

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RADÓN EN EL CIEMAT



ALICIA ÁLVAREZ

Jefa del Servicio de Protección Radiológica
CIEMAT



PABLO PÉREZ-CEJUELA

Técnico Servicio de Protección Radiológica
CIEMAT



JOSE CARLOS SÁEZ VERGARA

Coordinador de medidas del radón
CIEMAT



LINA RODRÍGUEZ-RODRIGO

Subdirectora Seguridad y Mejora de las Instalaciones
CIEMAT

INTRODUCCIÓN

Desde la publicación de IS-33 [1] en 2012 se han realizado en el CIEMAT, medidas experimentales para el control de la exposición al radón en zonas radiológicas del emplazamiento como los almacenes de residuos, donde existían contenedores con tierras procedentes de la excavación de la zona del Montecillo. De acuerdo con los resultados de esas medidas, se establecieron protocolos de actuación consistentes por un lado en realizar las medidas en horas de actividad laboral, y por otro, ventilar los locales con objeto de reducir la concentración de radón, incluso por debajo del nivel de referencia de $600 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ en aplicación del principio de optimización establecido en dicha instrucción técnica.

Dadas las características del emplazamiento CIEMAT-Moncloa [2], [3] y la detección de radón en dependencias de trabajo que no eran almacenes de residuos, se planteó en 2018 la realización de una ambiciosa campaña de medidas de la concentración de radón en el aire en todas las plantas bajas y sótanos de los edificios del CIEMAT. Para la evaluación de la exposición al radón, el CIEMAT se ha anticipado a

la trasposición a la legislación nacional de la directiva europea de 2013 [4] que fija un nivel de referencia de $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ y ha fijado además un valor de optimización de $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Se puso en marcha un proceso para disponer de la información necesaria para evaluar la exposición al radón de los trabajadores del CIEMAT y gestionar los niveles del mismo en el Centro. Para ello, además de las medidas experimentales de la concentración promedio de radón en aire fue necesario establecer el factor de ocupación de las dependencias y una vez evaluada la exposición al radón, decidir si eran necesarias acciones de remedio y su tipo (constructivas y/o administrativas). Este conjunto de tareas hicieron necesario involucrar a distintos servicios de la organización CIEMAT, lo se ha visto reflejado en 2019 en el denominado “protocolo del radón”.

DISEÑO Y REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS EXPERIMENTALES

La estimación del nivel medio anual de la concentración de radón en una dependencia está sujeta a una incertidumbre elevada, debido a las fluctuaciones temporales en las con-



Figura 1. Detector de medida de radón en continuo (Alpha Guard), detectores E-PERM® y detectores de trazas (CR39 y LR115).

centraciones de este gas que pueden llegar a ser de varios órdenes de magnitud y que se producen en ciclos diarios y estacionales; esas variaciones son debidas a distintos factores como los gradientes de presión entre el exterior y el subsuelo de los edificios, los hábitos de los ocupantes, las condiciones meteorológicas y los tipos de terreno.

Debido al elevado número de dependencias a caracterizar, la campaña de medidas se estructuró en dos fases: un estudio previo de corta duración (1 semana) de todas las dependencias situadas en planta baja y sótanos, y un estudio continuado en los lugares de trabajo con las mayores concentraciones de actividad de radón obtenidas en el estudio previo (con un mínimo de dos por planta y edificio). En el estudio previo se caracterizaron un total de 1087 dependencias (lugares de trabajo y de acceso público) de 50 edificios. No se estableció ninguna indicación a los usuarios sobre ventilación ni otros hábitos diarios insistiendo en que éstos fueran los habituales.

El estudio continuado se realizó siguiendo la Guía de Seguridad 11.4 del CSN [5], tanto en la selección de zonas homogéneas como en los periodos temporales de medida.

Las medidas se realizaron empleando detectores pasivos basados en cámaras de ionización electrostática procesadas con el sistema E-PERM® que disponen de diversas configuraciones cámara-detector para realizar medidas de hasta un año duración y hasta $65\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ [6].

Además, para asegurar la calidad de los resultados, se compararon los obtenidos con el sistema E-PERM® con otros dos tipos de detectores: monitores pasivos de trazas suministrados por 2 laboratorios acreditados por ENAC y monitores activos (tipo cámara de ionización). Las correlaciones entre todos ellos han sido excelentes, con diferencias máximas entre los valores individuales inferiores al 10 % [7]. La Figura 1 muestra los distintos tipos de detectores utilizados.

Esta intercomparación ha permitido además para validar los resultados obtenidos por el SPR en las medidas realizadas con anterioridad al inicio de esta campaña [8] con sistemas de medida en continuo (cámaras de ionización).

PROTOCOLO DEL RADÓN

Las medidas se iniciaron en los edificios más próximos a la zona impactada con estériles de minería (área denominada “Montecillo”). En las dependencias donde la concentración medida era superior a $600\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ se implementaron distintas medidas administrativas tales como traslado del personal o registros de control de acceso con objeto de garantizar que la exposición al radón de cualquier trabajador no superase la que corresponde a $300\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ de concentración media anual.

Adicionalmente en aquellas dependencias donde existían sistemas de extracción de aire se implementó por parte del servicio de prevención de riesgos laborales (SPRL) un protocolo para que dicha extracción estuviese en funcionamiento como acción de remedio. El resultado de la aplicación de esta medida fue en algunos casos muy eficaz tal y como se muestra en la Figura 2.

A medida que se iba progresando en las medidas, el SPRL elaboraba la lista de dependencias con su factor de ocupación, definido como número de personas y tiempo de permanencia de estas personas en las dependencias caracterizadas, a partir de la información proporcionada por los usuarios.

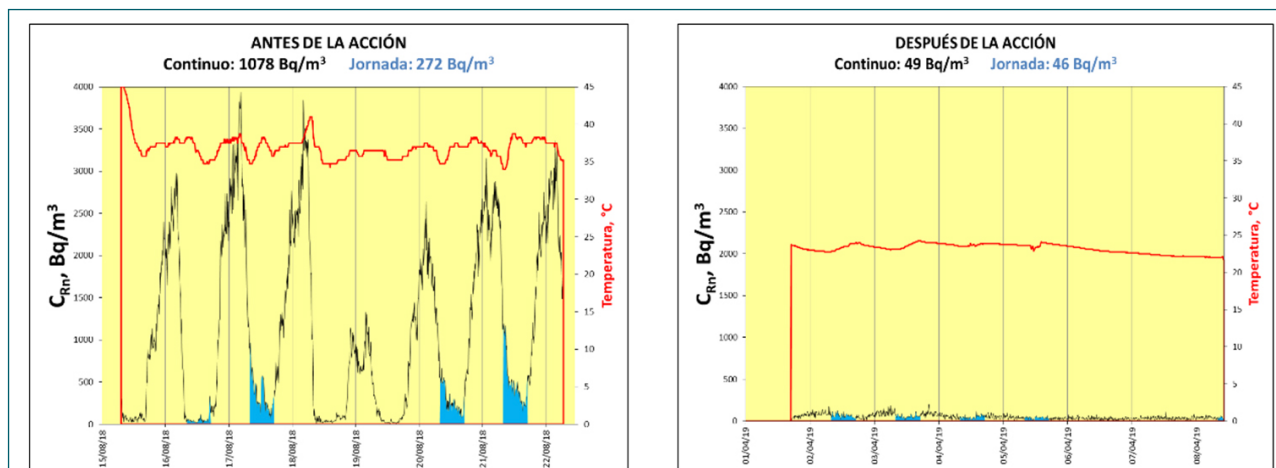


Figura 2. Resultados de las medidas antes y después de implantar ventilación forzada como acción de remedio.

La evaluación de la exposición al radón se realizó a partir de los resultados experimentales de las medidas de concentración de radón y la estimación de la ocupación máxima. Esta evaluación se realizó aplicando los dos niveles de referencia existentes: 600 Bq·m⁻³ de concentración media anual, establecido en la IS-33 [1], por debajo del cual no debe de aplicarse ningún tipo de control pero si debe aplicarse el principio de optimización y el de 300 Bq·m⁻³ establecido en la Directiva Europea [4] que concede prioridad a la optimización por encima de este nivel y recomienda su aplicación aunque se esté por debajo.

El objeto del principio de optimización en protección radiológica consiste en lograr que las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de las exposiciones potenciales, se mantengan en el valor más bajo que sea razonablemente posible. Por ello, se estableció como criterio de optimización que ningún trabajador del CIEMAT recibiese una dosis efectiva debida a radón mayor de la que correspondería a una concentración media anual de radón superior a 200 Bq·m⁻³ (de acuerdo con las agencias internacionales esa concentración corresponde a una dosis anual efectiva de 2,7 mSv [9],[10]). Se trata de un criterio interno conservador que supone una reducción de un 30 % con respecto al nivel de referencia establecido en la Directiva [4].

Los dos niveles de referencia considerados presuponen una ocupación del lugar de trabajo de 2000 h. Cuando el tiempo de permanencia es inferior, según lo establecido en la GS 11.04 del CSN [5], se debe realizar la correspondiente corrección.

A medida que se iba progresando en la obtención de resultados experimentales del estudio continuado se fueron implementando acciones de remedio. Los resultados de las medidas experimentales iban proporcionando valores de la concentración media de ²²²Rn cada vez con un tiempo de medida mayor y por tanto con menor incertidumbre en cuanto a la concentración media anual.

Si el valor medido experimentalmente era inferior a 200 Bq·m⁻³ no se tomaban más acciones. Si era superior, se calculaba el valor corregido de concentración de actividad en función del factor de ocupación facilitado y se establecía el tiempo de permanencia máximo.

Si las horas de permanencia estimadas eran superiores a las que había declarado el usuario de la dependencia, se informaba al SPRL que colocaba carteles indicando el grado de ocupación máxima permitida para que se tuviese en cuenta en el caso de que la dependencia tuviese un nuevo

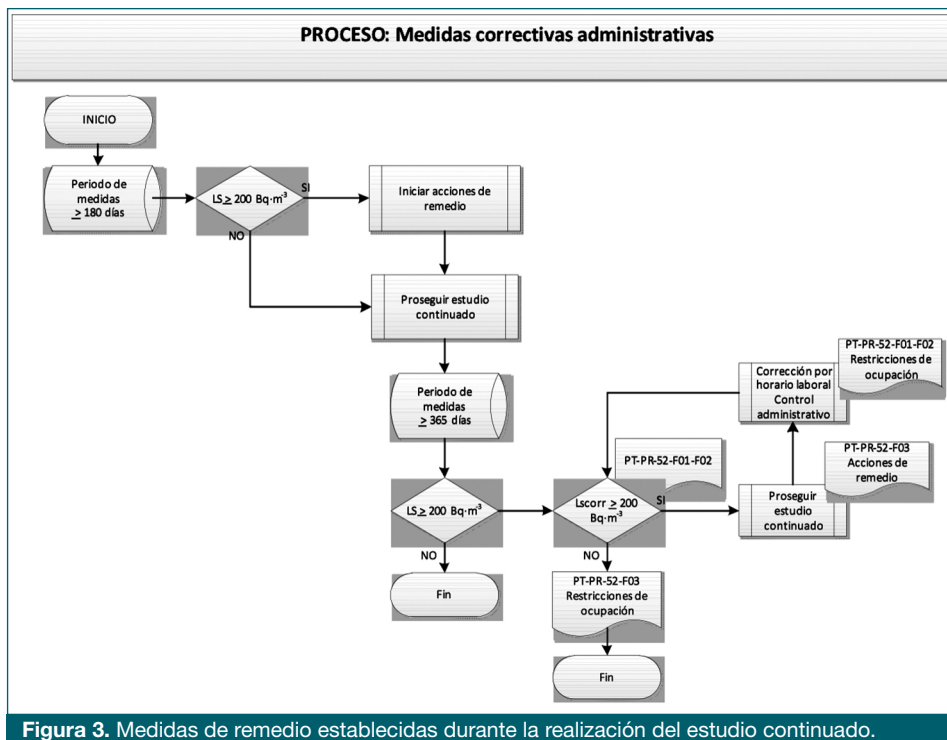


Figura 3. Medidas de remedio establecidas durante la realización del estudio continuado.

uso. Si por el contrario, eran inferiores a las declaradas, se informaba al titular de la necesidad de acometer acciones de remedio y/o la necesidad de traslado de los trabajadores afectados. Estas acciones se mantuvieron hasta la finalización del estudio continuado para obtener la concentración media anual. El diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.

La campaña de medidas realizada permitió establecer que 13 dependencias superaban el nivel de referencia de IS-33 [1]; algunas correspondían a un edificio que había sido desalojado al inicio del estudio, pero otras correspondían a sótanos y plantas bajas de otros edificios y aunque su factor de ocupación era bajo, se aplicaron medidas administrativas de limitación horaria junto con otras de ventilación forzada.

La concentración media de radón en 35 dependencias estaba entre 300 y 600 Bq·m⁻³; aunque en algunas de ellas el factor de ocupación era bajo, se establecieron las horas máximas de permanencia y la correspondiente colocación de carteles informativos, realizándose además acciones de remedio constructivo sencillas como el sellado de huecos, arquetas o intrusiones en las dependencias.

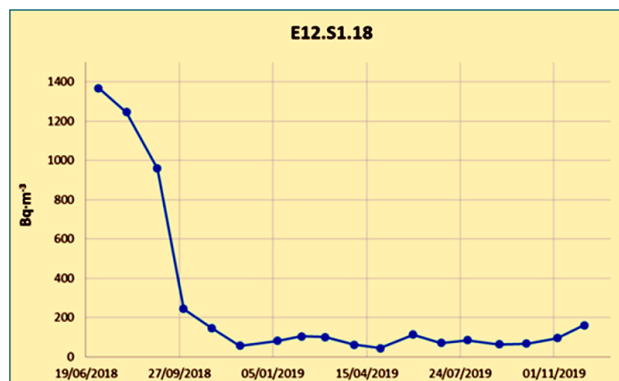


Figura 4. Evolución temporal de la concentración mensual de radón indicadora de la eficacia de la acción de remedio.

Otras acciones de remedio sencillas establecidas en el protocolo del radón y realizadas en el transcurso del estudio continuado han sido: restringir el horario de permanencia, cambiar de ubicación a los usuarios o aplicar medidas de regulación y mejora de los sistemas de ventilación/climatización. Estas acciones fueron eficaces en algunas dependencias, pero en otras, la realización de la campaña de medidas ha puesto de manifiesto la necesidad de acometer obras de remodelación que afectan íntegramente al edificio. En todos los casos el protocolo contempla la realización de nuevas medidas para verificar la eficacia de estas acciones, tal y como se muestra en el ejemplo de la Figura 4.

A finales de 2020, se dio por finalizada la campaña de medidas. Se había determinado la concentración media anual de radón en 235 dependencias y en algunas de ellas ya se habían realizado acciones de remedio constructivas. En otras, de bajo factor de ocupación, se habían establecido remedios administrativos de restricción de permanencia. El resultado final resumido del estudio es el siguiente:

En 49 dependencias el promedio anual medido de la concentración de Rn superó el nivel de referencia de $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, pero al aplicar el factor de ocupación real por parte de los usuarios el número de ellas que superan dicho nivel se reduce a 2, a las que hay que sumar otras tres salas que superan el nivel de optimización de $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

En otras 35 dependencias, el promedio anual medido de la concentración de Rn estaba entre 200 y $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, pero su número se reduce a 6 al aplicar el factor de ocupación real por parte de los usuarios.

El proceso se ha acompañado a lo largo de estos dos años con un trabajo de comunicación realizado por SPRL que ha hecho público los resultados de toda la campaña de medidas a través de la intranet del Centro y contestando a las consultas que se le han formulado sobre este tema.

CONCLUSIONES

Entre los años 2018 y 2020, el CIEMAT realizó una campaña de medida de concentración de radón en todos los edificios del centro, utilizando el sistema de medida pasivo E-PERM® que ha sido validado satisfactoriamente en condiciones reales.

Las concentraciones máximas de radón se han medido en dependencias en las que sus paramentos limitan con el terreno natural o en edificios cuya tipología constructiva facilita el flujo de gas desde el terreno a su interior y corresponden tanto a edificios construidos en terrenos afectados

por antiguas prácticas (contenido de radionucleidos naturales superior al fondo radiactivo natural) como a otros que no tienen esa consideración de acuerdo con el Plan de restauración del emplazamiento [3].

Los resultados de las medidas han permitido realizar una evaluación de la exposición al radón identificando las acciones técnicas y administrativas para reducir la exposición en el ámbito laboral y garantizar el cumplimiento de la legislación en materia de exposición al radón.

La implicación de la organización CIEMAT en la evaluación y remediación del impacto del radón ha sido fundamental y se ha realizado con una total transparencia en la difusión de la información.

REFERENCIAS

- [1] CSN, Instrucción IS-33 sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, CSN, 2012.
- [2] A. Álvarez, C. Nogueras, A. Vico, L. Yague, L. Rodríguez-Rodrigo «Experiencia del CIEMAT en la desclasificación de edificios,» www.revistanuclear.es, 2021.
- [3] CIEMAT, «Plan de Restauración del Emplazamiento,» 2011.
- [4] EURATOM, Directiva 2013/59/EURATOM del Consejo por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, 2013.
- [5] CSN, «Guía de Seguridad 11.4, Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo,» de Colección Guías de Seguridad del CSN, Madrid, CSN, 2012.
- [6] CIEMAT, «PT-SM-19-01, Determinación *in situ* de la concentración promedio de radón en aire en interiores mediante el sistema pasivo E-PERM®,» CIEMAT, Madrid, 2019.
- [7] CIEMAT, SGSM-P06-05-IT-19 Verificación de la calidad de las medidas de la concentración de radón en aire mediante el sistema pasivo E-PERM, 2019.
- [8] CIEMAT, «Medidas puntuales de evolución de la concentración de actividad de Rn en las dependencias el Edificio 19 (noviembre 2017 a enero de 2018),» 2018.
- [9] ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4), 2017.
- [10] ICRP, Ref 4836-9756-8598. Summary of ICRP Recommendations on Radon, 2018. ■