



Proyecto de I+D+i financiado por el
Consejo de Seguridad Nuclear

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y RADÓN

Entidades investigadoras: Universidad de Cantabria / CSIC – Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja



Investigador principal: Luis Santiago Quindos Poncela (LaRUC)

Autores:

Carlos Sainz Fernandez (LaRUC)

Borja Frutos Vazquez (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - CSIC)

Convocatoria: 2021

El presente Informe recoge información relativa a cada uno de los objetivos que forman parte del Proyecto financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear (diciembre 2021-junio 2024) y que se refieren a continuación, recogiendo entre paréntesis la participación de ambas instituciones en cada uno de ellos.

INTRODUCCIÓN

Desde la constitución del Grupo Radón, los materiales de construcción han constituido una de las líneas de trabajo fundamentales. En el proyecto se ha llevado a cabo una caracterización de los principales materiales empleados en la construcción de viviendas en nuestro país, no solo desde el punto de vista de radiación gamma sino también de su contribución a la presencia de gas radón en el interior de las mismas. La participación del equipo de investigación del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), ha permitido un mayor acercamiento a los materiales empleados habitualmente en la construcción y sus desarrollos actuales. Para ello, se establecieron unos objetivos concretos relacionados con la validación y puesta a punto de métodos estandarizados para evaluar en laboratorio la exhalación de radón de los materiales de construcción conformados o granulados. Para la medida en laboratorio de diferentes materiales se ha utilizado una cámara adaptada de acumulación. En ella se pudo simular situaciones realistas con materiales pétreos de baja exhalación que, en situaciones reales con configuraciones de construcción en doble pared dan lugar a una exhalación efectiva importante debido al material de relleno entre ambas paredes, como se ha comprobado en edificios históricos que poseen este tipo de sistema constructivo de gran masa estructural. Por último, se ha llevado a cabo una investigación de distintas técnicas de remediación/tratamientos, a partir del análisis de coeficiente de difusión de los materiales empleados, que permiten reducir la exhalación de radón de un material y pueden aplicarse en la práctica cuando se identifiquen situaciones de riesgo asociadas a este factor, para finalmente poder calcular las dosis debidas a los materiales de construcción tanto por radiación gamma externa como por la contribución de radón mediante la elaboración de modelos numéricos que, a partir de los resultados obtenidos nos permita pasar a situaciones reales.

A continuación, se describen brevemente los resultados obtenidos como consecuencia del desarrollo del proyecto.

OBJETIVO 1: EVALUACION POR ESPECTROMETRIA GAMMA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION TANTO NACIONALES COMO IMPORTADOS.

El Proyecto contemplaba la medida de 200 muestras: granitos, refractarios, arcillas, baldosas, azulejos, cementos, hormigones, yesos, morteros, arena y áridos. Las medidas se realizaron en el Laboratorio Acreditado ISO/IEC 17025 ENAC 1204/LE2219 de la Universidad de Cantabria siguiendo los procedimientos establecidos en el manual de calidad de dicho laboratorio.

Se han analizado 213 muestras que prácticamente proceden de todo el territorio nacional, muchas de ellas recogidas en establecimientos de venta de materiales en Cantabria. Se dispone de una serie de Tablas con los resultados obtenidos para todas las muestras clasificadas según el índice gamma propuesto en el RD. 1029/2022 de 20 de diciembre. En ellas, se puede observar que un 21% de las muestras recogidas

superan el valor recomendado de 1. En una de ellas se clasifican los materiales según sus características de tipo de material, procedencia y tipo de producto y/o tipo de uso y aplicación.

OBJETIVO 2: ESTUDIO DE LA EXHALACIÓN DE RADÓN PROCEDENTE DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

El Proyecto contemplaba la medida de 100 muestras seleccionadas de las utilizadas en espectrometría gamma, 80 medidas en laboratorio y 20 a realizar “in situ”. La medida de la exhalación de radón se ha llevado a cabo según lo establecido en la norma ISO 11665-9. Básicamente, el método consiste en cerrar el material a medir en un contenedor hermético y observar el crecimiento de la concentración de radón en el interior del mismo. A partir de ese crecimiento es posible deducir el valor de la exhalación a partir del ajuste matemático de la curva obtenida.

Se han analizado 72 materiales en laboratorio y en 18 casos “in situ”. lo que representa 10 muestras menos de las previstas. Sin embargo, se han calculado los valores de exhalación, de manera teórica de los 213 materiales según su contenido en Ra^{226} , que no se contemplaba en el objetivo, utilizando valores estándar de factor de emanación, densidad y longitud de difusión. En general, los valores de la exhalación de radón de los materiales analizados han sido bajos salvo situaciones puntuales y muy excepcionales. Por lo que representa de novedad se incluye la Figura 1 en la que se muestra la medida de la exhalación “in situ”.

La Figura 1 nos muestra el dispositivo experimental empleado para las medidas “in situ”.



Figura 1

OBJETIVO 3: ADAPTACIÓN DE LA CASA MODELO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA PARA VALIDACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN DOCUMENTO CEN/TC 351 N° 0586.

El principal objetivo estaba relacionado con la validación en la casa de granito

localizada en el Laboratorio de nuestra Universidad de los diferentes documentos CEN/TC 351 relacionados con la radiación gamma, los niveles de radón y la dosis debida a los materiales de construcción.

La Figura 2 nos muestra la casa de granito con una superficie de exhalación de 1.78 m²; chapas de acero en la parte inferior y superior, un volumen de 0,252 m³ y coeficiente de ventilación de 0,5 h⁻¹. Este último, se obtuvo introduciendo en la casa una concentración de radón de 1000 Bq/m³, observando mediante la utilización de un monitor en continuo la variación de la concentración de radón a lo largo del tiempo y comparando la misma con la correspondiente a la que ocurriría teniendo en cuenta un coeficiente de ventilación debido únicamente a la constante radiactiva del radón.



Figura 2

Establecidas las condiciones de trabajo, seleccionamos 5 materiales de construcción típicos para la evaluación de los parámetros a considerar. Ellos fueron el propio granito; hormigón; refractario; ladrillo y piedra caliza. Utilizando la denominada “casa de granito”, los experimentos se desarrollaron para cada uno de los 5 materiales de construcción que fueron colocados en su interior. Para cada uno de los materiales elegidos se realizaron medidas al objeto de comparar los resultados obtenidos con la casa derivada del documento CEN/TC 351 N° 0586. El experimento ha servido para considerar que la casa de granito ha permitido una validación de lo obtenido aplicando el documento referido tanto para el radón como para la radiación gamma externa derivada de materiales de construcción.

OBJETIVO 4: ESTUDIO DE LA EFICACIA DE PINTURAS IMPERMEABILIZANTES EN LA REDUCCIÓN DE LA EXHALACIÓN DE RADON DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Las 30 muestras incluidas en el proyecto, han sido seleccionadas y medidas según las normas establecidas: ISO/TS 11665-12:2018 e ISO/TS 11665-13:2017. La Figura 3 nos muestra dos ejemplares de pintura. Como complemento del cálculo del coeficiente de difusión tanto de pinturas como de láminas impermeabilizantes se realizaron dos ejercicios de intercomparación del método utilizado, uno con tres entidades europeas y otro recientemente iniciado con dos laboratorios españoles cuyos resultados están por desarrollar, que inicialmente no estaban contemplados en el proyecto.

Los resultados han indicado que la mayor parte de las pinturas impermeabilizantes

estudiadas necesitarían de espesores de aplicación muy elevados, lo cual no resulta práctico. Solamente para el valor del coeficiente de difusión $7.2E-13$ bastaría con un espesor de aplicación de la pintura que es razonable desde este punto de vista.

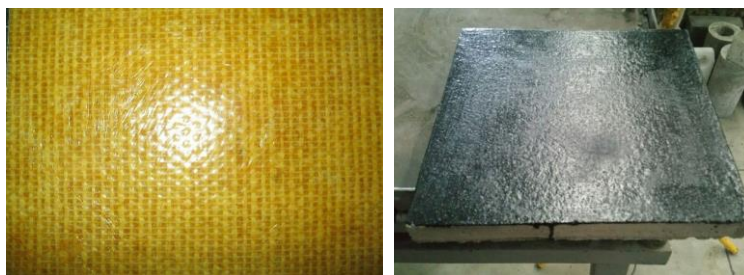


Figura 3

A destacar que, si bien la muestra es pequeña, el porcentaje de pinturas que cumplen con la propuesta del Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre (BOE 27/12/2019), si consideramos las pinturas como membranas que reducen la exhalación de radón del material, es únicamente un 20% de las pinturas estudiadas, si bien el espesor que habría que aplicar, tal y como se ha mostrado anteriormente, esta fuera del rango de aplicabilidad en la construcción.

OBJETIVO 5: ESTUDIO DE LA EFICACIA DE MEMBRANAS DE REDUCCIÓN DE LA EXHALACIÓN DE RADÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Se ha realizado un análisis de la reducción de la exhalación de radón a través de la medida del coeficiente de difusión en 40 láminas comerciales, veinte más de las previstas en el proyecto, siguiendo los mismos procedimientos que en el objetivo anterior. Se ha contado con la colaboración de diversas empresas que por razones de confidencialidad no autorizan a la publicación de sus resultados. Dado que este apartado estaba directamente relacionado con la aplicación del nuevo CTE, indicar que de las membranas analizadas solamente un 15% cumplía con los requisitos establecidos en el mencionado Código Técnico.

OBJETIVO 6: CONTROL DE LA EXPOSICIÓN EN PUESTOS DE TRABAJO DESARROLLO DE LA NORMATIVA LEGAL IS-33 DEL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR.

Se han llevado a cabo medidas de la concentración de gas radón mediante la colocación de detectores de trazas tipo CR39 en 30 instalaciones, con un promedio de 5 medidas por instalación. Todas las medidas se llevaron a cabo en nuestro laboratorio acreditado ENAC 1204/LE2219, utilizando detectores de trazas CR39 y unos tiempos de exposición superiores a los tres meses.

A modo de comentario, indicar que las concentraciones de radón en la industria relacionada con materiales de construcción son inferiores no solo a los límites establecidos en la IS-33 sino también de los 300 Bq/m^3 establecidos en el R.D. 1029/2022. No obstante, es de señalar que los niveles de polvo en suspensión resultan ser elevados, y la presencia de elementos radiactivos naturales en los mismos hace necesario de una evaluación de la dosis debida a los mismos, que queda fuera del alcance del Proyecto.

OBJETIVO 7: DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MEDIDA “IN SITU” DEL INDEX GAMMA.

Se ha diseñado el dispositivo y en la actualidad está construido y ha sido verificado con muestras de referencia en nuestro laboratorio. La Figura 4 nos muestra el equipo y a continuación se adjunta el manual de manejo del mismo. El mismo permitirá la medida del “Index Gamma” con precisión a pie de obra y de esa forma poder tomar decisiones desde la empresa relacionadas con las características radiológicas de sus materiales de construcción y poder tomar las decisiones correspondientes sin necesidad de análisis en laboratorios especializados. Se ha llevado a cabo la validación del dispositivo empleando 50 muestras de materiales de construcción en los que se evaluó el “index” a partir de las concentraciones de radio, torio y potasio y posteriormente fue medidas durante 30 minutos en el prototipo. El promedio de la correlación fue de 1.04 con una desviación estándar de 0.28, lo que hace que dicho equipo es adecuado para el control “pasa-no pasa” para un análisis “in situ” y que cuando el valor está próximo a la unidad será necesario la evaluación en laboratorio acreditado de las concentraciones de Radio, Torio y Potasio a partir de los cuales se obtendrá un valor de “index” con una incertidumbre más pequeña. Por último, se ha realizado para una muestra determinada un ejercicio de Repetibilidad midiendo la misma en siete ocasiones encontrando unas diferencias inferiores al 5%.



Figura 4

OBJETIVO 8: ANALISIS DE RESULTADOS Y APLICACIÓN MODELOS RELACIONADOS CON LA DOSIS DE RADIACIÓN DEBIDA A MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Con todo a partir de los resultados encontrados en el desarrollo del proyecto podemos establecer las siguientes conclusiones:

- **OBJETIVO 1**

Por primera vez, se dispone de una base de datos de materiales de construcción, tanto elaborados, como aquellos puedan servir para su elaboración. A partir de dicha base se podrá ir añadiendo nuevas medidas, publicarlas en revista de impacto y así aparecer en las publicaciones europeas como la realizada en 2012 por R.Trevisi et al en Journal of Environmental Radioactivity, vol 105, February 2012, pp11-20.

- **OBJETIVO 2**

a) Se ha puesto a punto para la medida en laboratorio de la exhalación de materiales de construcción según la ISO 11665-9 y se han realizado un importante número de medidas tanto de materiales elaborados como de componentes en la fabricación de los mismos.

b) Se han encontrado unos valores de exhalación de materiales de construcción elaborados muy bajos. No obstante, algunos materiales empleados para su elaboración presentan valores altos, motivo por el cual habrá que tener en cuenta la proporción en la que intervienen en el material final para no constituir una fuente de radón a los edificios y por lo tanto al incremento de la dosis debida a dicho material de construcción.

c) Empleando expresión matemática de la exhalación de radón de materiales de construcción se ha evaluado, para TODOS los materiales incluidos en este objetivo, se ha determinado lo que denominamos exhalación teórica, que para los analizados en este objetivo se ha contrastado con el experimental encontrando una concordancia razonable.

- **OBJETIVO 3**

a) Se ha llevado a cabo en una casa modelo de granito del Laboratorio de Radiación Natural de la Universidad de Cantabria una validación de los modelos establecidos en la CEN/351 con resultados muy satisfactorios tanto para la medida de la concentración de radón y la dosis derivada como de los niveles de radiación debido a la presencia de elementos radiactivos naturales en los materiales de construcción.

b) La presencia en España de muchos edificios antiguos contruidos bajo el criterio de “doble muro” se ha podido simular en la casa de granito proporcionando datos que nos permitirán poder evaluar el origen de la presencia de gas radón en dichos edificios y con ello la técnica de mitigación apropiada para su reducción.

- **OBJETIVO 4**

Aun cuando el número de pinturas impermeabilizantes es pequeño, las medidas realizadas nos muestran que no son efectivas para la reducción de la exhalación radón de materiales de construcción ya que dados los coeficientes de difusión de dichas pinturas se necesitarían espesores muy superiores a los que se pueden obtener bajo condiciones estándar de su utilización.

- **OBJETIVO 5**

Se han analizado un conjunto importante de membranas con destino a ser colocadas en la construcción siguiendo las sugerencias del CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION encontrando que un porcentaje importante de las mismas cumplen con el mismo, incluso algunas con espesores inferiores a los 2 mm requeridos en dicho Código. Sin estar incluido como objetivo, se ha coordinado, con éxito, un Inter comparación internacional y otra nacional de cara al control de calidad de las medidas del coeficiente de difusión de membranas.

- **OBJETIVO 6**

Con la colaboración de empresas del sector de la construcción se ha realizado un conjunto de medidas en puestos de trabajo, encontrando que en general, el límite de los 300 Bq/m³ no se supera dadas las condiciones de elevada aireación de las condiciones de trabajo tanto en corte como en pulido y la obligatoriedad del uso de

maskarillas para evitar la ingestión de polvo en suspensión.

- **OBJETIVO 7**

Hemos fabricado, en colaboración con una empresa electrónica local, un equipo de bajo costo para la determinación “in situ” del cumplimiento por parte de las empresas del requisito establecido en el R.D.1029 de 20 de diciembre de 2022 de evaluar el INDEX GAMMA que se pone a disposición de las mismas.

REFERENCIAS:

- .- CEN/TR17113 elaborado por CEN-CENELEC Management Centre, Brussels de la European Committee for Standardization. Titulado Construction products-Assessment of release of dangerous substances-Radiation from construction products-Dose assessment of emitted gamma radiation. 2017.
- .- CEN/TC 351 WI 00351020. Construction products: Assessment of release of dangerous substances-Radiation from construction products-Dose assessment of emitted gamma radiation. 2014.
- .- IAEA Safety Series 115. International Basic Safety Standards for the protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources.1996,
- .- RP 88 Recommendation for the implementation of title VII of the European BSS Directiva concerning significant increase in exposure due to natural radioactive sources. European Commission, Radiation Protection 88, 1977.
- .-EU regulation 305/2011 Laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council directive 89/106/EEC.
- .-IAEA Safety report 49 Assessing the need for radiation protection measures in work involving minerals and raw materials, 2006.
- .-RP96 Enhanced radioactivity of building materials, European Commission, Radiation Protection 96, 1997.
- .- Koblinger, L. Calculation of exposure rates from gamma sources in walls of dwelling rooms. Health Physics vol 34(5) 459, 1978.
- .-Risica, S. Bolzan, C. Nuccetelli, C. Radioactivity in building materials room model analysis and experimental methods. Sci. Total Environ. 272, 119-126, 2001.
- UNE-CEN/TR 17965:2023 Productos de construcción: Evaluación de la emisión de sustancias peligrosas. Guía para aplicar la sala de referencia del CEN/TC 351 a casos adicionales.2023.- CEN/TS Determination of activity concentration of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K based on NEN 5697.
- .- CEN/TC 351/WG 3 N0084. Draft TS 00351014 Radioactivity measurements- Determination of activity concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in construction products using gamma-ray spectrometry.2012.
- .- CEN/TC 351/WG 3 N0092. EU regulatory framework for naturally occurring radioactive materials.
- .- CEN/TC 351/WG 3 n 0586. Draft TR 00351020. Dose assessment of emitted gamma radiation for consultation.
- .-Trevisi, R. D´Alessandro, M. Nuccetelli, C., Risica, S. Radioactivity in building materials: a first overview of the European Scenario, SAR; Buenos Aires (Argentina); IRPA 12: 12. International congress of the International Radiation Protection Association (IRPA): Strengthening radiation protection worldwide; Buenos Aires (Argentina)2008 19-24 Oct 2008.
- .- European Commission. Radiation Protection 112. Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials, Luxembourg.1999.

- .- Ackers, J.G., Den Boer, J.F., De Jong, P. Wolschrijn, R. Radioactivity and radon exhalation rates of building materials in the Netherlands. Sci. Total Environ. 45.1985.
- .- Carrera, G. Garavaglia, M., Magnoni, S., Valli, G. Vecchi, R. Natural radioactivity and radon exhalation in stony materials. J.Environ. Radioactivity, 34 2.1997.
- .- O`Riordan, M. Hunt, G. Radiological controls for construction materials. 4th international Congress of IRPA, Paris, 1977.
- .- Maringer, F., Baumgartner, A., Rechberger, R. Seidel, C., Stietka, M. Exposure caused by natural radionuclides in building materials: current practice, regulation and radiation protection standards development. IRPA 12: 12. International congress of the International Radiation Protection Association. 2008.
- .- Estokova,A., Singovsaka, E., Vertal, M. Investigation of building materials Radioactivity in a historical building. A case study. Materials, 15(19).2022.
- .- Shahrokhi, A., Adelikhah, M., Chalupnik, S., Kocsis, E., Toth-Bodrogi, E., Kovacs, T. Radioactivity of building materials in Mahallat, Iran-An area exposed to a high level of natural background radiation-Attenuation of external radiation doses. Mater de Construcción, 70, 2020
- .- Mas, J. Caro Ramirez, J., Hurtado Bermudez, S., Leiva, C. Assessment of natural radioactivity levels and radiation exposure in new building materials in Spain. Radiat. Prot. Dosi. 194, 2021.
- .- Quindos,L. Fernandez, P., Rodenas, C., Gomez Arozamena, J. Arteche, J. Conversion factors for external gamma dose derived from natural radionuclides in soils. J. Environ. Radioact. 71, 2004.
- .- Real Decreto 1029/2022 de 20 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.
- .- Directiva 2013/59/Euratom de 9 de diciembre de 2013.