CND y que cuentan con dosimetría de delantal, para los meses con lecturas dosimétricas de delantal comprendidos entre febrero de 2018 (dosímetros de uso enero) y enero de 2019 (dosímetros de uso diciembre) es decir, los dosímetros utilizados durante todo el año 2018. La muestra analizada fue de un total de

141 usuarios y 1264 lecturas mensuales. Se compararon los resultados del informe generado automáticamente con la aplicación con el informe anual que genera la UTPR de forma no automatizada para monitorizar la dosis recibida por los trabajadores de las instalaciones en cuestión, y se verificó el correcto funcionamiento de la herramienta en todos los casos.

Aplicación práctica a la protección radiológica operacional de trabajadores expuestos

Una vez validado el funcionamiento de la aplicación, se analizaron los datos obtenidos para los 141 trabajadores. En la Figura 2 se muestra un histograma de frecuencias, en el que se representa la dosis equivalente en cristalino acu-

mulada anual de los 141 trabajadores. Se ha introducido un salto entre los dos últimos intervalos de dosis debido a que no hay en la muestra trabajadores que reciban dosis acumuladas anuales entre estos dos. Además, se representa en forma de barra naranja el valor de 20 mSv como promedio anual del límite de dosis quinquenal.

En la figura se puede ver como la mayor parte de los trabajadores se concentran en la zona de dosis acumuladas anuales bajas. Concretamente, 45 de los 141 trabajadores recibieron dosis acumuladas inferiores a los 0,1 mSv. En contraposición, 5 de los 141 trabajadores recibieron dosis superiores a los 10 mSv y, además, uno de ellos superó los 20 mSv.

DISCUSIÓN

El objetivo principal del estudio era obtener una herramienta que permitiera la estimación y, por tanto, la monitorización de la dosis equivalente en cristalino de los trabajadores expuestos de las instalaciones a las que presta servicio la UTPR del CND, y que empleen dosimetría de delantal como alternativa a un dosímetro específico de cristalino. La aplicación diseñada permite realizar esta función de manera automatizada, eficiente y sin probabilidad de error, una vez ha sido validada. Más recientemente también tiene en cuenta las historias del nuevo dosímetro específico de cristalino del CND. Además, aporta los códigos de colores que generan alertas y un formato de informe que se puede imprimir directamente, así como la estimación de la dosis quinquenal y la asignación de comentarios.

Se hace destacar que, a fecha de redacción de este estudio, hasta donde sabemos todavía no existe en España un sistema de dosimetría de cristalino acreditado por el Consejo de Seguridad Nuclear para su uso oficial. En el caso del dosímetro del CND, ya se realizaron múltiples irradiaciones y pruebas de caracterización, y se espera completarlas y enviar el estudio correspondiente para acreditarlo durante este año 2020.

La aplicación nos ha permitido evaluar las condiciones de protección radiológica del cristalino de los trabajadores expuestos de las instalaciones que son controladas por la UTPR del CND, como se puede ver en la Figura 2. Como hemos visto antes, se ha comprobado que un 32 % de la muestra analizada recibe dosis de radiación por debajo de los 0,1 mSv, que indicaría que no necesitan esta vigilancia individual, aunque se está investigando si algunos de ellos no están haciendo un uso apropiado de los dosímetros. También se ha encontrado que solo un 3,5 % reciben dosis superiores a los 10 mSv.

Si bien ningún trabajador ha superado el nuevo límite de dosis equivalente en cristalino anual (50 mSv) o quinquenal (100 mSv), en uno de los casos se excedió los 20 mSv y, de seguir con la misma tendencia, acabaría superando en un futuro el límite de dosis quinquenal. El control dosimétrico, junto con la aplicación, nos ha permitido identificarlo, contactando con el propio trabajador y con el Servicio de

Prevención de Riesgos Laborales para investigar las causas y extremar la protección.

Si bien la aplicación ha sido desarrollada para la UTPR del CND, se pondrá desinteresadamente a disposición de los responsables de protección radiológica de aquellas instalaciones clientes del servicio de dosimetría del CND, por si les resulta de utilidad. El correcto uso y funcionamiento de la misma es responsabilidad de quien la utiliza. La podrán encontrar como descargable en el área personal de la página web del CND.

CONCLUSIONES

La reducción del límite de dosis equivalente en cristalino, establecido en la Directiva 2013/59 Euratom, y los estudios en el ámbito hospitalario ponen de manifiesto la necesidad de llevar un mayor control de la dosis recibida en cristalino por parte de algunos trabajadores expuestos. Esta ha sido la motivación principal del estudio, y se puede afirmar que se ha conseguido diseñar una herramienta que permita realizar esta función de manera relativamente automatizada y eficiente, a partir de las lecturas dosimétricas de los dosímetros de delantal y cristalino del CND. Además, la aplicación diseñada nos ha permitido estudiar las dosis absorbidas en cristalino por parte de los trabajadores expuestos pertenecientes a las instalaciones controladas por la UTPR del CND. El estudio nos ha permitido detectar e investigar tanto los casos de dosis equivalentes en cristalino relativamente altas y relativamente bajas y, por tanto, mejorar las condiciones de protección radiológica operacional de los mismos. ■

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Commission, E. (2007). ICRP: ICRP Publication 103. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), (March), 3-5.
- [2]. European Parliament. (2014). Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a. Off J Eur Commun L13, (December 2003), 1-73.
- [3]. Carinou E, Ginjaume M, O'Connor U, Kopec R, Merce MS. Status of eye lens radiation dose monitoring in European hospitals. *J Radiol Prot* 2014; 34:729. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/34/4/729>
- [4]. Clerinx, P., Buls, N., Bosmans, H., & De Mey, J. (2008). Double-dosimetry algorithm for workers in interventional radiology. *Radiation Protection Dosimetry*, 129(1-3), 321-327. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncn148>
- [5]. International Organization for Standardization. Radiological protection – Procedures for monitoring the dose to the lens of the eye, the skin and the extremities. ISO 15382:2015-12-01.
- [6]. Principi, S., Farah, J., Ferrari, P., Carinou, E., Clairand, I., & Ginjaume, M. (2016). The influence of operator position, height and body orientation on eye lens dose in interventional radiology and cardiology: Monte Carlo simulations versus realistic clinical measurements. *Physica Medica*, 32(9), 1111-1117. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2016.08.010>

Experiencia operativa de la planta de lavado de tierras en el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera



CRISTINA CORREA SÁINZ y NIEVES MARTÍN PALOMO

ENRESA

RESUMEN: La central nuclear José Cabrera se encuentra en fase de desmantelamiento. Actualmente se están realizando, entre otras actividades, la restauración de los suelos potencialmente contaminados. Con el objetivo de reducir el volumen de residuos radiactivos a generar durante el desmantelamiento se ha implementado una planta para tratar los suelos contaminados excavados, mediante la técnica de separación granulométrica y lavado acuoso de las fracciones gruesas.

Se presenta en este artículo la planta de lavado, su funcionamiento y los resultados de su operación hasta la fecha.

Palabras clave: Restauración, Terreno, Lavado suelos, Desclasificación, Residuo radiactivo.

ABSTRACT: José Cabrera nuclear power plant is being decommissioning. Remediation of potentially contaminated soils is currently being carried out, among other activities. In order to reduce the volume of radioactive waste to be generated during dismantling, a plant has been implemented to treat excavated contaminated soils by using the technique of granulometric separation and aqueous washing of coarse fractions.

This article presents the washing plant, its operation and the results of its operation to date.

Keywords: Remediation, Soil washing, Clearance, Radioactive waste.

INTRODUCCIÓN

La central nuclear José Cabrera se encuentra actualmente en desmantelamiento. Los sistemas han sido desmontados, los edificios descontaminados y se ha comenzado la demolición de los mismos. A su vez se están realizando trabajos de restauración de terrenos.

Las actividades de restauración comprenden principalmente la descontaminación de aquellas zonas que presentan contaminación. Con este propósito se están realizando excavaciones en la instalación y se ha puesto en marcha una planta para el lavado de las tierras excavadas que estén contaminadas. Esto permite reducir el volumen de residuos radiactivos a gestionar.

DESCRIPCIÓN GENERAL

La planta de lavado de tierras, cuya instalación fue aprobada por el pleno del Consejo de Seguridad Nuclear en julio de 2016, se encuentra situada en la parte este del emplazamiento de la central nuclear José Cabrera (Foto 1).

Previamente a la instalación de la planta, se demostró la viabilidad de la técnica de lavado de suelos en un ensayo piloto realizado en el laboratorio. Una vez implantada en el emplazamiento, se realizaron pruebas con material limpio con el objeto de establecer los parámetros de operación de los procesos y, posteriormente, se realizaron pruebas



Foto 1. Vista general de la Planta de Lavado de Suelos.

con 500 toneladas de suelo contaminado para comprobar la eficacia del proceso de descontaminación.

La descontaminación de los suelos se lleva a cabo mediante un lavado acuoso. Inicialmente los suelos contaminados procedentes de la excavación se procesan en la planta separando la fracción fina (arcillas), que es la más contaminada, de las fracciones más gruesas (arenas y gravas), que están más limpias y cuya contaminación es, en general, desprendible. A continuación, las fracciones gruesas se someten a un proceso físico de lavado y finalmente se gestionan como material desclasificable. El objetivo es su gestión convencional una



Figura 1. Esquema de la planta de lavado de suelos.



Foto 2. Contenedores con gravas y arenas previamente a su envío a control radiológico para desclasificación.

vez realizadas las determinaciones radiológicas que aseguren el cumplimiento del nivel de desclasificación.

La contaminación que se concentra en la fracción fina supone un volumen pequeño que se gestionará como residuo radiactivo de muy baja actividad. De esta manera, se reduce el volumen total de residuos radiactivos con la consiguiente disminución del coste asociado a la gestión de los suelos afectados procedentes de la restauración del emplazamiento.

En la planta de lavado se tratan los suelos procedentes de la excavación clasificados como residuo de muy baja actividad (RBBA), que por sus niveles de actividad y características texturales (composición de finos inferior al 30% en condiciones normales) se prevé que, tras someterlos al proceso de lavado, pueden ser gestionados como desclasificables. Las gravas y arenas lavadas se introducen en contenedores (Foto 2) que se envían a otro edificio en el que se encuentra el sistema de medida de espectrometría gamma, para comprobar que se cumplen los niveles de desclasificación. El sistema de medida consta de cuatro detectores de germanio y permite la medida del contenedor en varias posiciones.

Formando parte de la instalación se ha dispuesto una planta de tratamiento del agua que ya no sea reutilizable en el proceso, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los criterios establecidos para su vertido.

La instalación dispone de 4 acopios o áreas de espera (Figura 1), con la finalidad de almacenar temporalmente los materiales que se generan durante el tratamiento. Estos están dimensionados para albergar el 100% del material



Foto 3. Acopio de finos y detalle tortas de finos.

resultante en una tanda de tratamiento (500 t).

Las características de los acopios son las siguientes:

- Acopio de entrada de material a la planta de lavado. Almacena los materiales sobre los que se efectuará el tratamiento.
- Acopio de arenas desclasificables. Almacena las arenas lavadas previamente a su introducción en contenedores para su control radiológico.
- Acopio de gravas desclasificables. Almacena las gravas lavadas previamente a su introducción en contenedores para su control radiológico.
- Acopio de finos. Almacena los big bags con las tortas de finos producidas (RBBA) (Foto 3).

FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

La capacidad de tratamiento de la planta es de de 30-50 t/día, y su operación se realiza en tandas de tratamiento de suelos de unas 500 t. Consta de cuatro líneas principales de tratamiento y los cuatro acopios mencionados anteriormente. (Figura 2).

A lo largo del proceso, se realizan diferentes controles radiológicos en los acopios y en la línea de recuperación de agua, con el fin de medir la efectividad de los diferentes procesos realizados y en el caso del agua, para decidir su reutilización o la necesidad de su tratamiento si hay incorporación de isótopos debido al proceso de lavado.

Los procesos principales son:

- **Alimentación de material.** Previamente, se separa el material de tamaño superior a 100 mm, en la zona de acopio de entrada. Posteriormente, se aporta el material en la tolva de la plataforma de carga.

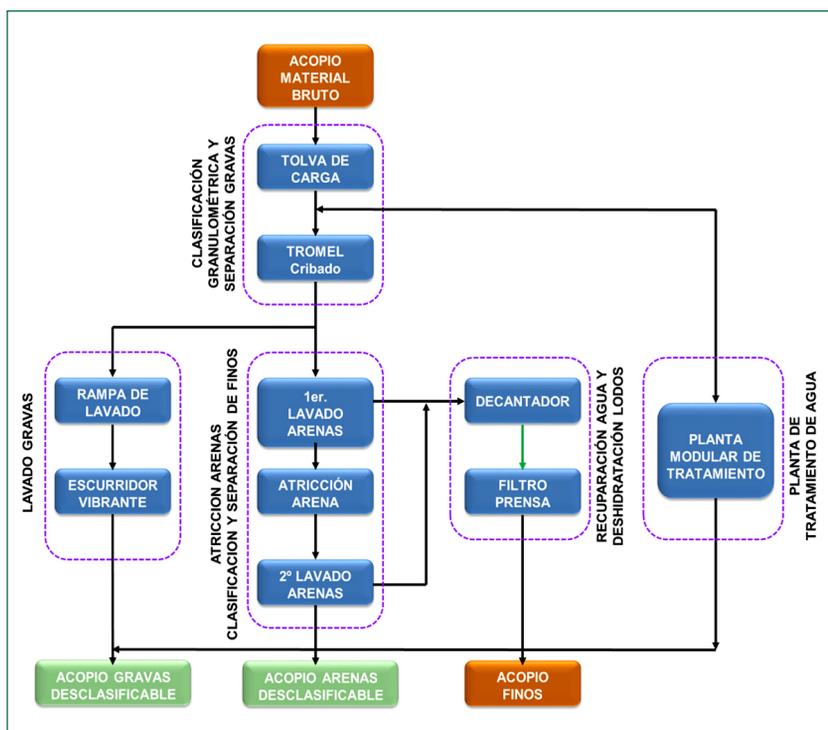


Figura 2. Esquema de funcionamiento de la planta de lavado de suelos.

- **Clasificación granulométrica y separación de gravas.** Desde la tolva, se trasladan las tierras, mediante la cinta de alimentación de banda transportadora, hasta el primer equipo de lavado: cilindro de lavado ("tromel"). La mezcla de tierra y agua de lavado se conduce por gravedad a una criba vibrante inclinada que permite clasificar granulométricamente, separando las gravas de la mezcla.
- **Lavado de gravas.** Las gravas se lavan en una rampa y se pasan por un escurridor vibrante. Desde este punto, se conducen mediante una cinta transportadora hasta el acopio de gravas desclasificables.
- **Separación de finos y lavado de arenas.** La separación entre arenas y finos tiene lugar a través de dos fases de hidrociclono, antes y después de proceso de lavado denominado atrición. La atrición consiste en un proceso de rozamiento por el cual se desprende la contaminación adherida. Las arenas obtenidas, una vez escurridas, se conducen por medio de una cinta transportadora hasta el acopio de arenas desclasificables.
- **Recuperación de agua y deshidratación de finos.** El material más fino y tras un proceso de decantación, se envía a la etapa de filtración. La etapa de filtración se realiza mediante un filtro-prensa en el cual se consigue concentrar todo el material fino compactado en condiciones adecuadas ("tortas"). El residuo generado (las "tortas") se almacena en big bag adecuados para su posterior gestión por Enresa.



Foto 4. Cilindro de lavado.



Foto 5. Celda de atrición.

- **Tratamiento de agua.** El agua procedente de la deshidratación de finos se reincorpora al proceso o se envía a la planta de tratamiento de agua. Ésta incluye los tratamientos de filtración e intercambio iónico (caso de ser necesario), que garantizarán el cumplimiento de los criterios radiológicos y medioambientales de vertido.

SEGREGACIÓN DE GRAVAS

La naturaleza fisicoquímica de las gravas influye en la efectividad del lavado. Las gravas de naturaleza calcárea son porosas y de mayor dificultad de lavado al depositarse contaminación en los poros del material. Sin embargo, las gravas de naturaleza silíceas cuya superficie es lisa, permiten la eliminación con facilidad de la contaminación adherida en su superficie. En el emplazamiento de José Cabrera, la proporción de gravas porosas es baja. Sin embargo, dada la alta sensibilidad del sistema de medida de desclasificación, una pequeña cantidad de material de este tipo puede conducir al rechazo del contenedor con las gravas lavadas.

Con objeto de optimizar el proceso de desclasificación de gravas eliminando aquellas cuyo lavado no es completamente efectivo para el fin perseguido, se ha instalado a la salida del acopio de gravas un sistema automatizado de medida de tierras en continuo para su segregación.

Dicho sistema consta de una cinta transportadora principal que lleva las gravas hacia un conjunto de detección compuesto por dos detectores de centelleo sólido enfrentados de forma vertical superior e inferior. La cinta está dividida en secciones o cangilones que llevan una cantidad de material, y una vez realizada y analizada la medida de las gravas, vuelca el contenido de cada cangilón bien en un contenedor para su envío al sistema de medida de desclasificación o bien en un contenedor para ser tratado como residuo tipo RBBA.

La implantación de este sistema ha permitido mejorar la desclasificación de las gravas lavadas, reduciéndose el número de contenedores rechazados en la medida de la desclasificación.

EXCAVACIONES Y PLANTA DE LAVADO DE SUELOS. RESULTADOS

La planta de lavado de suelos obtuvo la aprobación de funcionamiento del pleno del Consejo de Seguridad Nuclear en junio de 2018. Desde esa fecha ha estado en operación ajustada al ritmo de las excavaciones de suelos.

Durante las excavaciones se mueve gran cantidad de terreno y parte de él no está contaminado, no precisa de tratamiento de lavado y puede enviarse directamente al proceso de medida para su desclasificación. Asimismo, hay ciertos terrenos con mayor contaminación y con granulometría compuesta principalmente de material fino. En estos casos su limpieza no es efectiva en la planta de lavado y se clasifican directamente como residuo radiactivo. Por todo ello, durante las excavaciones previamente al envío se realiza un control radiológico de las tierras excavadas para clasificarlas y definir destino de las mismas:

- Desclasificación
- Tratamiento en la Planta de Lavado de suelos.
- Residuo Radiactivo (RBBA).

A finales de 2019, las cantidades de tierras excavadas y sus destinos han sido los siguientes:

- Tierras excavadas totales: 15.961 t.
- Tierras desclasificables: 12.231 t.
- Tierras afectadas (residuo): 309 t.
- Tierras llevadas a tratar en la PLS: 3.421 t.

No obstante, las cantidades de tierras según el destino pueden variar a lo largo del desmantelamiento dependiendo de las características radiológicas de la zona a excavar.

Los resultados de la planta de lavado (Figura 4), indican que el 74% de la cantidad del material lavado (29% arenas + 45% gravas), es finalmente desclasificado, mientras que el 26% es gestionado como residuo radiactivo de muy baja actividad (3% gravas, 4% arenas y 19% finos). Estos resultados ponen de manifiesto la optimización del volumen de residuos radiactivos a gestionar, al concentrar la actividad

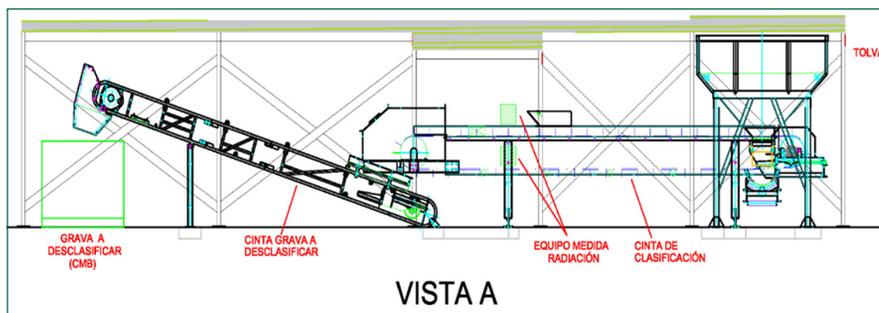


Figura 3. Esquema de la planta de segregación de gravas.

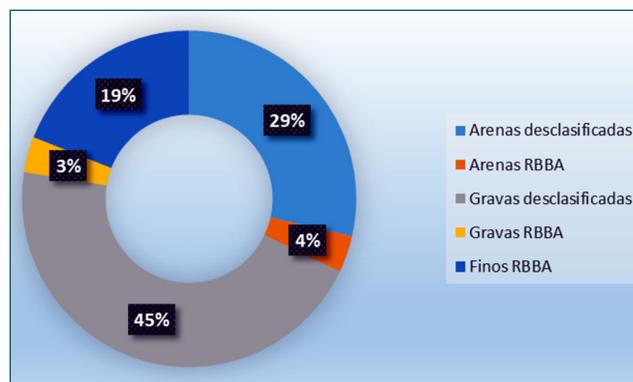


Figura 4. Resultados de la planta de lavado.

en las fracciones finas del suelo y separarla de las fracciones gruesas (gravas y arenas).

CONCLUSIONES

La planta de lavado de suelos instalada en la central nuclear José Cabrera, que se encuentra actualmente en fase de desmantelamiento, permite optimizar el volumen de residuos radiactivos a gestionar procedentes de la excavación de suelos potencialmente contaminados. El porcentaje de desclasificación una vez tratados los suelos en la planta se encuentra actualmente en el entorno del 74%. Este porcentaje puede variar dependiendo de las características de la zona a excavar, siendo esperable que se mantenga entre el 65 y el 75 % de material desclasificado.

La planta de lavado de suelos para la descontaminación radiactiva es pionera en España y su aplicabilidad en otros emplazamientos va a depender de la composición granulométrica y fisicoquímica del terreno. La realización de ensayos a escala laboratorio es básico para decidir la viabilidad de un tratamiento de este tipo.

Mediante el sistema de segregación de gravas implementado a la salida del acopio de gravas se separan las pequeñas cantidades de gravas cuyo lavado no es efectivo debido a su naturaleza fisicoquímica. La puesta a punto y funcionamiento de este sistema de medida de tierras ha sido una experiencia piloto, la cual puede ser de aplicación para la segregación de tierras *in situ* de una manera automatizada, en futuros proyectos de desmantelamiento. ■

Este documento es una traducción del artículo original publicado en inglés en la revista *RADIOPROTECTION*. El artículo original se encuentra disponible en internet en: www.radioprotection.org. *Radioprotection* 2019, 54(4), 277–281. © Los Autores, publicado por EDP Sciences 2019. <https://doi.org/10.1051/radiopro/2019037>

Este es un artículo de acceso libre distribuido con arreglo a las condiciones de *Creative Commons Attribution License* (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Se permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que el trabajo original sea debidamente citado.

La traducción ha sido realizada por Cristina Koren, miembro de la Comisión de Jóvenes de la SEPR, y revisada por Eduardo Sollet y Eduardo Gallego, que participaron en los talleres descritos en el artículo.

Resumen de los talleres de la SFRP-IRPA sobre razonabilidad en la implementación práctica del principio ALARA



JEAN-FRANÇOIS LECOMTE¹, AMBER BANNON², YANN BILLARAND¹, PETER BRYANT², MARIE-CLAIRE CANTONE³, ROGER COATES^{2,a}, JOHN CROFT², STÉPHANE JEAN-FRANÇOIS⁴, BERNARD LE GUEN^{1,a}, CAROLINE SCHIEBER¹ y THIERRY SCHNEIDER¹

¹Société Française de Radioprotection (SFRP)

²The Society for Radiological Protection.

³Associazione Italiana di Radioprotezione (AIRP).

⁴Association Canadienne de Radioprotection (ACRP).

^aInternational Radiation Protection Association (IRPA), www.irpa.net.

RESUMEN: La implantación práctica del principio de optimización de la protección radiológica (es decir, el principio ALARA) ha sido el tema de dos talleres organizados en París (Francia) en febrero de 2017 y en octubre de 2018, por iniciativa de la SFRP, en el marco de IRPA. El artículo resume las discusiones y conclusiones de estos dos talleres. La búsqueda de lo razonable se examinó en tres sectores: industria nuclear, prácticas médicas y situaciones de exposición existente. En todos ellos, la optimización sigue siendo un desafío y la experiencia muestra que se implanta a través de un proceso de deliberación para lograr un compromiso razonable entre todas las partes interesadas. Se organizaron tres grupos de trabajo, uno para cada sector, que investigaron más a fondo este tema apoyándose en el estudio de casos prácticos. Se concluye que, complementariamente al uso de herramientas clásicas, como los análisis coste-beneficio, la implantación del principio de optimización implica identificar claramente los retos que se deben superar para lograr la mejor protección en cada situación (circunstancias dominantes). Estas dificultades pueden ser específicas de un tipo de situación de exposición y, en algunos casos, de una situación dada. Adicionalmente, en el proceso se debería identificar correctamente a las principales partes interesadas y a los responsables de la toma de decisiones que habrían de estar involucrados, y determinar cómo deberían de estarlo. Puede ser necesario un proceso proactivo que fomente la concienciación, el empoderamiento y/o la formación. Esta reflexión merece un desarrollo adicional.

Palabras clave: razonable / protección radiológica / optimización / ALARA.

ABSTRACT: The practical implementation of the principle of optimisation of radiological protection (i.e., ALARA principle) was the subject of two workshops organised in Paris (France) in February 2017 and October 2018 at the initiative of SFRP within the framework of IRPA. The article summarizes the discussions and conclusions of these two workshops. The search for reasonableness was examined in three sectors: nuclear industry, medical practices and existing exposure situations. In all sectors, the optimisation remains a challenge and experience shows that this is implemented through a deliberative process to achieve a reasonable compromise with all informed parties. This issue was further investigated by three working groups – one for each sector – on the basis of cases studies. It emerges that, in complement to the use of classical tools such as cost-benefit analysis, the implementation of the optimisation principle implies a clear identification of the challenges to be met in order to achieve the best protection in the prevailing circumstances. These challenges may be specific to a type of exposure situation and in some cases to a given situation. The process should also well identify the relevant stakeholders and decision-makers to be involved and determine how they will be involved. A proactive process including development of awareness, empowerment and/or training may be needed. This reflexion deserves to be further developed.

Keywords: reasonable, radiological protection, optimisation, ALARA.

INTRODUCCIÓN

El principio de optimización, conocido como *Tan bajo como sea razonable y alcanzable* (ALARA), constituye el fundamento del sistema de protección radiológica (ICRP, 2007) y es un asunto de gran importancia que la SFRP aborda de forma ininterrumpida a través de *RADIOPROTECCIÓN* (Schneider et al., 2017; Bourguignon et al., 2017; Yeung, 2019).

En el marco de IRPA se organizaron dos talleres, por iniciativa de la SFRP, sobre la implementación práctica del principio ALARA. Esta iniciativa se puso en marcha a raíz de una petición de IRPA relacionada con la evolución del sistema de protección radiológica. Los dos talleres se celebraron en París, en febrero de 2017 y en octubre de 2018, respectivamente. Cada uno de ellos reunió a unos 30 participantes (expertos, reguladores, explotadores) procedentes de varios países y organizaciones internacionales (IRPA, ICRP, NEA, OMS, EAN).

El objetivo del primer taller fue compartir opiniones y experiencia sobre la visión actual del principio ALARA en diferentes sectores (nuclear, médico, radón, zonas contaminadas, situaciones posteriores a accidentes) y, más específicamente, cuestionar el papel de las herramientas que ayudan en el proceso de toma de decisiones, así como la participación de las partes interesadas, y los valores éticos y sociales que permiten alcanzar un resultado razonable en el proceso de optimización.

En el sector nuclear, las dosis colectivas de los trabajadores se han reducido significativamente desde la implementación de la ICRP 60 (ICRP, 1991), pero todavía es necesaria la vigilancia para hacer frente a la heterogeneidad en la distribución de las dosis individuales, así como a una situación económica más difícil.

En relación con la exposición del público, existe, en un contexto de consideraciones sociales y ambientales crecientes, una tendencia a minimizar el impacto (los vertidos) en lugar de optimizar la protección radiológica.

En el sector médico, el objetivo principal de la exposición es la calidad del diagnóstico o tratamiento, lo que debe lograrse optimizando aún más las exposiciones de los pacientes y, en algunos casos, las de los profesionales de la salud. Se hace hincapié en la justificación del acto médico con una responsabilidad compartida entre el profesional prescriptor y el habilitado. La continua evolución de las tecnologías, por un lado, y la participación de los pacientes y las partes interesadas (personal médico, gerentes de hospitales, fabricantes...), por otro, siguen siendo desafíos clave.

En situaciones que involucran contaminación con radio (zonas contaminadas) o radón, o en situaciones post-accidentales, el control de la exposición se realiza a través de la vía de exposición y no de la fuente. El nivel de exposición puede verse afectado por las conductas individuales y la calidad de vida puede estar más en juego que la dosis. El resultado del proceso de optimización depende de la

situación real. En ese caso, es crucial tener en cuenta consideraciones sociales y éticas.

En todos los sectores, la optimización sigue siendo un desafío que se implementa, como muestra la experiencia, a través de un proceso de deliberación para lograr un compromiso razonable entre todas las partes interesadas. Previamente se ha publicado una síntesis de este primer taller (Schneider et al., 2017).

Tras esta primera ronda, se quiso dar un paso más y se organizó un segundo taller en París, en octubre de 2018, centrado en casos prácticos. Se presentaron tres conjuntos de casos prácticos, relacionados con los mismos tres sectores explorados en el primer taller: industria nuclear, prácticas médicas y situaciones de exposición existente, que pretendían ilustrar cómo la búsqueda de lo razonable en la implementación práctica del principio ALARA puede hacerse involucrando a las partes interesadas.

CASOS PRÁCTICOS EN LOS TRES SECTORES: NUCLEAR, MÉDICO Y SITUACIONES DE EXPOSICIÓN EXISTENTE

En el sector nuclear, el explotador francés EDF presentó, junto con uno de sus subcontratistas, Comex/ONET, cómo la creación de una relación eficiente y fluida entre ambos ha permitido una reducción continua de la exposición recibida por los trabajadores durante la sustitución del sistema de calentamiento del presionador en las centrales nucleares (CCNN) francesas. En este sector, el diálogo y la participación se formalizan a menudo mediante contratos, en procedimientos escritos y programas ALARA que involucran a la organización jerárquica de abajo hacia arriba. Este hecho también se puso de manifiesto en la presentación española sobre movilización de todo el personal involucrado para mejorar los resultados de dosis en la CN Cofrentes. El tercer caso práctico estaba relacionado con la experiencia de Reino Unido en la implementación del concepto ALARP (tan bajo como sea razonablemente practicable) en el sector nuclear, desarrollado en términos más generales para todos los riesgos. El estudio mostró, con varios ejemplos, cómo la regulación no prescriptiva puede sentar las pautas en la búsqueda de lo razonable y cómo, en algunos casos, el conservadurismo puede conducir a la minimización de la exposición en lugar de a la adecuación a soluciones óptimas. Por último, se hizo una llamada para mejorar el diálogo y la comprensión del riesgo de la radiación entre explotadores y reguladores.

En el sector médico, se presentaron dos fructíferas colaboraciones destinadas a optimizar las dosis debidas a la obtención de imágenes médicas. La primera se refería a un equipo especializado y multidisciplinar de expertos que se desplazaron de un hospital a otro en la provincia de Quebec (Canadá) para divulgar la cultura de protección radiológica (PR) y, en consecuencia, conducir a una mejora dosimétrica global. La segunda mostró cómo en Grecia, gracias a la participación de todo el personal del área dedicada a la TC (tomografía computarizada) del hos-

pital público Konstantopoulos, se elaboró una cuidadosa estrategia para avanzar realmente en la implementación del proceso de optimización. Sigue pendiente el asunto de cómo evaluar la participación de los individuos (por ejemplo, los profesionales habilitados) en la implantación de ALARA y cómo garantizar la continuidad de dicha participación. La reducción de la dosis en el campo médico se consigue principalmente mediante instrumentación novedosa que incluye avances de software: los representantes italianos presentaron un algoritmo para optimizar la imagen en angiografía aórtica por TC ajustando el ruido y la señal en la exposición. Se señaló que la emulación entre fabricantes impulsa el diseño de dispositivos que contribuyen a la reducción de la exposición.

En situaciones de exposición existente, las consideraciones éticas y sociales son las que están más en juego debido a que, por lo general, las partes interesadas locales (es decir, miembros del público, profesionales, autoridades sanitarias, etc.) desconocen lo esencial acerca de la radiactividad y la protección radiológica, a pesar de que son ellos los principales agentes e, incluso, los que van a tomar las decisiones durante el proceso de optimización. En tales situaciones, el proceso de optimización se realiza caso por caso, según las circunstancias. El primer caso práctico del taller trató sobre el plan de acción frente al radio para la gestión del legado radiológico de la industria relojera suiza. Se encontraron trazas de radio en viviendas de antiguos empleados que trabajaban en casa. Con la autoridad reguladora asumiendo exitosamente el mando, la elección del nivel de referencia fue un punto clave para determinar la magnitud de la descontaminación. También fue crucial la formación de los trabajadores que realizaron las tareas de descontaminación. El segundo caso práctico estaba relacionado con las dificultades de la República Checa para lograr una mejor concordancia entre el plan de acción nacional frente al radón y la política de ahorro energético, con el fin de mejorar la calidad del aire en el interior de las viviendas y edificios de interés público. En el tercer caso práctico, la autoridad belga de PR presentó su propuesta para establecer un criterio razonable para la gestión del agua potable, lograr un mejor compromiso entre protección del consumidor y coste, y garantizar la confianza de la sociedad en el control del agua. Se podrían identificar, para los distintos casos, cuatro cuestiones clave que moldearon el diálogo entre los expertos en PR y las partes interesadas locales:

- los valores numéricos (de exposición) y su significado;
- la importancia de los factores económicos;
- la asunción tanto de la responsabilidad como del liderazgo en el proceso;
- la relación de las iniciativas de protección radiológica con la calidad de vida global, teniendo en cuenta consideraciones sociales y éticas.

También se presentó un caso práctico específico, relacionado con radiación no ionizante (RNI), que muestra las

dificultades para implementar el principio de optimización en un contexto de diversidad de fuentes de RNI, incertidumbre acerca de sus efectos, la alta sensibilidad de algunas personas a las RNI y la controversia sobre los focos de casos de leucemia.

DISCUSIÓN

Sobre la razonabilidad

Se formaron tres grupos de trabajo (GT) para investigar más a fondo el tema de implantar el proceso de optimización con la implicación de las partes interesadas. Al final del debate, los tres grupos estaban de acuerdo con las conclusiones del primer taller (Schneider et al., 2017). Se resaltaron los siguientes puntos adicionales.

En el sector nuclear

El grupo de trabajo encargado del sector nuclear abogó por un enfoque holístico para optimizar todos los riesgos en conjunto, y no solo la dosis, en un proceso de mejora continua. Tal enfoque debería encontrar un equilibrio entre los distintos riesgos, con el apoyo de equipos multidisciplinares (expertos en riesgos convencionales, ambientales y radiológicos). De hecho, centrarse en el riesgo radiológico puede dar lugar, en ocasiones, a desequilibrios en la protección al dar demasiado peso al riesgo de la radiación en comparación con otros peligros. Se necesitan pautas adecuadas para evaluar y gestionar el riesgo en un contexto de riesgos múltiples.

Desde el punto de vista de la protección de los trabajadores, se considera que la implantación efectiva de buenas prácticas, consensuadas a nivel internacional, es una prueba de la aplicación del principio ALARA. El análisis coste-beneficio y el uso de herramientas de ayuda a la decisión multicriterio pueden ayudar a presentar un argumento razonado en situaciones donde una reducción adicional de la exposición ya no resulte ser ALARA, especialmente a dosis bajas. La aplicación del principio ALARA también incluye la necesidad de crear grupos de expertos, procedimientos y reuniones, así como el desarrollo de una cultura de PR a todos los niveles. Deben participar todas las categorías del personal: la jerarquía de la organización, los trabajadores internos y externos, y, también, las autoridades. Incluso el regulador necesita educación y entrenamiento. Resulta útil compartir la experiencia tanto del explotador como de los subcontratistas. El hecho de compartir responsabilidades entre el explotador y los subcontratistas no es algo obvio y debe establecerse una cooperación franca. Es esencial que exista un compromiso por parte del explotador. El concepto de "cliente inteligente" introducido por el OIEA (OIEA, 2011) puede ayudar: el explotador tiene la responsabilidad de incorporar la cultura de PR en toda la cadena de la subcontratación. El principio ALARA también debería implantarse utilizando un enfoque gradual, acorde con el nivel de riesgo.

La percepción pública del riesgo de la radiación asociada a la energía nuclear se ha vuelto más crítica desde el accidente de Fukushima. Para los operadores de las instalaciones, demostrar que la exposición del público induce un riesgo muy bajo puede ser muy costoso. Dicha consideración es importante cuando se establecen los criterios de dosis para la exposición del público, que pueden depender también del contexto (país, situación de exposición). Las autoridades exigen la aplicación de las mejores técnicas disponibles en todas las etapas y esto ha derivado en una búsqueda sistemática de la minimización del riesgo en lo que respecta a fuentes, vertidos y residuos, más allá del concepto ALARA, a pesar de que las centrales nucleares ya están diseñadas y operadas para producir emisiones extremadamente bajas, que pueden considerarse ALARA. En ocasiones, el balance adecuado entre la protección del público y la de los trabajadores, puede requerir una compensación entre ambas (por ejemplo, cuando es necesario ventilar la contención del reactor para mejorar las condiciones de trabajo en su interior).

En el sector médico

En el sector médico, de acuerdo con el grupo de trabajo correspondiente, los elementos clave para lograr la razonabilidad son la educación, la formación y el desarrollo de la cultura de PR. Sin embargo, no siempre es fácil involucrar a los pacientes. Trabajar con asociaciones de pacientes puede ser útil. Se recomendó el concepto ALADA (tan bajo como se pueda mientras el diagnóstico siga siendo posible) en el uso de los equipos (búsqueda de la imagen óptima) hasta que un balance adecuado entre el análisis coste-beneficio y el sistema de gestión de calidad demuestre que es necesario un equipamiento nuevo más optimizado. Las exposiciones ocupacionales en el sector médico son generalmente bajas excepto en algunas prácticas (por ejemplo, radiología y cirugía intervencionista o radiofarmacia). En algunos casos, la aplicación del límite de dosis al cristalino puede suponer un reto. Además se recomendaron enfoques multidisciplinarios y equitativos, y se puso énfasis en incorporar la ética médica como parte de la formación médica.

Adicionalmente, se formularon varias sugerencias a IRPA para mejorar la difusión del conocimiento:

- creación de una sección específica en la página web de IRPA con enlaces a las páginas web de otras organizaciones (OMS, OIEA / RPOP, IOMP, ICRP / C3);
- traducción y promoción de directrices;
- elaboración y difusión de folletos pedagógicos, especialmente para los pacientes;
- fomento de la formación específica de los médicos;
- propuesta de charlas en congresos médicos donde se presenten casos prácticos;
- propuesta de artículos en revistas científicas que muestren esfuerzos y mejoras.

En situaciones de exposición existente

Como señaló el grupo de trabajo correspondiente, el campo de las situaciones de exposición existente es variado y, en algunos casos, controvertido (por ejemplo, si se trata de zonas contaminadas). En cualquier caso, el grupo de trabajo enfatizó la necesidad de conseguir algún tipo de aceptación de la situación por parte del público y, por lo tanto, la importancia de organizar el diálogo. En la mayoría de los casos, hay un miedo subyacente por parte del público a la radiación y, en general, el miedo es mayor frente a las fuentes antropogénicas (incluido el radio, utilizado por sus propiedades radiactivas) que frente a las naturales (por ejemplo, el radón).

Los mensajes deben ser claros y sencillos. Puesto que la situación puede evolucionar, esto se debe explicar para anticipar mejor su evolución. El papel de las autoridades es crucial para establecer o restablecer la confianza. A veces, es necesario el empoderamiento de los interesados, proporcionándoles información y capacidad suficiente para poder tomar decisiones con conocimiento. Esto es particularmente necesario cuando las personas participan en su propia protección (autoprotección), por ejemplo, frente a la exposición al radón o en situaciones posaccidentales. En este último caso, la información y la preparación frente a accidentes en *tiempos de paz* pueden luego ser de utilidad en caso de crisis.

En caso de contaminación, no existe un nivel "aceptable" de exposición a la radiación: desde el punto de vista de los miembros del público, la radiactividad es algo indeseable que hay que eliminar. Sin embargo, el riesgo cero no existe y la limpieza total del sitio es generalmente inviable. Los expertos prefieren un enfoque cuantitativo a pesar de que, en la mayoría de los casos, el público entiende mejor los argumentos cualitativos o comparativos. La experiencia demuestra que puede ser preferible organizar un debate en el que se llegue a un acuerdo sobre lo que es razonable. Comparar con otros riesgos puede ser útil, pero también delicado. Por ejemplo, cuando la situación es controvertida, se podría ver como que se quiere hacer parecer trivial el riesgo radiológico frente a los otros riesgos.

A menudo, los valores umbrales son erróneamente considerados como un límite entre lo seguro y lo peligroso. El valor de 1 mSv/a se usa como nivel de referencia en muchas ocasiones para la exposición del público, a pesar de que es el límite inferior del rango recomendado por la ICRP para situaciones de exposición existente (1–20 mSv/a). Dicho valor es un nivel de referencia, pero, en la práctica, se utiliza más bien como un nivel de acción. Por otro lado, se expresa en términos de dosis efectiva, a pesar de que este concepto no está pensado para reflejar el riesgo individual.

En situaciones de exposición existente lo que está en juego es conseguir o recuperar una buena calidad de vida. El principio de optimización podría llamarse ALAQA (tan

Colaboraciones

bajo como sea cualitativamente alcanzable). Para lograrlo se podría emplear un enfoque flexible. Las autoridades deben dejar claro cuáles son las reglas básicas: qué harán o qué no harán, cuáles son los recursos disponibles y cómo se asignarán. Finalmente, se señaló que, en este planteamiento, la cuestión de quién paga resulta crucial.

Otras consideraciones

Los debates de los talleres se centraron en los diferentes sectores: nuclear, médico y exposiciones existentes. Evidentemente, hay enseñanzas reales concretas para cada sector individual. Además, surgen varios temas comunes importantes que merecen una mayor atención.

En particular, existen similitudes entre la exposición ocupacional y la exposición médica. En el campo médico, los trabajadores tienen un amplio conocimiento de la radiación. Además, los aspectos fundamentales del proceso ALARA están claramente alineados con los atributos más importantes de una cultura de seguridad (radiológica) para los trabajadores y para los pacientes y, por tanto, es probable que se integren mejor en la organización:

- implicar a todas las partes involucradas en la exposición;
- implantar una formación y entrenamiento adecuados;
- mantener un ambiente de trabajo que facilite el diálogo abierto y los desafíos;
- aprender y compartir de las experiencias;
- despertar un fuerte compromiso por parte de la dirección;
- desarrollar un sistema de gestión integrado que proporcione un marco adecuado para la consideración del principio ALARA.

Adicionalmente, se reconoce la necesidad de centrarse en las situaciones de mayor exposición (teniendo en cuenta tanto la dosis individual como la colectiva), prestando especial atención a áreas clave como, por ejemplo, grandes modificaciones de diseño en una instalación nuclear, o en el ámbito médico las dosis en TC y en radioterapia.

Por el contrario, si el público es el aspecto fundamental del proceso de ALARA, la dinámica puede ser muy diferente, especialmente cuando la presencia de la fuente radiactiva es molesta o controvertida. En esos casos, es poco probable que las partes principalmente interesadas tengan un conocimiento adecuado de la radiación y sus efectos (al menos, al comienzo de cualquier proceso) y, a menudo, las situaciones transcurren en un ambiente de "muchísima tensión" con falta de confianza entre las partes. Por este motivo, es necesario centrarse mucho más en el proceso de trabajar conjuntamente, incluyendo el avance hacia un entendimiento común y una mejor comprensión del riesgo radiológico y la radiación en el medio ambiente, en el contexto de otros riesgos y preocupaciones asociados a la situación. Existen cada vez más experiencias de participación de los interesados que pueden servir para abordar con éxito estos desafíos. De hecho, está comprobado que, en determinadas situaciones en las que se requiere una

actuación continuada a más largo plazo, puede ser muy útil trabajar en equipo para desarrollar una "cultura social de protección radiológica".

Sin embargo, en determinadas situaciones de exposición del público, incluyendo, por ejemplo, los vertidos al medioambiente, existen evidencias de que se pone más énfasis en la minimización que en la verdadera optimización. Existe el temor de que se haya perdido o no se haya considerado útil el concepto de "razonabilidad" en el proceso de toma de decisiones, con reticencia a dar un peso significativo a los factores económicos y haciendo demasiado hincapié en el "tan bajo como" en lugar de en el "razonablemente".

Los talleres han puesto de manifiesto una aceptación creciente de la necesidad de considerar más valores, además de las consideraciones sobre "relación calidad-precio" para la sociedad. Se está reconociendo la necesidad de un debate en el que se incluya asegurar el balance entre los valores éticos: dignidad (garantizando la participación de las partes interesadas), prudencia (garantizando un nivel de seguridad adecuado) y beneficio (interpretado, en términos generales, como garantizar el uso más adecuado de los recursos de la sociedad). Es interesante constatar que las consideraciones previas de los análisis coste-beneficio, con un "valor alfa" que define el valor monetario del Sv-persona, tenían como objetivo abordar este aspecto. Aunque los análisis coste-beneficio todavía pueden desempeñar algún papel, la experiencia ha demostrado que normalmente no suponen una contribución predominante a la opinión general de lo que es "razonable". Ofrecer una visión más amplia, que incluya el objetivo de asignar el valor razonable al dinero, continúa siendo un desafío.

Se acepta ampliamente que la optimización de la exposición es un proceso que requiere juicios y que no existe una fórmula única que conduzca a un resultado determinado. Algunas propuestas sugieren que debería haber unos umbrales mínimos, por debajo de los cuales no habría necesidad de considerar la optimización. Hoy por hoy, este planteamiento no cuenta con un amplio respaldo y la mayoría de los expertos cree que deberíamos tratar siempre de ser "razonables" y, por supuesto, parecer "razonables". Sin embargo, existe una preocupación generalizada sobre lo que parece ser una tendencia a administrar "dosis cada vez más bajas". Es preciso que haya un mayor consenso entre todas las partes interesadas sobre la necesidad de centrarse en las dosis más altas, en tanto que se garantice una atención proporcional a las exposiciones menos significativas. Para las exposiciones ocupacionales y médicas más bajas, se debería poner el foco en desarrollar y apoyar una cultura de seguridad que sea efectiva para todos los riesgos. Para las exposiciones del público, no hay mejor opción que el compromiso prudente y empático con todas las partes interesadas relevantes, que reconozca también la necesidad de distribuir adecuadamente los recursos de la sociedad.

CONCLUSIONES/PERSPECTIVAS

El segundo taller (SFRP, 2018), basándose en el estudio de casos prácticos, confirmó y precisó las conclusiones del primero (SFRP, 2017): en todos los sectores, la optimización continúa siendo un desafío que se implementa, como muestra la experiencia, a través de un proceso de deliberación para lograr un compromiso razonable entre todas las partes interesadas. Cada caso es un caso particular.

En vista de las reflexiones llevadas a cabo por de los tres grupos de trabajo, parece posible interpretar la "R" del acrónimo ALARA, es decir, el término *razonable*, de manera específica según la situación. En el sector nuclear, donde la razonabilidad reside principalmente en establecer un balance adecuado en la protección frente a diversos riesgos, la R puede convertirse en H de "holístico", es decir en la inclusión de todos los riesgos en el proceso de optimización. En el sector médico, donde la dificultad de la optimización de la exposición del paciente sigue siendo el poder garantizar una buena imagen para un diagnóstico adecuado, la R de ALARA puede convertirse en D de "diagnóstico". En situaciones de exposición existente, como la exposición al radón, los emplazamientos contaminados en el pasado o las situaciones posaccidentales, la R puede convertirse en Q de "cualitativamente" para ilustrar la importancia de mantener o recuperar una calidad de vida aceptable para todas las personas bajo las circunstancias imperantes. Sin embargo, aunque tales interpretaciones pueden ser útiles en algunas situaciones específicas, no pueden reemplazar el concepto de razonabilidad, que es el principal elemento común en todas ellas.

Se concluye de las reflexiones de los dos talleres que, complementariamente al uso de herramientas clásicas, como los análisis coste-beneficio, la implementación del principio de optimización implica identificar claramente las dificultades que se deben superar para lograr la mejor protección en cada situación. Estas dificultades pueden ser específicas para un tipo de situación de exposición y, en algunos casos, para una situación dada. Adicionalmente, el proceso debería identificar correctamente a las principales partes interesadas y con poder de decisión que deberían estar involucradas, y determinar cómo deberían estarlo. Podría ser necesario un proceso proactivo que

fomente la concienciación, la capacitación y/o la formación. Esta reflexión merece un ulterior desarrollo.

El resumen de estos dos talleres está pensado para ser difundido en todas las sociedades afiliadas a la IRPA, así como en comunicaciones en congresos y artículos. Adicionalmente, se ha previsto en París, en los próximos meses, un taller sobre el tema de la razonabilidad que reúna a las principales organizaciones encargadas de la protección radiológica (ICRP, OIEA, OMS, NEA ...).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean mostrar su agradecimiento a todos los participantes de los dos talleres de París de 2017 y 2018 por su contribución durante los talleres y por la elaboración de este artículo.

REFERENCIAS

- Bourguignon M, Bérard P, Bertho JM, Farah J, Mercat C, Radioprotection Editorial Board. 2017. Radioprotection; what's next? Radioprotection 52(1): 21–28.
- IAEA. 2011. Workforce planning for new nuclear power programmes. IAEA Nuclear Energy Series N°. NG-T-3.10, Vienna.
- ICRP. 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1–3).
- ICRP. 2007. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2–4).
- Schneider T, Lecomte JF, Schieber C, Andresz S, Chambrette V, Le Guen B, Vaillant L. 2017. Synthesis of reflections and conclusions of the SFRP-IRPAworkshop on the reasonableness in the practical implementation of the ALARA principle. Radioprotection 52(4): 259–263.
- SFRP. 2017. Enlace al Primer Taller en la web de la SFRP: <https://www.sfrp.asso.fr/manifestations/manifestations/irpa-workshop-on-reasonableness-in-the-implementation-on-the-alara-principle-.html,9,38,0,0,2823>.
- SFRP. 2018. Enlace al Segundo Taller en la web de la SFRP: <https://www.sfrp.asso.fr/manifestations/manifestations/irpa-workshop-on-reasonableness-in-the-implementation-on-the-alara-principle-.html,9,38,0,0,3102>.
- Yeung AWK. 2019. The "As low as reasonably achievable" (ALARA) principle: a brief historical overview and a bibliometric analysis of the most cited publications. Radioprotection 54(2): 103–109.

Citar este artículo como: Lecomte J.-F., Bannan A., Billarand Y., Bryant P., Cantone M.-C., Coates R., Croft J., Jean-François S., Le Guen B., Schieber C., Schneider T. 2019. Summary of SFRP-IRPA workshops on the reasonableness in the practical implementation of the ALARA principle. Radioprotection 54(4): 277–281.

NOTICIAS de la SEPR

LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La última reunión ordinaria de la Junta Directiva tuvo lugar el 18 de diciembre de 2019 en las oficinas de Grupo Senda, en Madrid, contó con la asistencia de la Junta Directiva al completo, y en representación de la Comisión de Jóvenes, J-SEPR, Cristina Koren.

Durante la misma, el presidente, Ricardo Torres, informó sobre las actividades realizadas en el último trimestre, las relaciones institucionales llevadas a cabo y las propuestas inmediatas, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Creación de una Unidad de Comunicación, la cual se haría cargo del intercambio de información con nuestros socios y con el público en general.
- Se ha recibido un memorando para establecer una cooperación entre LAPRAM y la SEPR.
- Se ha recibido una propuesta de acuerdo OIEA-SEPR. Dicho acuerdo, en su origen, será con el Área de Cooperación Internacional, existiendo la posibilidad de que posteriormente se firmará un nuevo acuerdo con Área Técnica.
- Se presentó y analizó un nuevo procedimiento para solicitar el aval de la SEPR a proyectos de investigación.
- También se presentó un nuevo procedimiento para la concesión de ayudas, becas y premios por parte de la SEPR.
- Se presentaron las propuestas para los Comités Organizador y Científico del próximo Congreso Conjunto de Oviedo de 2021.
- Se mostró el seguimiento del Plan Estratégico 2019-2023. Se están cumpliendo, en fecha, las actividades correspondientes a las diferentes palancas.

A continuación, la vicepresidenta, María Teresa Macías, presentó el seguimiento del Plan de Actividades Científicas de 2019, mostrando un alto grado de cumplimiento del mismo. También expuso la situación actual de los grupos de trabajo, así como los nuevos grupos creados. Por último mostró la propuesta de Plan de Actividades Científicas para el año 2020.

Seguidamente, el secretario general, Juan Diego Palma, comunicó las altas y bajas de socios del último periodo para su aprobación, informó del estado de los acuerdos alcanzados en las reuniones anteriores que se están llevando a cabo por los integrantes de la Junta.

El tesorero, José Campos, presentó el informe económico a fecha 17 de diciembre de 2019, informando de los resultados del Congreso de Burgos y de las aportaciones de los socios colaboradores. Se alcanza un balance superior al de los últimos años debido principalmente a los excelentes resultados económicos del Congreso de Burgos y a la

subvención otorgada a PEPRI. Así mismo mostró el presupuesto para el año 2020.

Finalmente, se propuso mantener una reunión próximamente de representantes de la Junta Directiva con la Comisión J-SEPR con objeto de implementar su participación en las actividades y unidades organizativas de la SEPR.

Marisa Tormo ■

NUEVO PLAN ANUAL DE ACTIVIDADES CIENTÍFICAS 2020

La SEPR tiene como principales objetivos la difusión y desarrollo de la protección radiológica en todos sus ámbitos de aplicación. Promueve además, la colaboración entre los profesionales, mediante la creación de vías de interacción con la sociedad que permitan transmitir con rigor y objetividad los riesgos asociados al uso de las radiaciones y las mejores prácticas de protección.

El Plan Anual de Actividades 2020 (<https://www.sepr.es/sepr/plan-actividades>) contribuye a desarrollar el III Plan Estratégico de la SEPR 2019-2023, que establece cinco "palancas" para el avance de la SEPR en la consecución de sus objetivos: los socios individuales y colaboradores, la imagen, las relaciones institucionales, la colaboración con otras asociaciones profesionales afines y las actividades.

El año 2020 es muy significativo dado que celebraremos el 40º Aniversario de la SEPR y tendrá lugar el Congreso IRPA 15, en Seúl, en el que la Sociedad presentará la candidatura para organizar el próximo IRPA 17 en 2028 en Valencia.

Además, se han programado dos cursos y nueve jornadas técnicas sobre temas de interés para nuestros socios, así como una visita técnica a una instalación singular. Todo ello, junto con nuestra página web, en proceso de actualización y la publicación periódica de la revista RADIOPROTECCIÓN.

REUNIONES INSTITUCIONALES DE LA JUNTA DIRECTIVA

El presidente de la SEPR, Ricardo Torres y la vicepresidenta, M^a Teresa Macías han mantenido las reuniones institucionales indicadas a continuación, con el objetivo de presentar la nueva Junta Directiva de la SEPR y tratar diferentes asuntos relacionados con la Sociedad y las instituciones visitadas. En todas ellas se entregaron copias del Plan Estratégico 2019-2023 de la Sociedad, así como del Plan de Actividades Científicas de 2020.

Consejo de Seguridad Nuclear

El pasado 5 de diciembre de 2019 se celebró una reunión institucional con el CSN a la que asistieron por parte de la SEPR, su presidente y vicepresidenta, como se ha indicado previamente acompañados por M^a Luisa Tormo, actual

vocal de la Junta Directiva y por parte del Consejo, el subdirector de Protección Radiológica Operacional, Javier Zarzuela; la subdirectora de Protección Radiológica Ambiental, M^a Jesús Muñoz; el subdirector de Emergencias y Protección Física, Miguel Calvín; así como la jefa del Gabinete de la Dirección Técnica de Protección Radiológica, excusando su asistencia la directora técnica de Protección Radiológica, María Fernanda Sánchez Ojanguren.

El presidente de la SEPR expuso, en líneas generales, los objetivos establecidos en el Plan Estratégico 2019-2023 y las actividades determinadas para su desarrollo proponiendo identificar sinergias con el Plan Estratégico que está elaborando el CSN.

En relación con el Plan de Actividades Científicas de 2020, los asistentes destacaron la Jornada de PR en la que el CSN es colaborador asiduo, así como la sugerencia hecha por el CSN para que la SEPR organice una Jornada de Emergencias. Se revisó el estado de los Foros, la formación en PR y el proceso de transposición de la Directiva 2013/59, todavía, en curso. La reunión se consideró positiva y finalizó señalando la importancia de mantener la misma línea de cooperación y profesionalidad a través de los canales de comunicación establecidos entre ambas instituciones.

Enresa

El día 12 de diciembre se realizó una reunión institucional con Enresa, a la que asistieron en representación de la SEPR, su presidente y vicepresidenta, acompañados por el tesorero, José Campos, que fueron atentamente recibidos por el presidente de Enresa, José Luis Navarro Ribera, y la directora de Desarrollo Corporativo de dicha empresa, Lorena Segura.

En la reunión se agradeció al presidente de Enresa la colaboración y el patrocinio que realiza dicha empresa para las actividades científicas de nuestra Sociedad. Durante la misma, el presidente de Enresa mostró su interés por la Sociedad, sus socios, actividades, etc.



Entre los temas tratados, se habló de la Expo-PR instalada en un espacio del Centro Tecnológico Mestral, en Tarrago-

na, presentando la idea de la SEPR de crear un catálogo virtual de los equipos existentes en dicha exposición y hacerlo accesible en la web de la Sociedad, con el objetivo de dar visibilidad a dicha exposición. La propuesta fue bien acogida y se ha emplazado a una reunión para tratar esta tarea. En línea con este tema, el presidente de la SEPR planteó la posibilidad de organizar la reunión de marzo de 2020 de la Junta Directiva de la Sociedad en el Mestral y ver *in situ* la actual situación de la Expo-PR. La iniciativa fue aceptada por el presidente de Enresa, indicando que se harán las gestiones oportunas para ello. Antes de finalizar la reunión, el presidente de la SEPR propuso a Enresa su futura colaboración para el Congreso de Oviedo que tendrá lugar en 2021.

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

El 17 de diciembre de 2019 tuvo lugar una reunión institucional en CIEMAT, a la que asistieron por parte de la SEPR, su presidente y vicepresidenta acompañados por Danyl Pérez, vocal de la Junta Directiva y Ana Romero, representante de la SEPR en el Comité Técnico de Normalización, CTN 73: energía nuclear, tecnologías nucleares y protección radiológica, de la Asociación Española de Normalización UNE y por parte del CIEMAT, su director general, Carlos Alejalde Losilla, la directora del Departamento de Medio Ambiente, Yolanda Benito Moreno y el jefe de la División de Medio Ambiente Radiológico, José M^a Gómez Ros.

Como en anteriores ocasiones, la reunión se desarrolló en un ambiente de cordialidad, se recordaron los numerosos lazos que unen a las dos instituciones destacando la importancia que la colaboración mutua tiene para ambas entidades considerando la afinidad de sus objetivos.

Entre los temas tratados, el presidente de la SEPR planteó la posible colaboración en temas de formación en PR entre el CIEMAT y la Sociedad, iniciativa que fue bien recibida por el director general y manifestó la intención de CIEMAT de contribuir con un stand en el próximo Congreso de la SEPR, que se celebrará en Oviedo en 2021.

Durante la reunión, ambas partes expresaron su voluntad de seguir trabajando conjuntamente en los temas de interés común y de mantener la estrecha relación existente de cara al futuro.

Marisa Tormo, M^a Teresa Macías y José Campos ■

REUNIÓN DE LA COMISIÓN DE ASUNTOS INSTITUCIONALES (CAI)

El 20 de enero de 2020, tuvo lugar, en el CSN, la reunión de la Comisión de Asuntos Institucionales (CAI) de la SEPR. Inició la reunión el presidente de la SEPR, Ricardo Torres, con el Plan Estratégico de la SEPR 2019-2023, indicando las actuaciones programadas para 2020 que permitirán desa-

rollar las actividades establecidas en el dicho documento, entre ellas cabe destacar el análisis crítico sobre el estado de la PR en España que realizará la CAI con objeto de identificar debilidades y fortalezas de esta disciplina en diferentes áreas profesionales. Dicha comisión ha constituido un grupo de trabajo para llevar a cabo el seguimiento del PE-SEPR que será coordinado por Pío Carmena.

Seguidamente, el presidente mostró los buenos resultados derivados del Congreso de Burgos, celebrado el mes de junio del año pasado, destacando el nivel científico y la elevada participación, indicando que los resultados de las encuestas realizadas por la Sociedad durante dicho Congreso se pondrán en la web para conocimiento de los socios. En relación con el próximo Congreso Conjunto SPER-SEFM, que se celebrará en Oviedo en 2021, comunicó que en el mes de febrero se realizará la primera reunión del grupo mixto para iniciar la organización de dicho evento.

A continuación, el presidente informó a los asistentes sobre las reuniones institucionales celebradas el pasado diciembre cuyo resumen está recogido en páginas anteriores.

Siguiendo el orden del día, el presidente expuso las tareas en curso relativas a la candidatura de la SEPR para organizar en Valencia, el IRPA 17 en 2028 que será presentada en la Asamblea General de IRPA durante el Congreso IRPA 15 en Seúl el próximo mes de mayo. Se ha constituido un grupo de trabajo *ad hoc* coordinado por Eduardo Gallego como futuro presidente del IRPA 17, para elaborar la presentación de la candidatura, gestionar cartas de apoyo institucional y preparar el material de difusión relativo a la misma que será entregado en el congreso de Seúl.

Tras este apartado, el presidente puso en conocimiento de la CAI las gestiones que está realizando la Junta Directiva para constituir una Unidad de Comunicación de la SEPR siendo el objetivo fundamental de la misma la respuesta ágil y rápida de la Sociedad ante cualquier situación y/o tema relacionado con la PR.

Este año la SEPR celebra su 40º Aniversario; con este motivo se realizará una jornada conmemorativa de dicho aniversario. El contenido de la misma, así como las posibles fechas de realización fueron analizadas por la CAI antes de finalizar la reunión.

Ricardo Torres, Mª Teresa Macías ■

RESULTADOS DE LA ENCUESTA SEPR-BURGOS 2019

Con el objetivo de la mejora continua de nuestra SEPR, durante el congreso de Burgos celebrado el pasado mes de junio, se realizaron encuestas dirigidas tanto a los socios como a aquellas personas presentes en el congreso que no pertenecían a la SEPR. Se aplicaron dos cuestionarios, uno dirigido a los socios SEPR y otro a los no socios.

Se recogieron 91 encuestas cumplimentadas, 58 de ellas de socios y 33 de no socios.

La distribución de respuestas correspondiente a los diferentes sectores de la sociedad se refleja en la siguiente tabla:

	Socios SEPR	No socios
Investigación, docencia	29	5
Sanitario	13	19
Industria, energía y medioambiente	9	7
Regulador	5	2
Actividades técnicas y comerciales	2	-

Respuestas obtenidas de los socios SEPR

Participas en alguna de las actividades de la SEPR?	36 afirmativas
Actividades	GT, revista, Congreso, Foros, redes, publicaciones,
¿Estarías dispuesto a colaborar más activamente en la SEPR?	35 afirmativas
¿En qué?	GT, formación, divulgación
¿Crees que hay aspectos en los que la SEPR debería mejorar?	24 afirmativas
¿Cuáles?	Comunicación al público, visualización, rapidez en respuestas mayor variedad de curso, Bolsa de trabajo, redes sociales, captación socios jóvenes, mayor apertura, etc
¿Conoces las actividades que la Comisión de Jóvenes (J-SEPR) lleva a cabo?	7 afirmativas

Respuestas obtenidas de los no socios SEPR

¿Conoces las actividades que realiza la SEPR?	18 afirmativas
¿Consideras que pertenecer a la SEPR puede contribuir a mejorar tus conocimientos en protección radiológica?	26 afirmativas
¿Por qué?	Ampliar conocimientos, información
¿Quieres hacerte socio de la SEPR?	11 afirmativas
¿Conoces las actividades que la Comisión de Jóvenes (J-SEPR) lleva a cabo?	2 respuestas afirmativas

Mª Teresa Macías.
Jefa del Servicio de PR del Instituto de Investigaciones Biomédicas CSIC-UAM ■

COOPERACIÓN ENTRE LA SEPR Y LAMPRAM

El presidente de la Red Latinoamericana de Protección Radiológica en Medicina (Red LAPRAM), Eduardo Medina Gironzini y el presidente de la SEPR, Ricardo Torres Cabrera, firmaron hace pocos días un importante memorando de cooperación, aprovechando el interés de ambas organizaciones en impulsar la colaboración bilateral en protección radiológica en el ámbito sanitario.



La cooperación prevista en este memorando podrá abarcar distintas actividades, entre las que se podrían destacar el intercambio de información, la realización de proyectos en áreas de interés común, la participación en grupos de trabajo o en proyectos desarrollados por la otra parte, la elaboración y/o edición de publicaciones conjuntas, la realización de actividades conjuntas de difusión y divulgación, la colaboración y/o intercambio en metodologías y herramientas de análisis y cálculo aplicables en protección radiológica, la colaboración y/o intercambio en materia de tecnologías de educación, la formación y entrenamiento, la colaboración para promover y facilitar el intercambio de profesionales entre Latinoamérica y España, y la promoción de la difusión de las actividades y noticias de cada parte a través de las herramientas y medios de comunicación y difusión de la otra parte.

Comité de redacción ■

EL PLENO DEL CSN RECIBE A LA NUEVA JUNTA DIRECTIVA DE LA SEPR

El Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) recibió el pasado día 3 de marzo, en la sede del organismo regulador, al presidente y la vicepresidenta de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), Ricardo Torres Cabrera y Teresa Macías, respectivamente.

Durante el encuentro estuvieron acompañados por el secretario general del CSN, Manuel Rodríguez Martí, el director técnico de Seguridad Nuclear, Rafael Cid, y la directora técnica de Protección Radiológica, M^a Fernanda Sánchez Ojanguren.

Los asistentes de la SEPR presentaron al regulador su nueva junta directiva y explicaron su Plan Estratégico 2019-2023 en el que se reflejan las actividades que llevarán a cabo. Ricardo Torres destacó que este año se cumple el 40º aniversario de la SEPR y que presentarán en Seúl, durante la celebración en mayo del 15º Congreso Internacio-

nal de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA), su candidatura para organizar en España la edición de este evento en 2028, que contará con el apoyo del CSN.

Durante el encuentro, ambas instituciones valoraron la posibilidad de firmar un Convenio Marco de Colaboración para impulsar las actuaciones conjuntas y mejorar la calidad de la protección radiológica en España.

En el trabajo que dichas instituciones desarrollan merece una mención especial los tres foros de cooperación que mantienen en el ámbito sanitario, en el sector de la radiografía industrial y con las Unidades Técnicas de Protección Radiológica de los trabajadores, pacientes y de los ciudadanos en general.



Así mismo, hay que destacar la labor de ambas en la organización de jornadas y seminarios técnicos con la comunidad de protección radiológica y la intensa colaboración en grupos de trabajo para elaborar comentarios a documentos de carácter internacional -como las publicaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)-, o en los procesos de transposición de las directivas europeas.

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) es una asociación de carácter científico y técnico cuya función es la promoción científica y la divulgación de la protección radiológica. Desde 1980 la SEPR ofrece un espacio de diálogo, información y participación entre sus asociados, la sociedad en su conjunto y las empresas e instituciones, públicas y privadas, relacionadas con el uso pacífico de las radiaciones ionizantes.

Consejo de Seguridad Nuclear ■

NOTICIAS de ESPAÑA

EL CSN APRUEBA LAS ACTUACIONES DEL ORGANISMO EN RELACIÓN CON EL PLAN NACIONAL CONTRA EL RADÓN

El 11 de diciembre de 2019 el Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear informó favorablemente la propuesta de actuaciones que llevará a cabo el organismo regulador relativa al Plan Nacional contra el Radón. Estas actuacio-

nes están centradas en evaluar la exposición al radón, promover la fiabilidad y la calidad de las determinaciones de radón, y reducir las exposiciones ocupacionales al radón.

Las actuaciones para desarrollar estos objetivos serán las siguientes:

- Desarrollar y actualizar el mapa del potencial de radón en España y coordinar e integrar los mapas de radón a escala regional o local.
- Estudiar las contribuciones a la dosis de radón del agua de suministro público y de los materiales de construcción.
- Organizar intercomparaciones periódicas de la medida de radón en aire.
- Valorar y mejorar las estrategias de muestreo temporal utilizadas para comparar el promedio anual de la concentración de radón y el nivel de referencia.
- Facilitar la aplicación de la publicación 137 parte 3 (https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_46_3-4) de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) a la evaluación de dosis por radón en lugares de trabajo con condiciones extremas.

El CSN participará también como colaborador en diversas actuaciones impulsadas y coordinadas por otros organismos dentro del Plan Nacional contra el Radón.

Comité de redacción ■

TALLER REGIONAL DEL OIEA SOBRE DOSIMETRÍA INTERNA EN EL CIEMAT

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), en cooperación con el Gobierno de España, ha organizado un Taller Regional sobre Dosimetría Interna que se llevó a cabo durante 2 semanas en el CIEMAT, Madrid, del 10 al 20 de diciembre de 2019, en el marco del proyecto de cooperación técnica RER9149 *Improving the Radiation Protection of Workers Occupationally Exposed to Ionizing Radiation* del OIEA. Un total de 32 asistentes, principalmente de Europa del Este, y un representante español, participaron activamente en el taller configurado como acción formativa junto con una mesa redonda a modo de clausura. Entre los asistentes se encontraban tanto trabajadores de laboratorios de dosimetría externa e interna, como expertos en protección radiológica y miembros de organismos reguladores nacionales.

El taller fue organizado por el Grupo de Dosimetría Personal Interna (DPI) del CIEMAT contando con el apoyo de la División de Relaciones Internacionales y Cooperación Técnica de este centro. Además, durante la primera semana se contó con el responsable de Dosimetría Interna del KIT (Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Alemania) como experto externo, representando a la OIEA. Los ponentes (DPI-CIEMAT y KIT) presentaron todos los aspectos relacionados con la medida de la exposición interna y con la estimación de la dosis efectiva comprometida E(50) a

partir de métodos directos de medida de actividad en Contadores de Radiactividad Corporal (CRC), y de métodos indirectos de medida de la concentración de actividad en aire (muestreadores) o en muestras biológicas (excretas analizadas en laboratorios de bioensayo *in vitro*). La segunda semana del taller se abordaron aspectos prácticos de la dosimetría interna, y el personal del DPI-CIEMAT impartió prácticas en los laboratorios del Contador de Radiactividad Corporal y de Bioeliminación. Además, se realizaron ejercicios de estimación de la incorporación y de la dosis en casos seleccionados que contemplaban escenarios de interés de incorporación de radionucleidos al organismo en lugares de trabajo.



El último día se celebró una mesa redonda en relación a otros aspectos de interés en la dosimetría interna no considerados en profundidad durante el curso. Entre los ponentes se seleccionaron dos participantes del taller: (1) Sergii Masiuk (Nat. Research Centre for Radiation Medicine, Ucrania) presentó la reconstrucción de las dosis recibidas por trabajadores y público a raíz del accidente de la central nuclear de Chernobyl que tuvo lugar en 1986 y (2) Laura Antra Grikke (Riga East Univ. Hospital, Letonia) expuso el estado del arte en procedimientos de medicina nuclear con radiofármacos. Además, dos ponentes españoles presentaron su experiencia en temas de interés seleccionados por los participantes: (1) el Banco Dosimétrico Nacional (BDN) presentado por Marisa Tormo y (2) las Unidades Móviles de CRC de TECNATOM, con aplicación en rutina, en simulacros de emergencia y en situaciones de incidente radiológico en España, presentación a cargo de Borja Bravo.

Los asistentes al curso participaron activamente en el mismo, pudiéndose además completar el objetivo de generar redes de colaboración entre los profesionales de la dosimetría de las radiaciones ionizantes, fundamentalmente en Europa del Este, pero no solo en el marco de la protección radiológica para escenarios de exposición interna ocupacional sino también en distintos ámbitos (industrial, médico, de regulación, accidente...).

María Antonia López, Carolina Hernández, Juan Francisco Navarro, Begoña Pérez e Inmaculada Sierra.
Dosimetría Interna, CIEMAT. ■

XXVI JORNADA ANUAL DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

El pasado mes de diciembre, tuvo lugar en el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) la 26ª Jornada sobre Vigilancia Radiológica Ambiental, cuyo principal objetivo fue la presentación de los resultados de la última campaña del programa anual de ejercicios de intercomparación interlaboratorios que organiza el CSN, con el apoyo técnico de la Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica del CIEMAT (URAYVR) y el Laboratorio de Radiología Ambiental de la Universidad de Barcelona.

En esta ocasión se presentaron los resultados de la campaña quinquenal sobre la medida de la radiación gamma ambiental, llevada a cabo en 2019, y los de la campaña anual de intercomparación analítica de 2018 para la medida de radionucleidos en muestras de leche de 2018, en la que, además, se analizó la capacidad de los laboratorios para presentar resultados fiables en un plazo de tiempo corto, como correspondería a una situación de emergencia.

La presentación de la reunión corrió a cargo de la directora técnica de Protección Radiológica del CSN, María Fernanda Sánchez Ojanguren, quien, tras dar la bienvenida a los más de 80 asistentes, dio paso a las diferentes intervenciones.



Para la inauguración se contó con la presencia del presidente del CSN, Josep Maria Serena i Sender, quien agradeció el esfuerzo y la colaboración de todos los allí presentes en el avance y mejora de la calidad en las medidas de radiactividad ambiental.

Seguidamente, María Jesús Muñoz, subdirectora de Protección Radiológica Ambiental del CSN, anunció la próxima campaña de intercomparación para la medida de radón en aire prevista para 2020 e informó de las líneas de trabajo futuras en esta materia derivadas de la transposición de la Directiva 2013/59/EURATOM.

A continuación, Néstor Cornejo, del Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes (LMRI) del CIEMAT, presentó los resultados de la campaña de intercomparación analítica de 2019, referente a las medidas de radiación

gamma ambiental y Óscar González, de la Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica (URAYVR) del CIEMAT, expuso los principales resultados de la campaña de intercomparación analítica de muestras de leche de 2018. Ambos concluyeron sus interesantes presentaciones destacando los resultados satisfactorios generales e introdujeron el debate entre los asistentes, del que se obtuvieron conclusiones y propuestas de aplicación para próximas campañas.

Finalmente, Carmen Rey, jefa del Área de Vigilancia Radiológica Ambiental (AVRA) del CSN, completó el contenido técnico de la jornada informando a los asistentes del estado de la intercomparación actualmente en curso y de las previsiones para las campañas del próximo año.

Comité de redacción. ■

BANCO NACIONAL DE DOSIS A PACIENTES



El 17 de diciembre se celebró en la sede de los servicios centrales del Instituto Nacional de Gestión Sanitaria (INGESA), la reunión de arranque del Grupo de Trabajo de Física Médica del proyecto de creación del Banco Nacional de Dosis a Paciente.

El objeto del proyecto es la creación de un repositorio normalizado, dentro del Ministerio de Salud, Consumo y Bienestar Social (MSCBS) y gestionado por el Centro Nacional de Dosimetría, que recoja los Indicadores de Dosis a Pacientes registrados en las diversas instituciones que componen el Servicio Nacional de Salud, con el fin de mejorar la seguridad del paciente y la calidad del servicio en lo relativo a las radiaciones ionizantes en uso médico.

La reunión contó con la asistencia de destacados miembros de las principales sociedades implicadas (SEPR, SEFM, SERAM, SEMNIM, SEOR), además de representantes del Consejo de Seguridad Nuclear y de importantes instituciones académicas y sanitarias de todo el ámbito nacional.

María Gracia, Centro Nacional de Dosimetría. ■

NUEVA JUNTA DIRECTIVA DE WOMEN IN NUCLEAR ESPAÑA

Women in Nuclear España ha renovado su Junta Directiva, que será encabezada por Susana Falcón, en sustitución de Matilde Pelegrí, tras la celebración de la última asamblea

general de la organización. La Junta Directiva de la SNE ha ratificado la composición de esta nueva Junta, que contará con María Luz Tejeda como vicepresidenta, Patricia Cuadrado como secretaria general, Rosa González como tesorera, Amparo Soler como responsable de comunicación y contará como vocales con Adoración Arnaldos, Ana Cortés y Matilde Pelegrí.

WiN España tiene un doble objetivo, por un lado, divulgar la realidad de la ciencia y la tecnología nuclear a la sociedad en su conjunto, especialmente al colectivo femenino, cuyo papel como generador de opinión es clave y, por otro, potenciar una red de mujeres profesionales que desarrollan su actividad en las distintas aplicaciones de las radiaciones ionizantes: generación de energía eléctrica, ingeniería, protección radiológica, medicina, servicios industriales y comunicación, entre otros. Desde WiN se busca, en definitiva, difundir la tecnología nuclear y su contribución a la sociedad, promover la transferencia de conocimiento y experiencia, e incentivar el interés por la formación científico-técnica, especialmente entre las nuevas generaciones de niñas y jóvenes.



Entre las metas para esta nueva junta directiva están: trabajar para fomentar la participación activa de las mujeres del sector nuclear, impulsar el crecimiento de WiN España consolidando su imagen de asociación de referencia para la atracción del talento femenino, impulsar la comunicación tanto interna como externa, y alcanzar sinergias con otras asociaciones profesionales donde compartir experiencias y *networking*.

WiN España forma parte de WIN Global, asociación internacional que engloba a las mujeres profesionales del sector y que cuenta con más de 35.000 miembros en más de 100 países. Adicionalmente, WiN España es una Comisión de la Sociedad Nuclear Española, que agrupa a los profesionales del sector nuclear en España.

WiN representa un claro apoyo a la necesidad de divulgación y, sin duda, promoción y visibilización del trabajo de muchas mujeres en el sector nuclear.

Susana Falcón.
Presidenta de Women In Nuclear (WiN) ■

NOTICIAS del MUNDO

REUNIÓN 9ª DEL COMITÉ EPRESC DEL OIEA

El Comité de Normas sobre Preparación y Respuesta frente a Emergencias Nucleares y Radiológicas (EPreSC, por sus siglas en inglés) del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) está constituido por un grupo de expertos en emergencias, tanto en preparación como respuesta, que asesoran al OIEA sobre el programa para el desarrollo y la revisión de las normas relacionadas con los mismos. Su objetivo es conseguir un adecuado consenso, calidad, coherencia y consistencia en el desarrollo de normas internacionales sobre planificación, preparación y respuesta frente a emergencias nucleares o radiológicas.

Entre los días 3 y 5 de diciembre de 2019 se celebró en la sede del OIEA, en Viena, la 9ª reunión de este Comité, a la que asistió Alfredo Mozas García como representante de España.

Durante la reunión de EPreSC se aprobó la remisión al Comité de Normas de Seguridad (CSS) del OIEA de tres guías, entre las que destaca una sobre preparación y respuesta frente a emergencias nucleares o radiológicas en el transporte de material radiactivo, así como la remisión a los Estados miembros para comentarios de otras dos guías adicionales.

Así mismo, el Secretariado del OIEA aportó información sobre las actividades llevadas a cabo por el Organismo en relación con el desarrollo de otros documentos de la colección EPR-Series, de un carácter inferior a las guías de seguridad, pero de un muy elevado nivel técnico. También se realizaron las presentaciones, por parte de sus representantes en el Comité de los planes de emergencia en Emiratos Árabes Unidos, Irlanda y Suecia.

Toda la documentación de la reunión 9ª de EPreSC puede encontrarse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/3cqQMHP>

Alfredo Mozas García (CSN).
Representante de España en el Comité EPreSC del OIEA. ■

REUNIÓN 47ª DEL COMITÉ RASSC DEL OIEA

El Comité de Normas sobre Protección Radiológica (RASSC, por sus siglas en inglés) del OIEA está constituido por un grupo de expertos en protección radiológica que asesoran al OIEA sobre el programa para el desarrollo y la revisión de las normas relacionadas con esta disciplina. Su objetivo es conseguir un adecuado consenso, calidad, coherencia y consistencia en el desarrollo de normas internacionales sobre protección radiológica.

Entre los días 20 y 22 de noviembre de 2019 se celebró en la sede del OIEA, en Viena, la 47ª reunión del Comité RASSC, a la que asistió Carmen Álvarez García como representante de España en este Comité.

Durante la reunión de RASSC se aprobó la remisión al Comité de Normas de Seguridad (CSS) del OIEA de una guía sobre procesos de remediación de áreas afectadas por actividades pasadas y accidentes, sobre la que también deben pronunciarse los Comités WASSC y EPRESC, así como la remisión a los Estados miembros para comentarios de otras dos guías sobre la seguridad en el manejo de material fisionable en instalaciones nucleares. Estas dos guías también deben ser aprobadas por los otros 5 Comités de normas de seguridad del OIEA (EPRESC, NUSC, TRANSSC, WASSC y NSGC). Así mismo, se aprobó la remisión al CSS de dos propuestas de guías de seguridad para su aprobación, y para dar comienzo a la elaboración del borrador cero de la misma.

Adicionalmente, el Secretariado del OIEA informó sobre el estado de desarrollo de la revisión de sendas guías sobre la aplicación de los conceptos de exención y desclasificación, así como sobre el desarrollo de una serie de documentos en elaboración.

Por otro lado, hubo una sesión monográfica sobre Imágenes no médicas, referente a actividades como: el uso de radiaciones ionizantes para la detección de drogas en contenedores o en el cuerpo humano, conocimiento de la edad para la identificación de menores, medicina deportiva, etc, y los aspectos éticos de estas prácticas.

Finalmente, por parte del secretariado de la OIEA, se informó sobre el desarrollo de diferentes *workshop* y Conferencias celebrados en otros continentes.

Toda la documentación de la reunión 47ª de RASSC puede encontrarse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/38dlbVh>

Carmen Álvarez García (CSN).
Representante de España en el Comité RASSC del OIEA. ■

REUNIÓN 46ª DE LA COMISIÓN DE NORMATIVA DE SEGURIDAD DEL OIEA

Cada semestre se celebra en Viena una reunión de la Comisión de Normativa de Seguridad, en inglés CSS, Commission on Safety Standards. La CSS es un órgano de representantes de los Estados miembros que sostienen responsabilidades nacionales para el establecimiento de normas y otros documentos normativos relacionados con la seguridad nuclear, protección radiológica, transporte y seguridad de residuos radiactivos, y para la preparación y respuesta a emergencias. La CSS tiene un papel de visión general con respecto a las normas de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y proporciona información al Director General (DG) del OIEA sobre el programa de aspectos reglamentarios de seguridad nuclear.

Este año, la segunda reunión de la CSS se ha celebrado del 17 al 19 de diciembre de 2019 en el OIEA, y a ella acudió el consejero Javier Dies, quien fue designado por el anterior director general del OIEA, Y. Amano, como miembro de la Comisión de Normativa de Seguridad.

La participación de un alto cargo del CSN en las reuniones de la CSS se considera esencial para participar de forma efectiva en la toma de decisión relativa a la elaboración de la normativa de seguridad del OIEA. En este sentido, la representación del CSN en la CSS también sirve para fijar su estrategia, en particular, en lo que se refiere a los *policy issues* que se tratan y que pueden tener un impacto significativo en las actividades del CSN. Además, la CSS es un foro intercambio de buenas prácticas internacionales en lo que se refiere a la utilización de normativa de seguridad del OIEA, y permite conocer las distintas actividades que se coordinan por el OIEA en este ámbito. Para garantizar la defensa de los intereses de España, resulta necesario que exista una posición coordinada entre los representantes del Consejo en cada comité especializado y el alto cargo que ostenta la representación en la CSS.

La reunión se desarrolló siguiendo la metodología habitual. En primer lugar, se pusieron de manifiesto las actividades llevadas a cabo en los diferentes comités que forman parte de la Comisión; el Comité de Normativa de Seguridad Nuclear (NUSC), de Transporte (TRANSSC), de Preparación y Respuesta a Emergencias (EPRESC), de Residuos Radiactivos (WASSC) y de Protección Radiológica (RASSC), además del Comité de Seguridad Física, en los que, por otra parte, participan activamente técnicos del CSN de amplia experiencia y reconocido prestigio en las áreas correspondientes.

Seguidamente, se presentaron para aprobación la revisión de cuatro guías de seguridad, tres de ellas relacionadas con el transporte de material radiactivo y una sobre la protección contra los riesgos internos en el diseño de centrales nucleares. Además, se requirió la aceptación de la Comisión para continuar con los trabajos previos para la elaboración de diferentes guías, entre las que destacan las vinculadas al liderazgo, gestión y cultura de la seguridad, la protección de los trabajadores expuestos frente al radón y la seguridad de instalaciones nucleares por ataques humanos o riesgos sísmicos. Los principales resultados de esta CSS-46 fueron los siguientes:

- **Identificación de prioridades para el próximo mandato de la CSS:** se debatieron las recomendaciones de alto nivel para el próximo periodo (*7th term*), que se aprobarán a finales de enero 2020, una vez se hayan incluido los comentarios de los Estados miembros.
- **Seguimiento del Estudio de Seguridad** que permite dar, específicamente, directrices prácticas sobre cómo aplicar algunos conceptos del informe de UNSCEAR 2012.
- **Debate y seguimiento de varios *policy issues*** que en la actualidad son objeto de discusión y son esenciales en la construcción de un adecuado régimen global de seguridad. Por su interés, cabe destacar la aportación de Javier Dies a los siguientes temas:
 - *Small Modular Reactors (SMR): "los organismos reguladores deberían seguir de forma proactiva el desarrollo del diseño de este tipo de reactores, antes de que se*

produzca la aplicación formal de la solicitud para su construcción.”

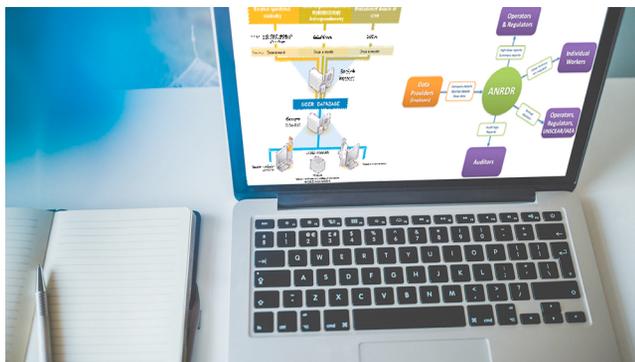
- **Accident Tolerant Fuel (ATF):** “se deberían establecer las bases normativas a nivel internacional para el licenciamiento de combustibles avanzados, por ejemplo, aquellos que pudieran tener grados de quemado en el rango del 5 al 10%”.
- **Radón:** “resulta importante que los Estados miembros definan claramente las competencias de cada institución con funciones relativas a la protección radiológica ante el radón. Por ejemplo, en el proceso de inspección un primer nivel de inspección lo podría realizar el ministerio de trabajo (realiza medidas de nivel de luz, ruido, ventilación, protecciones mecánicas, EPI, etc), y para aquellos lugares, donde se han detectado concentraciones de radón más elevadas, y como segundo nivel de inspección participar el organismo regulador. Además, recomienda que la medida de radón la realicen laboratorios que estén acreditados.”

Toda la documentación sobre esta reunión de la CSS, así como de las anteriores se puede encontrar en el siguiente enlace: <http://www-ns.iaea.org/committees/css/>

Javier Dies (CSN, consejero).
Representante de España en la Comisión de Normativa de Seguridad (CSS) del OIEA. ■

WEBINAR OIEA. BANCOS NACIONALES DE DOSIS. EL PUNTO CENTRAL DE LOS REGISTROS SOBRE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

El día 17 de diciembre de 2019 tuvo lugar el webinar *Bancos nacionales de dosis – punto de encuentro de los registros sobre la exposición ocupacional*, conducido por Cameron Lawrence (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency - ARPANSA), Juliette Feuardent (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire - IRSN) y Govert de With (Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities - HERCA).



La vigilancia individual de la exposición de los trabajadores a la radiación y el registro de sus datos dosimétricos son elementos claves de los programas de protección radiológica

ocupacional en el ámbito nacional. La normativa y recomendaciones del OIEA (No. GSR Parte 1 (Rev.1) y No. GSR Parte 3) describen las características de estos programas e incluyen requisitos para el mantenimiento de los registros sobre exposición ocupacional de los trabajadores por parte del organismo regulador (en un registro estatal) y por parte del empleador y/o titular de las prácticas.

Muchos Estados miembros tienen registros nacionales de dosis que contienen los datos dosimétricos de los trabajadores. Dichos registros o bases de datos permiten la optimización de la protección y ayudan a garantizar el cumplimiento de los límites de dosis a nivel nacional. La Guía general de seguridad y protección radiológica ocupacional del OIEA (No. GSG-7) señala que un registro típico contiene datos personales, laborales y dosimétricos para todos los trabajadores expuestos ocupacionalmente en el país.

En general, los registros nacionales de dosis tienen como objetivos principales los siguientes:

- Asistir a las autoridades nacionales en el control y la custodia de los registros de dosis ocupacionales.
- Permitir realizar análisis estadísticos sobre la exposición ocupacional.
- Colaborar en el control regulador de las sobreexposiciones.
- Contribuir a la investigación en ciencias de la salud y al conocimiento científico sobre los riesgos de la exposición ocupacional a la radiación.
- Proporcionar historiales de dosis a trabajadores y organizaciones individuales para la planificación del trabajo y para casos de compensación y litigios.

Durante sus presentaciones, los ponentes presentaron las plataformas nacionales existentes en Australia, Francia y Países Bajos, describiendo sus principales características y estructura, la información contenida (tipos de dosis registradas, categorías ocupacionales, etc.), y el tipo de informes que se pueden obtener con fines estadísticos y epidemiológicos. Asimismo, describieron las responsabilidades en el envío y mantenimiento de los datos y el funcionamiento de los módulos específicos para la gestión de las sobreexposiciones.

Un aspecto importante que también fue abordado fue el hecho de que todas estas actividades relacionadas con la explotación de los datos que contienen los registros nacionales están condicionadas por los requisitos de confidencialidad a los que está sujeta la información.

Por último, se reservó un tiempo para que los participantes en el webinar formularan preguntas a los ponentes, quienes fueron respondieron a algunas de las cuestiones hasta que concluyó el evento.

El fichero de la grabación completa de la sesión y las presentaciones en pdf de cada uno de los ponentes están a disposición de los interesados en el siguiente enlace (<https://bit.ly/39jgHyM>).

Mª Luisa Tormo, CSN. ■

PROYECTOS de I+D

CELEBRADO EL TALLER FINAL DE DISEMINACIÓN DEL PROYECTO CONFIDENCE

Entre el 2 y el 5 de diciembre pasado se celebró en Bratislava, Eslovaquia, el Taller final de diseminación del proyecto europeo CONFIDENCE (*Coping with uncertainties for improved modelling and decision making in nuclear emergencies*). El proyecto tenía como principal objetivo identificar, comprender y buscar, en la medida de lo posible, la reducción de las incertidumbres que pueden presentarse durante la toma de decisiones en las fases de amenaza, respuesta temprana y transición de una emergencia nuclear o radiológica. Comenzó en enero de 2017, como parte del Programa Conjunto Europeo EJP CONCERT (EC GA 662287), reuniendo a 31 socios de 18 países, entre los que se encontraban miembros de las cinco plataformas europeas de protección radiológica (PR), ALLIANCE, EURADOS, MELODI, NERIS y SHARE. El programa de trabajo, con un enfoque multidisciplinar, se ha repartido entre cinco paquetes de trabajo (WP) técnico, además de uno dedicado a formación y capacitación. España ha estado representado por CIEMAT (WP2, WP3, WP5, WP7 y liderazgo del WP4) y la Universidad de Extremadura (WP3).

Los resultados obtenidos en estos 6 WP, al final del proyecto, se han presentado en este taller de diseminación, organizado por VUJE (Eslovaquia). Ha contado con la participación de alrededor de 90 personas, entre científicos, decisores, usuarios finales y representantes de varias organizaciones internacionales, implicados o interesados en la preparación y gestión de la emergencia y recuperación posaccidente. Los objetivos de este taller fueron:

- Diseminar el conocimiento adquirido y demostrar el funcionamiento de los modelos, métodos, aproximaciones, manuales, recomendaciones y otras herramientas, desarrollados en el proyecto.
- Recoger las reacciones de los usuarios finales, de las organizaciones internacionales y de las plataformas de PR invitadas. Y considerar sus comentarios y demandas sobre futuras investigaciones y mejoras de esos productos para alimentar el desarrollo de las Agendas Estratégicas de Investigación de las distintas plataformas y el planeamiento de una hoja de ruta común a todas ellas.

Dada la complejidad de las áreas de investigación y estudios llevados a cabo, así como la variedad de herramientas y métodos desarrollados bajo el proyecto CONFIDENCE, en este taller se ha buscado una forma atractiva e interactiva de presentar los resultados. Una novedosa disposición de los participantes, en grupos de trabajo alrededor de una mesa, ha permitido establecer discusiones específicas y diferenciadas en cada uno de ellos, facilitando una mayor y más amplia implicación de los participantes en

las discusiones. Esto ha resultado, también, muy positivo para extraer más comentarios y sugerencias de todos. Por otro lado, cada WP se ha constituido como un bloque temático, abordando diferentes aspectos de la gestión de la respuesta en emergencia: *Early phase modelling* (WP1), *Updated radiological situation* (WP2), *Food chain improvements* (WP3), *Development of countermeasure strategies involving stakeholders* (WP4), *Interaction among stakeholders: Public and decision-makers* (WP5) y *Decision making under uncertainties* (WP6). Un mismo escenario hipotético accidental ha servido como base de trabajo e hilo conductor entre estos bloques, estructurando el programa del Taller como un proceso de toma de decisiones a lo largo de las diferentes etapas de la respuesta en emergencia. Cada bloque ha incluido presentaciones científicas, y sesiones facilitadas de discusión basadas en el escenario, para demostrar y discutir con la audiencia las diferentes herramientas y metodologías desarrolladas en cada uno de ellos. Sendas sesiones de pósteres, complementaron estos resultados.



Finalmente, el Taller se completó con la organización, durante las últimas jornadas, de varias mesas redondas y paneles de expertos. Los líderes de los WP presentaron las conclusiones y visión de futuro de sus respectivos trabajos. Los usuarios finales, las organizaciones internacionales y las plataformas de PR proporcionaron sus comentarios y reacciones a lo presentado. Se recogieron también las impresiones y su visión de futuro del coordinador de CONCERT, en representación de la CE. En resumen, y considerando los mensajes y resultados recogidos en este Taller se puede concluir lo siguiente:

CONFIDENCE ha constituido un primer intento para abordar de una manera integral las incertidumbres en la gestión de una emergencia nuclear o radiológica y de la recuperación posaccidente. En el proyecto se han tratado las incertidumbres clave en el proceso de toma de decisiones y se han desarrollado métodos que mejoran el manejo de dichas incertidumbres en las diferentes fases de una emergencia. Específicamente, se destacan los siguientes aspectos:

- La reducción de las incertidumbres de carácter técnico o científico se considera importante para una mejor parametrización de los modelos y el uso de herramientas de

Proyectos de I+D

última generación, en la medida en que puede ayudar, tanto a mejorar la comprensión y la conciencia de la situación, como a afrontar la gestión de cada fase de la emergencia.

- El desarrollo de estrategias de actuación y recuperación con la ayuda de escenarios y aproximaciones estructuradas ha resultado muy positivo. Los paneles nacionales de partes interesadas fueron muy útiles para investigar cómo se procesa la información y se enfrentan las incertidumbres, tanto técnicas como derivadas de los diferentes puntos de vista y preferencias de los actores. En este sentido, los paneles de las partes interesadas han mostrado que lidiar con la incertidumbre no se limita a tratar de reducirla o eliminarla, sino que es necesario explorar y negociar con los actores involucrados las muchas formas posibles de interpretar y resolver el problema.
- La identificación de las incertidumbres sociales y éticas utilizando observaciones y modelos de comportamiento mental y de salud ha resultado clave para comprender por qué los mensajes y la comunicación deben enmarcarse de una manera particular, para asegurar, en la medida de lo posible, que se entiendan los consejos y se sigan las recomendaciones.
- Los manuales y recomendaciones operativas que se han desarrollado por cada uno de los paquetes de trabajo, tanto para mejorar las herramientas y modelos de simulación, como para promover mejores prácticas en el proceso de toma de decisiones o favorecer una mejor comunicación con el público, pueden permitir ensayar e integrar los resultados del proyecto en los procedimientos y estructuras de gestión nacionales.

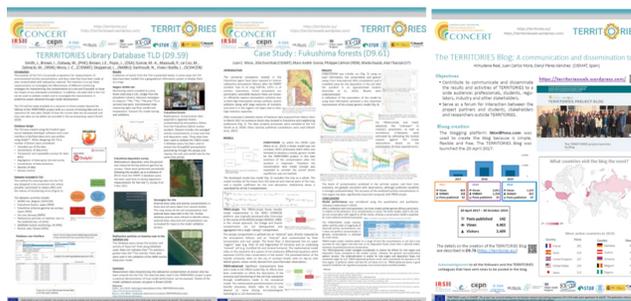
Por supuesto, el proyecto no ha resuelto todas las cuestiones relacionadas con el tratamiento de las incertidumbres en el proceso de toma de decisiones. En el Taller se han identificado nuevos desafíos y retos de investigación y se han recogido propuestas de futuro. Un proyecto de demostración a nivel europeo podría reunir a todas las partes interesadas relevantes, explorar las herramientas existentes, refinarlas si es necesario y proporcionar algún producto al final del proyecto que podría ser un estándar para toda Europa.

Las presentaciones del Taller de Diseminación de CONFIDENCE están disponibles en una página dedicada al mismo, en la web de NERIS: CONFIDENCE WSF

*Milagros Montero
(Líder del WP4 de CONFIDENCE e investigador principal por parte del CIEMAT) y Equipo CONFIDENCE del CIEMAT. ■*

EVENTO FINAL DEL PROYECTO EUROPEO TERRITORIES

Durante los días 12 a 14 de noviembre de 2019 se celebró, en Aix-en-Provence (Francia), el evento final del proyecto Europeo TERRITORIES. En esta reunión de 3 días se presentaron los resultados más destacables conseguidos en el proyecto.



Tres de los pósteres resumen del trabajo llevado a cabo durante el evento final.



Foto de grupo de la reunión de lanzamiento del proyecto TERRITORIES en París (febrero de 2017).

TERRITORIES ha sido un proyecto competitivo de 3 años de duración, liderado por el IRSN francés, que fue seleccionado en el año 2017 y financiado dentro del Programa Conjunto Europeo para la Integración de la Investigación en Protección Radiológica (CONCERT). En este proyecto participaron 11 instituciones, una de ellas el CIEMAT, de 8 países europeos. Su objetivo principal ha sido la reducción de las incertidumbres asociadas a las evaluaciones de dosis a las personas y a la biota en situaciones en las que existen territorios contaminados a largo plazo. Para ello se dividió el trabajo en 4 paquetes de trabajo científicos:

- **Paquete de trabajo 1**, liderado por Juan Carlos Mora de CIEMAT, en el que se buscaba la reducción en las incertidumbres o la cuantificación de las variabilidades (irreducibles) en la caracterización de las exposiciones, tanto mediante el uso de medidas como de modelos.
- **Paquete de trabajo 2**, liderado por el PHE del Reino Unido, donde se pretendía reducir las incertidumbres asociadas a la caracterización de los parámetros con los que se evalúan las dosis (incluyendo los comportamientos de humanos y de biota) e integrando las consideraciones éticas y sociales en la gestión de esas incertidumbres.
- **Paquete de trabajo 3**, liderado por el CEPN francés y el DSA noruego, en el que se estudió la involucración de los agentes interesados para una mejor gestión de las incertidumbres en la evaluación del riesgo y en los procesos de toma de decisiones, incluidas las estrategias de remedio de zonas contaminadas.
- **Paquete de trabajo 4**, liderado por la Universidad de Tartu de Estonia, en la que se definieron y se llevaron a cabo las estrategias de comunicación, divulgación, educación y entrenamiento, necesarias para dar a conocer el trabajo del proyecto.



Foto tomada en las instalaciones del CIEMAT durante una de las reuniones del proyecto TERRITORIES (mayo de 2017).



Foto de grupo de la reunión del proyecto celebrada en Oxford (marzo de 2019).

En todos los grupos participaron miembros del CIEMAT, más concretamente de la Unidad de PR del Público y del Medioambiente y del CISOT: además de Juan Carlos Mora, Almudena Real, Danyl Pérez, Alla Dvorzhak, Roser Salas y Sergi López.

Destacar la labor realizada por los participantes españoles, investigadores del CIEMAT, en la mayor parte del trabajo



Foto de grupo del evento final del proyecto TERRITORIES en Aix-en-Provence (noviembre de 2019).

realizado dentro del proyecto, que se plasmó en el evento final donde el CIEMAT llevó a cabo 2 presentaciones (una sobre todo el trabajo realizado en el paquete de trabajo 1 y otra sobre todo el trabajo llevado en torno a la situación NORM en las balsas de fosfoyesos de Huelva, dentro del paquete de trabajo 2), una demostración práctica del uso del código CROM y 11 posters asociados al trabajo llevado a cabo en los paquetes de trabajo 1 y 4 principalmente.

Todos los resultados de TERRITORIES, en forma de bases de datos de medidas (recopiladas o llevadas a cabo por el proyecto, dentro de la *Territories Library Database*), de informes o "deliverables" (en inglés), guías, presentaciones, posters, etc., pueden consultarse en la página web del proyecto (<https://territories.eu>). Todas las noticias que tuvieron relevancia a lo largo del proceso además se pueden leer en el blog del proyecto (<https://territoriesweb.wordpress.com/>).

Juan Carlos Mora, Almudena Real, Danyl Pérez, Roser Salas y Sergi López. CIEMAT ■

CONCESIÓN DE AYUDAS, BECAS Y PREMIOS DE LA SEPR

TE INTERESA



Si tienes menos de 35 años pincha aquí

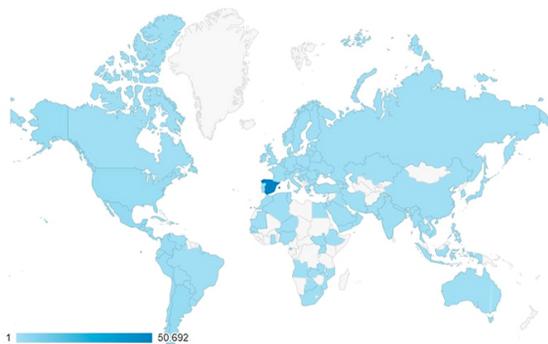


USUARIOS DE LA WEB Y PERFIL DE LOS MISMOS

En la tabla adjunta se recogen los datos resumidos sobre los usuarios de nuestra página web en el último trimestre de 2019 y en el conjunto del año. La media mensual de usuarios fue superior a los 5000 y para todo 2019 sumaron casi 66 500. El 77 % del tráfico procede de España, seguido de México (4 %), Argentina (3,4 %), EE.UU. (2,7 %), Colombia (2,5 %), Perú (1,8 %), Chile (1,8 %), Ecuador (1 %) y otros con menor porcentaje. Pero podemos decir que tenemos visitantes de todo el mundo, como se observa en el mapa.

PERIODO OCTUBRE-DICIEMBRE 2019

Mes	Usuarios	Nº de visitas a páginas
Octubre	5302	17 864
Noviembre	5229	15 235
Diciembre	4325	10 893
Media mensual en 2019	5083	15 003



Las características demográficas de nuestros visitantes -según Google Analytics- se mantienen en un 46 % de visitas de mujeres y un 54 % de hombres, con un dominio del público joven (un tercio de las visitas serían de personas entre 25 y 34 años, y un 28 % entre 18 y 24 años, con porcentajes sucesivamente decrecientes a medida que aumenta la edad).

Secciones más visitadas

Sin experimentar cambios con respecto al periodo anterior, la sección más visitada ha sido de nuevo *Pregúntale a la SEPR*, seguida de los Descargables, las Convocatorias y la Formación, teniendo por detrás Publicaciones, Noticias, Área de socios, el Congreso Conjunto SEFM/SEPR, la Revista *RADIOPROTECCIÓN*, la Presentación y el Foro de socios. Destaca, por tanto, la importancia de la sección de *Preguntas para el público en general*, que desarrolla una de las Líneas del Plan Estratégico de la SEPR 3.2. *Aproximar la SEPR a la sociedad, potenciando los medios de difusión existentes e implantando nuevas líneas de difusión mediática*. No obstante, hay que alertar de que secciones como el *Área de Socios* o el *Foro de socios*,

pensadas para incrementar la participación de los socios de la SEPR en su "actividad virtual" todavía tienen mucho recorrido por delante que cubrir, dado que parecen estar infrautilizadas.

Descargas de documentos

De los más de 500 archivos descargables disponibles en la web, clasificados en 90 categorías, ya se han producido más de 80 600 descargas, en una progresión creciente continua. Entre los documentos más descargados sigue destacando a distancia del resto la **Nota técnica conjunta de la SEPR y la SEDIM sobre la utilización de protectores plomados de tiroides en mamografía** [https://bit.ly/2uWNMle] (3609 descargas). En segundo lugar, destaca el tema sobre **Efectos hereditarios. Susceptibilidad genética, del Dr. García-Sagredo dentro del Curso sobre "Conocimientos Actuales en Radiobiología**, organizado con el Ciemat en 2012 [https://bit.ly/2Tq2Jpt] (1107 descargas). También destacan los documentos y el software del proyecto MARR, el pack de SEVRRRA [https://bit.ly/39orDeF] (950 descargas), el documento conjunto con la SEFM y la SERAM sobre **Grafía: equipos de radiología convencional y equipos portátiles con y sin detector digital** [https://bit.ly/2TILVJi] (725 descargas), la presentación sobre **Protección radiológica en equipos medidores de densidad y humedad en suelos** [https://bit.ly/2TCwvpS] (670 descargas), de la Jornada organizada en 2006 sobre **Protección radiológica en instalaciones radiactivas en la industria** y el **Plan Estratégico de la SEPR 2019-2023** [https://bit.ly/2TIVo33] (657 descargas).

Noticias más vistas (enero-diciembre 2019)

Las noticias más vistas en 2019 han sido la Declaración de posición de la AAPM sobre el uso del blindaje gonadal y fetal del paciente (2019) (2638 visitas); el nombramiento de Eliseo Vañó para el Premio Sievert 2020 de la IRPA (2201 visitas); la publicación del Plan de actividades de la SEPR 2019 [https://bit.ly/2TpGaBg] (1334 visitas); el artículo sobre "¿Cómo está Fukushima ocho años después?" [https://bit.ly/2wx0U0T] (1281 visitas); y los nombramientos del presidente y los tres nuevos consejeros del Consejo de Seguridad Nuclear [https://bit.ly/38sNDE3] (980 visitas).

Gracias a este tipo de noticias y a los contenidos de interés para profesionales y público en general, la página web continúa siendo atractiva y muy visitada.

NUEVA SECCIÓN DE EMPLEO

Una de las últimas novedades que se han incorporado a la página web es la sección de ofertas de trabajo y empleo, impulsada por la Comisión de Jóvenes de la SEPR. En ella se pueden encontrar ofertas activas de trabajo, los empleadores pueden insertar sus ofertas y los profesionales que buscan empleo pueden incluir su currículum. A la sección se accede desde el menú "Profesionales → Ofertas de empleo".

José Francisco Benavente, Diego Díaz y Eduardo Gallego.

Coordinadores de la página web.

Redes sociales de la SEPR

(octubre - diciembre 2019)



Las redes sociales de la SEPR son un canal de comunicación inmediata de noticias, eventos y actividades relacionadas con la protección radiológica. Para su gestión, seguimos contando con nuestros socios Alegría Montoro y Pedro Ruiz y con dos colaboradoras del grupo J-SEPR, Saroa Rozas y Natividad Sebastià. Cada una de las redes tiene más de 500 publicaciones al año. Se puede acceder a través de sus correspondientes accesos directos en la parte superior central de la página web de la SEPR o desde estos enlaces:

Facebook

www.facebook.com/sociedadspanola.proteccionradiologica

Twitter

<https://twitter.com/SocEspPR>

LinkedIn

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

En **Twitter**, seguimos aumentando nuestra actividad. El número de seguidores en el último trimestre de 2019 ascendió a 1270 y nosotros también seguimos ampliando nuestros horizontes, aumentando a 89 los perfiles que seguimos en esta red social. En ese periodo hemos conseguido un total de 80,1 K impresiones, con una media de 880 impresiones por día, 670 clics (7 clics por día) en los enlaces que publicamos, 101 retuiteos (1 retuiteo por día) y 243 "me gusta" en total (3 "me gusta" por día). En diciembre hemos aumentado en un 7,5 % nuestros tuits y seguro que este hecho ha ayudado a que las visitas a nuestro perfil hayan aumentado un 26 % y las menciones hacia nuestros tuits hayan aumentado un 600 %. Entre los tuits que más impresiones han conseguido entre nuestros seguidores, destacamos la noticia sobre el acceso libre a las publicaciones de la ICRP, que alcanzó las 2700 impresiones y 46 interacciones o los tuits de la OIEA sobre el trabajo de los radiofísicos contra el cáncer o la versión que lanzó dicha organización del curso sobre protección radiológica de pacientes sometidos a radioterapia, con 1942 y 1390 impresiones respectivamente.

En **LinkedIn**, a finales de 2019 alcanzamos los 1983 contactos y 2082 seguidores, un 1,5 % más que en el tercer trimestre, y seguimos a 1996 usuarios. Durante el último trimestre de 2019 nuestro perfil en esta red tuvo 134 visualizaciones y apareció, de media, 59 veces cada semana en los resultados de búsqueda, siendo aquellos que nos han buscado, principalmente, físicos, auxiliares sanitarios y comerciales. En **LinkedIn** destacamos el elevado impacto que han tenido, entre otros, los anuncios de que en enero de 2020 todas las

publicaciones de la ICRP hasta 2017 serían de acceso libre y de la publicación del Real Decreto 601/2019, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.

A lo largo de 2019 hemos conseguido 80 seguidores más y nuestro perfil ha tenido, de media, 160 visualizaciones y ha sido buscado, de media, 50 veces cada semana por profesionales del sector sanitario, principalmente. En LinkedIn destacamos también la elevada actividad alcanzada durante el segundo trimestre de 2019, debido a la celebración del 6º Congreso Conjunto SEFM - SEPR en Burgos.

La red en la que nuestra sociedad más interacciona es **Facebook**, con 11 530 seguidores -personas o instituciones-. Uno de los trabajos de la Red es compartir noticias de otras páginas de Facebook, en este caso de las noticias que han tenido más alcance, destacando las del "Operador Nuclear" Alfredo García, las publicaciones sobre la telefonía móvil, las que explican cómo funciona una central nuclear y las torres de refrigeración, que han sido seguidas por más de 1000 personas. Con un alcance de casi 1000 personas se destacan las noticias relacionadas con el curso del OIEA sobre Radioterapia en pacientes y los efectos secundarios de la terapia con protones. Con respecto a nuestra Sociedad, la noticia de más alcance (casi 900) ha sido la de la representación Española en la reunión anual de EURADOS (AM2020) en Florencia, apoyando la candidatura de nuestra expresidenta Mercè Ginjaume al Consejo de dicha asociación.

Siguen siendo las mujeres las que más nos siguen, con algo más del 52 %, mientras que los hombres suponen un 48 %. La media de edad de las personas que más nos siguen es de 25-34 años, suponiendo un 21 %. Entre nuestros seguidores de Facebook (por países) destacan los 1881 argentinos, 1764 peruanos y 1626 mexicanos. Los españoles ocupan ahora el 4º lugar con 1397 seguidores. Tenemos seguidores en casi todos los países de América (de norte a sur), de Europa (Alemania, Francia, Italia, Reino Unido...), de Asia (India, Pakistán, Indonesia, Camboya...) y de África (Marruecos, Túnez, Argelia, Turquía...). La ciudad donde más seguidores tenemos es Lima (1101) seguida de ciudad de México (446) y Buenos Aires (406). Nuestros seguidores son fundamentalmente de idioma español (7333) pero también nos siguen del idioma portugués (841), inglés (310), francés (78), árabe (60), italiano (49), catalán (18), alemán, vasco, gallego, japonés, turco, ruso, bosnio, persa, uzbeko, etc.

Por otro lado, seguimos a instituciones como ICRP, IAEA, RPOP, Comisión Europea, Jóvenes Nucleares, ICRU, CSN, CIEMAT, WiNSpain, SEFM, AAPM, Mac Lab Tecnología Médica - Imagenología y Física Médica, etc.

**Pedro Ruiz, Alegría Montoro,
Natividad Sebastià, Saroa Rozas.**
Coordinadores de las redes sociales.



IRPA



INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION

CONGRESO IRPA 15 EN SEÚL – 2021

ÚLTIMA HORA: EL CONGRESO IRPA15 DE SEÚL SE APLAZA A ENERO DE 2021

Con la aparición del COVID-19, la incertidumbre se ha cernido sobre la organización del próximo congreso internacional de IRPA (el decimoquinto) que se debería celebrar en Seúl, Corea, los días 11 a 15 de mayo de 2020, con el lema: *Tendiendo puentes entre la Cultura y la Ciencia de la Protección Radiológica – Ampliando la Empatía del Público*. Al cierre de este número de *RADIOPROTECCIÓN*, lo más probable es que el Congreso deba aplazarse. Por ello, remitimos a quienes estuviesen inscritos o pensando en asistir al IRPA 15 a la página web del congreso www.irpa2020.org.



Portada de la página web del congreso IRPA15.

Los autores de los trabajos aceptados, tanto para su presentación oral como para póster, tendrán hasta el 31 de marzo de 2020 para el envío de los trabajos completos. Estos trabajos completos se publicarán como IRPA15 Congress Proceedings y algunos artículos seleccionados se publicarán en revistas con revisión por pares. Además de todo ello, habrá premios para las mejores presentaciones.

En su momento informaremos sobre la participación española en el IRPA 15.

CANDIDATURA DE LA SEPR PARA LA ORGANIZACIÓN DEL IRPA 17 EN VALENCIA, 2028

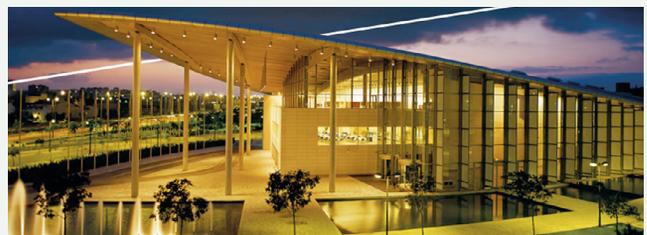
Tras recibir el respaldo de los presidentes de las sociedades IRPA europeas, continúa la preparación de la candidatura de la SEPR de cara a organizar el Congreso Internacional IRPA 17, de 2028, en Valencia. Este proyecto fue aprobado en la pasada Asamblea General de la SEPR celebrada en Burgos el pasado junio. Las sociedades Francesa (SFRP), Italiana (AIRP), Germano-Suiza (FS) y Portuguesa (SPPCR) han expresado su interés en colaborar en la preparación del IRPA 17 en caso de que resultemos elegidos por la Asamblea General de la IRPA en Seúl.

El lema propuesto para el Congreso es *Ensuring Radiation Protection for the Future (Garantizar la Protección Radiológica para el futuro)* y el proyecto se inspira en dos objetivos clave. Uno de ellos es



ofrecer condiciones económicas asequibles para todo el mundo, con condiciones muy especiales para los profesionales jóvenes y tarifas diferenciadas por grupos de países de conformidad con la política de IRPA. El segundo objetivo está asociado con el lema propuesto, buscando que el IRPA 17 contribuya a potenciar a la generación joven de profesionales de la PR, manteniendo los premios para jóvenes, integrando a jóvenes profesionales e investigadores como miembros de pleno derecho de los Comités Científico y Organizador, organizando actividades sociales y colaborando con la IRPA Young Generation Network y los representantes de la Young Generation de las demás sociedades de IRPA.

Por otro lado, el Congreso debe fomentar la participación pública y la difusión al público, y se organizarán charlas para universitarios y para todo el mundo en general, haciendo un uso extensivo de las herramientas de comunicación digital: redes sociales, seminarios web, retransmisiones en directo de las sesiones principales, grabación de los cursos, etc. de cara a aumentar su impacto al máximo.



Palacio de Congresos de Valencia, propuesto como sede para el Congreso IRPA 17, 2028.

Tras el Congreso IRPA13 de Glasgow (2012), IRPA14 de Ciudad del Cabo (2016), IRPA15 de Seúl (2020) e IRPA16 de Orlando (2024), 2028 sería el momento para que el siguiente congreso mundial vuelva a organizarse en Europa, pero la competencia será dura frente a las candidaturas presentadas por Nueva Zelanda (Auckland), Brasil (Río de Janeiro) y Polonia (Cracovia). No obstante, confiamos en que la solvencia de la SEPR en colaboración con las demás sociedades, además de los puntos fuertes de la propuesta, junto al atractivo de la sede presentada y de la ciudad de Valencia, generen un apoyo amplio y entusiasta.

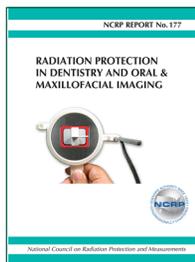
Eduardo Gallego ■

PUBLICACIONES

Publicaciones NCRP

PATIENT MAXIMUM SKIN DOSE IN INTERVENTIONAL REPORT N° 177. RADIATION PROTECTION IN DENTISTRY AND ORAL & MAXILOFACIAL IMAGING (2019)

Protección radiológica en imagen dental, oral y maxilofacial



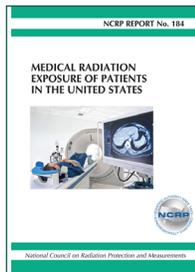
Ninguna exposición a rayos X puede considerarse exenta de riesgos, por tanto el uso de radiaciones ionizantes por dentistas y ayudantes implica responsabilidades debiendo asegurar una protección adecuada. Este documento representa una guía en el uso de rayos X en odontología, incluyendo el uso de tomografía computarizada de haz cónico, equipos de imagen digital y sistemas de rayos X portátiles. El objetivo de este documento es ofrecer a

dentistas y ayudantes una guía práctica de protección radiológica. La información se presenta de manera clara y en un formato sencillo, orientado en la práctica de la radiología dental.

Más información: <https://cutt.ly/6r969zh>

REPORT NO. 184. MEDICAL RADIATION EXPOSURE OF PATIENTS IN THE UNITED STATES (2019)

Exposición médica a radiación de pacientes en Estados Unidos



Este documento es una actualización del document NCRP n° 160, *Exposición de la población en Estados Unidos a radiación ionizante*, sección 4 (exposición médica de pacientes) (2009). Este documento evalúa la dosis media efectiva individual y las dosis colectivas efectivas debidas a exposiciones médicas en 2016. Este documento hace referencia a aquellos procedimientos que representan una mayor contribución a la exposición y proporciona información

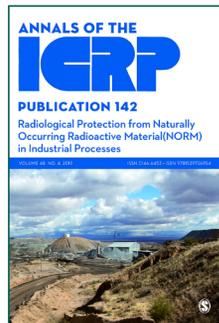
sobre los valores de dosis efectiva nominal a que son sometidos los pacientes en procedimientos específicos. Estos valores no deben usarse como criterio de aceptación de una práctica o como estimador de riesgo individual de padecer cáncer sino como una métrica de comparación de potenciales riesgos estocásticos de poblaciones sometidas a diferentes fuentes de radiación. No cuantifica los riesgos de salud asociados ni posibles beneficios clínicos. Tampoco especifica ninguna acción a tomar en función de los resultados. Esto está fuera del objetivo de la NCRP. Este documento se dirige a profesionales sanitarios, pacientes, legisladores y personal involucrado en la protección radiológica. Proporciona indicadores que permiten comparar diferentes fuentes de exposición a la radiación en diferentes periodos de tiempo.

Más información: <https://ncrponline.org/?s=184>

Publicaciones ICRP

OCCUPATIONAL INTAKES OF RADIONUCLIDES: PART 4

ICRP Publication 141. Ann. ICRP 48(2/3), 2019



Como ya es conocido, las nuevas series OIR (*Occupational Intakes of Radionuclides*) reemplazarán a las Publicaciones 30, 54, 68 y 78. La Publicación OIR Parte 1 (ICRP, 2015) describe la estimación de las dosis internas ocupacionales, modelos biocinéticos y dosimétricos y métodos de vigilancia individual y del área de trabajo y aspectos generales de la estimación retrospectiva de la dosis.

Las publicaciones OIR Parte 2 (ICRP, 2016), Parte 3 (ICRP, 2017), esta cuarta publicación y la publicación final (OIR

Parte 5) proporcionan datos de elementos individuales y sus isótopos, incluyendo información sobre las formas químicas encontradas en los lugares de trabajo, un listado de los principales isótopos con sus vidas medias y sus modelos de decaimiento, valores de los parámetros de los modelos biocinéticos y datos sobre las técnicas de vigilancia de los isótopos más comunes en los lugares de trabajo. Además, aporta una revisión de los datos de inhalación, ingestión y de la biocinética sistémica para la mayoría de los elementos.

De manera impresa, dichas publicaciones incluyen tablas de las dosis efectivas comprometidas por incorporación (Sv por Bq incorporado) para inhalación e ingestión y las funciones de retención y excreción por incorporación, para todos los tipos de absorción para los isótopos más comunes de cada elemento.

De manera electrónica, contiene un conjunto completo de coeficientes de dosis efectivos y equivalente, funciones de dosis efectiva comprometida por incorporación y funciones de bioensayo de referencia.

Esta cuarta publicación de la serie OIR proporciona los datos anteriores para los siguientes elementos: lantano (La), cerio (Ce), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), prometio (Pm), samario (Sm), europio (Eu), gadolinio (Gd), terbio (Tb), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), tulio (Tm), yterbio (Yb), lutecio (Lu), actinio (Ac), protactinio (Pa), neptunio (Np), plutonio (Pu), americio (Am), curio (Cm), berquelio (Bk), californio (Cf), einstenio (Es) y fermio (Fm).

ISSN 0146-6453, ISBN 9781529700749

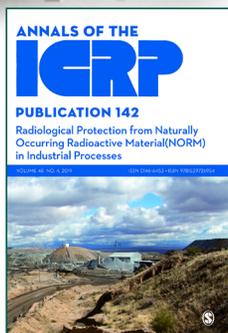
Disponible en: <https://cutt.ly/zr3q8XL>

RADIOLOGICAL PROTECTION FROM NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIAL (NORM) IN INDUSTRIAL PROCESSES

ICRP Publication 142. Ann ICP 48(4), 2019

La página de inicio tiene el siguiente comentario: "la exposición a radiaciones naturales es normal, pero no debería existir la exposición (a esta misma radiación) en el centro o lugar de trabajo". Esta frase resume la actual situación y cambio de normativa que estamos viviendo: las radiaciones procedentes de fuentes radiactivas naturales en los ambientes de trabajo se están em-

CONVOCATORIAS



pezando a regular y es importante, de cara a los puestos de trabajo que reciben este tipo de radiación natural, adaptarse a la nueva normativa. Esta adaptación será tanto de la prevención, la ocurrencia de posibles casos de sobreexposición, la vigilancia radiológica, etc.

Es normal recibir radiación cósmica de fondo, así como que el Potasio 40 radiactivo presente en nuestro organismo decaiga con el tiempo, etc... Sin embargo, la normativa va a vigilar al

personal de las aerolíneas que, por el hecho de realizar este tipo de trabajo, recibe una dosis por radiación natural no despreciable al año, o, la persona que trabaja en el interior de una cueva también recibe una dosis de radón no desdeñable por el hecho de desempeñar su trabajo.

El gas radón se ha demostrado que puede producir cáncer de pulmón, e ICRP ha publicado relacionado con este tema, *Risk of lung from cancer exposure, 2010* y *Radiation protection measures for radon, 2014*, respecto a las medidas de protección frente al gas radón.

El propósito de esta publicación es proporcionar una guía de protección radiológica para las industrias involucradas con materiales radiactivos de ocurrencia natural (NORM). En este tipo de industrias se pueden dar múltiples peligros, siendo el radiológico no necesariamente el dominante.

Puede existir la posibilidad de una exposición rutinaria significativa de los trabajadores y los miembros del público si no se tienen en cuenta las medidas de control adecuadas, siendo necesarias acciones de protección. Además, liberaciones de grandes volúmenes de materiales NORM pueden dar lugar a efectos perjudiciales para el medio ambiente de los componentes radiológicos y no radiológicos.

La protección radiológica en este tipo de industrias debe abordarse basándose en los principios de justificación, optimización y utilizando niveles de referencia. La exposición al radón también es abordada con un enfoque gradual, basada primero en la aplicación de técnicas típicas de prevención y mitigación del radón, como se describe en la Publicación 126. Se debe implementar un enfoque similar para la exposición pública a través del control de descargas, desechos y residuos después de la caracterización de la situación.

ISSN 0146-6453, ISBN 9781529726954

Disponible en: <https://cutt.ly/fr3w2Vb>

CONVOCATORIAS

Más información: www.sepr.es

MARZO

■ INTERNATIONAL WORKSHOP: "TOWARD A BETTER INTEGRATION OF NON-RADIOLOGICAL PUBLIC HEALTH ASPECTS OF PROTECTION STRATEGIES DURING RADIATION EMERGENCY PLANNING, RESPONSE AND RECOVERY"

Fecha: 18 al 20 de marzo de 2020

Hora: 9:00 h

Lugar: Munich, Alemania

Del 18 al 20 de marzo, se celebrará en Munich el workshop internacional *Hacia una mejor integración entre Aspectos No Radiológicos de Salud Pública y las Estrategias de Protección durante la Planificación de Emergencia Radiológica, Respuesta y Recuperación*, organizado por BfS, OECD/NEA y WHO.

El evento se focalizará en la disponibilidad de soluciones prácticas a la hora de disminuir el impacto psicosocial y de salud mental debido a una emergencia nuclear o radiológica, y brindar una asistencia eficiente después de un accidente grave.

El nuevo marco político de WHO basado en la existencia de las guías de salud mental y asistencia psicológica en emergencias, está siendo desarrollado para situaciones específicas de emergencia nuclear o radiológica. Por tanto, los participantes de este workshop podrán discutir las estrategias y métodos que ayuden en el proceso de toma de decisiones para la mitigación del impacto en la salud mental y psicosocial en una emergencia nuclear o radiológica.

El objetivo es desarrollar recomendaciones genéricas que puedan adaptarse de acuerdo con la circunstancias nacionales y locales. El programa del workshop incluye temas como la comunicación a la posible población afectada para reducir efectos

psicosociales, compromisos con los grupos de población más vulnerables, construcción de una cultura de protección radiológica en la población, cuantificación y balance de los efectos negativos sobre la salud por la toma de contramedidas.

Más información: <https://cutt.ly/Sr3w6dG>

ABRIL

■ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDIVIDUAL MONITORING OF IONISING RADIATION IM2020

Fecha: 19/04/2020

Hora: 08:00

Lugar: Budapest, Hungría.

Este evento se considera la conferencia internacional principal que se ocupa del monitoreo individual de la radiación. La serie de conferencias internacionales es iniciada por EURADOS y organizada cada 5 años con el fin de facilitar el intercambio de conocimientos, brindando la oportunidad de intercambiar experiencias y propagar innovaciones y nuevos desarrollos en métodos de monitoreo individual en los campos de la medicina, la investigación y la industria.

Como parte de la serie de conferencias, Helsinki (2000), Viena (2005), Atenas (2010) y Brujas (2015) fueron anfitriones de las conferencias anteriores de mensajería instantánea. El próximo evento (IM2020) de esta prestigiosa serie de conferencias se llevará a cabo del 19 al 24 de abril de 2020 en Budapest, Hungría. La conferencia será organizada conjuntamente por EURADOS y la Academia Húngara de Ciencias para la Investigación Energética (MTA EK).

Más información: <http://www.im2020.org/index.html>

■ SRP 2020 ANNUAL CONFERENCE

Fecha: 28/04/2020

Lugar: Bournemouth, Reino Unido.

Los últimos años han visto una variedad de cambios y desafíos en la comunidad de protección radiológica (PR) con la implementación de las Normas básicas de seguridad EURATOM 2013 en la legislación del Reino Unido y el impacto del Brexit. El enfoque es cómo abordar estos desafíos desde un punto de vista práctico, y cómo la implementación ha funcionado, por ejemplo:

- Sector médico: ¿la revisión de las TIR (*thermal infrared radiation*) incluyendo cambios en la nueva dosis de lentes oculares, IR (EM) R y CDG ha cambiado la práctica de PR en los hospitales?
- Sector nuclear: para cumplir con REPPIR (*The Radiation Emergency Preparedness and Public Information Regulations*), ¿cómo argumenta un RPA SQEP (*Radiation Protection Adviser*) para hacer frente a una emergencia en el sitio cuando la actividad más alta experimentada es 1 Bq/cm² alfa en un pie?
- Industria del petróleo y el gas: ¿cómo han afectado los cambios relacionados con NORM el trabajo y la disposición de los residuos generados?
- ¿El costo asociado con la notificación, etc., significa que las escuelas ya no enseñan con fuentes radiactivas cuando discuten la vida media y la protección?
- ¿Qué desafíos de protección radiológica tiene el futuro con el desarrollo de la Instalación de Eliminación Geológica del Reino Unido y el desarrollo de reactores modulares pequeños?

Esta conferencia tiene la intención de abordar estos y otros conceptos desde un punto de vista práctico.

Más información: <https://cutt.ly/tr3ehwV>

MAYO

■ 1st INTERNATIONAL WORKSHOP ON RADIOBIOLOGY OF MOLECULAR RADIOTHERAPY

Fecha: 13 y 14 de mayo de 2020

Lugar: Montpellier, Francia

El primer *workshop* internacional sobre Radiobiología de Radioterapia Molecular (*MRT Radiobiology meeting 1*) se celebrará en Montpellier los días 13 y 14 de mayo de 2020.

El equipo de trabajo europeo de Radiobiología MRT está lanzando una serie de *workshops* que se celebran cada dos años.

El objetivo de este *workshop* es identificar y dar respuesta a cuestiones específicas que son relevantes en el campo clínico de la MRT desde una perspectiva radiobiológica. Está dirigido a todos los científicos interesados en la MRT incluyendo radiobiólogos, físicos médicos, radioquímicos, radiofarmacéuticos, personal de medicina nuclear, oncólogos, técnicos, médicos, expertos de protección radiológica y residuos radiactivos, sociedades (EANM, ERS), personal de industria y organismos de financiación donde la radiobiología tiene una prioridad alta como área de investigación.

Más información: <https://cutt.ly/sr3rkG1>

■ 6th NERIS WORKSHOP

Fecha: del 27 al 29 de mayo

Hora: 9:30 h

Lugar: Palau Macaya, Barcelona

Del 27 al 29 de mayo, se celebrará en Barcelona el 6º NERIS workshop bajo el lema *Logros operacionales y de investigación, y necesidades para fortalecer la gestión ante emergencia, su recuperación y respuesta*.

Este evento será una oportunidad para discutir e intercambiar diferentes puntos de vista con los miembros de NERIS, organizaciones internacionales y comunidades europeas en investigación y desarrollo, así como prioridades de las plataformas europeas NERIS.

Las sesiones plenarias tratarán temas como los aspectos operacionales desde la teoría a la práctica, gestión de desastres y capacidad de recuperación, recuperación sostenible incluyendo consecuencias y efectos no radiológicos, actualización de guías y recomendaciones de apoyo para la toma de decisiones y necesidades de investigación futuras.

Más información: <https://cutt.ly/rr3rbXj>

JUNIO

■ XI JORNADAS SOBRE CALIDAD EN EL CONTROL DE LA RADIATIVIDAD AMBIENTAL

Fecha: del 9 al 12 de junio de 2020

Hora: 8:00 h

Lugar: Edificio del Rectorado. Avenida de Cervantes s/n, 29071 Málaga, España

Del 9 al 12 de junio se celebrarán en Málaga las XI Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental.

Esta edición confirma la consolidación de estas reuniones como un foro de discusión y de encuentro de los profesionales de la radiactividad ambiental, una comunidad abierta a nuevas incorporaciones de jóvenes investigadores, tan importantes en estas jornadas. El esfuerzo personal de muchos profesionales, junto al impulso recibido del Organismo Regulador, han conseguido la continuidad de estos encuentros bienales (Bilbao, Salamanca, Valencia, Sevilla, Jaca, Cáceres, Tarragona, Huelva y Sitges) del colectivo dedicado al control de la radiactividad ambiental. En cada uno de ellos se han obtenido magníficos resultados y han dejado un extraordinario recuerdo entre los asistentes.

En las diferentes sesiones, se abordarán temas de interés como la implementación de la norma ISO 17025, caracterización radiactiva para desmantelamiento de instalaciones nucleares en cuanto a análisis y metrología, medida de emisores beta en aguas mediante técnicas radiométricas y nuevos sistemas de extracción selectiva de radionucleidos. Una sesión completa estará desarrollada por los jóvenes investigadores y la gran labor que llevan a cabo.

Más información: <https://xijornadasradiactividad.com/>

CURSOS 2020

MARZO

▼ CURSO: RADIACIONES IONIZANTES: APLICACIONES Y SEGURIDAD (UAM,COFIS)

Fecha: Del 6 al 27 de marzo de 2020

Lugar: Universidad Autónoma de Madrid (Facultad de Ciencias. Aula pendiente de confirmación)

Contacto: Colegio Oficial de Físicos. Teléfono: 91 447 06 77

Email: formacion@cofis.es

Horario:

06/03/2020 Mañana: de 9:00 - 14:00

13/03/2020 Mañana: de 9:00 - 13:00 y Tarde: de 16:30 - 20:30

20/03/2020 Mañana: de 10:00 - 13:15 y Tarde: de 16:00 - 20:00

27/03/2020 Mañana: de 9:30 - 13:30 y Tarde: de 15:00 - 20:15

Objetivos: Los objetivos generales de este curso son:

1. Mejorar la preparación de los alumnos principalmente de Física, pero también de cualquier titulación científica o técnica afín a estos conceptos, de cara al desarrollo futuro de los que vayan a dirigir su carrera profesional en el ámbito de la protección radiológica o las aplicaciones industriales/sanitarias de las radiaciones.
2. Facilitar un conocimiento general de cuestiones prácticas relacionadas con las radiaciones ionizantes y la tecnología asociada, como cultura científica, de cara a contribuir a formar una opinión fundamentada ante cuestiones de interés general y estar preparados para informar a su entorno cuando surja la necesidad/opportunidad. Como objetivos específicos de esta acción formativa se plantean:
 1. Que el alumnado conozca la base científica que la física de radiaciones tiene.
 2. Que se trasladen las aplicaciones prácticas en las diversas áreas en las que está presente: Energía, Salud y usos industriales.
 3. Concienciar acerca del riesgo, de las barreras de protección y de la seguridad que todas estas aplicaciones tienen.
 4. Analizar la contribución a nivel tecnológico y económico de estas áreas.
 5. Dar a conocer la prevención y la protección que se realiza tanto para los profesionales vinculados directamente con estos sectores, como para el público general y como salvaguarda de nuestro medioambiente.

Dirigido a: El curso está dirigido a estudiantes de Física que tengan interés en profundizar sobre las materias tratadas, así como a estudiantes de otras disciplinas de carácter científico o técnico. Asimismo, cualquier otro profesional o público general que quiera conocer los aspectos desarrollados en el curso podrá inscribirse en el mismo.

Nº máximo de alumnos: 45

Dirección: Luis Robledo. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. (luis.robledo@uam.es)

Coordinación: María Luz Tejada. Colegio Oficial de Físicos. (luz.tejada@cofis.es)

Cuotas de inscripción:

- Alumnos de la UAM y Colegiados del COFIS: 40 €
- Resto de profesionales: 65 €

Se otorgarán 6 becas para la realización del curso que cubrirán el 100% de la matrícula:

- 3 becas para los alumnos de la Facultad de Ciencias de la UAM en base a los mejores expedientes académicos.

- 3 becas para colegiados del Colegio Oficial de Físicos teniendo preferencia situación de desempleo y orden de pre-inscripción.

Más información: <https://cutt.ly/Vr3r14Q>

▼ OPERADORES DE INSTALACIONES RADIATIVAS (CIEMAT)

Fecha: 9 al 20 de marzo de 2020

Modalidad: Presencial (CIEMAT). Información e Inscripción a través de la web del CIEMAT (www.ciemat.es)

Objetivo: Garantizar la formación y capacitación de las personas que necesiten optar a la licencia de Operador de instalaciones radiactivas. El curso incluye los conocimientos específicos del campo de aplicación: medicina nuclear, radioterapia, fuentes no encapsuladas, radiografía industrial y control de procesos y técnicas analíticas.

Cuota: 600 €

Información adicional: <http://www.ciemat.es/formacion>

Programa: <https://cutt.ly/7r3r4qD>

▼ CURSO SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS (CIEMAT)

Fecha: 5 de marzo al 26 de mayo de 2020

Modalidad: Presencial (UPM). Información e Inscripción a través de la web del CIEMAT (www.ciemat.es)

Objetivo: La toxicidad de los residuos radiactivos obliga a que su gestión se realice en condiciones seguras, de tal modo que el riesgo para las personas y el medio ambiente resulte aceptable.

Cuota: 992 €

Más información: <http://www.ciemat.es/formacion>

ABRIL

▼ EURADOS TRAINING COURSE: APPLICATION OF MONTE CARLO METHODS FOR INDIVIDUAL MONITORING DOSIMETRY OF IONISING RADIATION

Date: 18-20 abril 2020

Place: Danubius Hotel Helia ****

Address: 62-64. Kárpátutca, 1133 Budapest, Hungary

Objective: The Monte Carlo (MC) method is a numerical simulation technique that is widely used to model ionising radiation transport for dosimetry and radiological protection. A second training course on individual monitoring dosimetry applications of MC simulations is being organised by the European Radiation Dosimetry Group (EURADOS), following the successful first running of the course in Karlsruhe, Germany in March 2018. The course immediately precedes the International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation, IM2020 and is aimed primarily at PhD students and young investigators working in the field of dosimetry of ionising radiation.

More information: <http://im2020.org/MCforIM.html>

▼ CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS (CIEMAT)

Fecha: 20 al 24 de abril de 2020

Modalidad: Presencial (CIEMAT). Información e inscripción a través de la web del CIEMAT (www.ciemat.es)

Objetivo: Proporcionar los conocimientos sobre la tecnología de caracterización de residuos radiactivos de media y baja ac-

tividad de diversa naturaleza, antes y después de su acondicionamiento por técnicas destructivas y no destructivas, mediante la utilización de métodos radioquímicos, espectrométricos y físico-químicos.

Cuota: 750€

ABRIL

▼ SUPERVISORES DE INSTALACIONES RADIATIVAS (CIEMAT)

Fecha: 4 al 22 de mayo de 2020

Modalidad: Presencial (CIEMAT). Información e Inscripción a través de la web del CIEMAT (www.ciemat.es)

Objetivo: Capacitar a los técnicos interesados en adquirir la formación necesaria para optar a la licencia de supervisor de instalaciones radiactivas. El curso incluye los conocimientos específicos de los siguientes campos de aplicación: medicina nuclear, radioterapia, fuentes no encapsuladas, radiografía industrial y control de procesos y técnicas analíticas.

Cuota: 750€

MAYO

▼ CURSO PARA DIRIGIR INSTALACIONES DE RADIODIAGNÓSTICO MÉDICO GENERAL (PROINSA)

Fecha: 25 de mayo 2020

Duración: Del 25 al 28 de mayo

Lugar: PROINSA EULEN. c/ Gobelos, 25-27 28023 Madrid.

Contacto: Dpto. de Formación de PROINSA . Tel. 91 631 04 33

E-mail: mbsancheza@eulen.com

Programa parte teórica:

- Conceptos fundamentales.
- Física de las radiaciones.
- Propiedades de los generadores y tubos de rayos X.
- Blindajes de las instalaciones de rayos X.
- Efectos biológicos.
- Protección radiológica en las instalaciones de rayos X.
- Legislación española y comunitaria sobre instalaciones radiactivas e instalaciones de rayos X.

Programa Parte Práctica:

- Detectores de ionización gaseosa
- Dosimetría personal
- Control de Calidad de la instalación de rayos X
- Cálculo de blindajes estructurales

Titulación exigida: Licenciatura en Medicina, Veterinaria y Odontología. Diplomatura en Podología

Cuota: 395 euros (exento de I.V.A.). Para impartición del curso se precisa de un número mínimo de alumnos. Grupos Reducidos en la parte práctica con un máximo de 6 personas.

Más información: <http://proinsa.eulen.com/>

▼ CURSOS DE FORMACIÓN PARA OPERADORES/SUPERVISORES DE INSTALACIONES RADIATIVAS (ACPRO)

Organizado por: ACPRO TÜV NORD. División de Formación ACPRO C/. Rafael Batlle, 24 08017 Barcelona.

Dirigido a: los alumnos deben disponer de la formación mínima de enseñanza secundaria obligatoria o equivalente en el caso de operadores (O) y titulación universitaria de grado medio o superior en el caso de supervisores (S).

Nombre	Inicio	Fin	Modo	Lugar	Jornadas presenciales
Cursos de capacitación de operador/supervisor de instalaciones radiactivas en el campo específico de la medicina nuclear					
HCUR-MN-S/02-20	7	12	semipresencial	H. Clínic Barcelona	11 y 12 junio
HCUR-MN-O/02-20	abril	junio			
HCUR-MN-S/03-20	19	10	semipresencial	H. Clínic Barcelona	9 y 10 julio
HCUR-MN-O/03-20	mayo	julio			
Cursos de capacitación de operador/supervisor de instalaciones radiactivas en el campo específico de radioterapia					
HCUR-RT-S/03-20	28	18	semipresencial	H. Clínic Barcelona	16,17 y 18 mayo
HCUR-RT-O/03-20	abril	junio			
Cursos de capacitación de operador/supervisor de instalaciones radiactivas en el campo específico de control de procesos y técnicas analíticas					
HCUR-CPTA-S/03-20	28	18	semipresencial	Acprogonvarri	17 y 18 junio
HCUR-CPTA-O/03-20	abril	junio			
Cursos de capacitación de operador/supervisor de instalaciones radiactivas en el campo específico de fuentes no encapsuladas					
HCUR-FNE-S/03-20	28	18	semipresencial	biología - ub	17 y 18 junio
HCUR-FNE-O/03-20	abril	junio			
Cursos de capacitación de operador/supervisor de instalaciones radiactivas en el campo específico de la radiografía industrial					
HCUR-RI-S/03-20	28	18	semipresencial	H. Barcelona	16,17 y 18 junio
HCUR-RI-O/03-20	abril	junio			

▼ CURSOS DE FORMACIÓN PARA DIRECTOR/OPERADOR DE INSTALACIONES DE RADIODIAGNÓSTICO (ACPRO)

Organizado por: ACPRO TÜV NORD. División de Formación ACPRO C/. Rafael Batlle, 24 08017 Barcelona. Información actualizada en la página www.acpro.es. Email: formacion@acpro.es

Duración: Los cursos se impartirá en formato mixto, combinando la formación presencial con la formación *online* a través de Internet. Modalidad semipresencial. Código CRGD, ediciones del curso de acreditación de directores; código CRGO, ediciones del curso de acreditación de operadores

CRGD/1260/01-Madrid/2020	24	13	Semipresencial	Solimat Madrid	22 mayo
CRGO/1261/01-Madrid/2020	marzo	mayo			
CRGD/1260/03-HB/2020	28	05	Semipresencial	Hospital Barcelona	4 y 5 junio
CRGO/1261/03-HB/2020	abril	junio			
CRGD/1260/04-HB/2020	26	03	Semipresencial	Hospital Barcelona	2 y 3 julio
CRGO/1261/04-HB/2020	mayo	julio			

▼ CURSO CONJUNTO PRIMER Y SEGUNDO NIVEL EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA ORIENTADO A LA PRÁCTICA INTERVENCIONISTA

Organizado por: ACPRO TÜV NORD. División de Formación ACPRO C/. Rafael Batlle, 24 08017 Barcelona. Información actualizada en la página www.acpro.es. Email: formacion@acpro.es

2NRIEXPT02HB2020 (Segundo Nivel PR)	14	30	pre-sencial	H. Barcelona	28, 29 y 30 mayo
CRGD/1260/2NRIEXPT02-HB/2020 (Primer y segundo nivel)	14	30	semipresencial	H. Barcelona	28, 29 y 30 mayo

SOCIOS COLABORADORES

