

Estudio de Monitorización: Gas Radón en edificaciones residenciales

Análisis anual de concentración de gas radón en viviendas Passivhaus y convencionales.
Periodo de medición: abril 2023 – marzo 2024

PLATAFORMA EDIFICACIÓN PASSIVHAUS

CGATE
CONSEJO GENERAL · ARQUITECTURA TÉCNICA · ESPAÑA

Coordinación
Rosalía García Sánchez, Plataforma PEP
Leonardo Llamas Álvarez, Plataforma PEP
Daniel Sánchez Peinado, Plataforma PEP
Concha Uría González, Plataforma PEP

Autores
Rosalía García Sánchez, Plataforma PEP
Leonardo Llamas Álvarez, Plataforma PEP

Alba García Rodríguez, CGATE
Juan López-Asiain Martínez, CGATE
Sonia García Ortega, IETcc - CSIC
Marina Morales Ibor, Dirección General de Salud Pública y Equidad en Salud, Ministerio de Sanidad

Contribuciones
Pilar Linares Alemparte, IETcc – CSIC
Carlos Villagrá Fernández, IETcc – CSIC
Jessica Grove-Smith, *Passive House Institute* (PHI)

Monitorización y análisis
Laura Muñiz Ardura, eZero Ingeniería

Agradecimientos
Mención especial para las personas socias de la Plataforma PEP y propietarias de las viviendas monitorizadas que se han prestado voluntarias para participar en el presente estudio.

Edita
Plataforma de Edificación Passivhaus (PEP)
Asociación sin ánimo de lucro para la divulgación del estándar de construcción Passivhaus en España.

Cofinancia
Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE)
Organismo representativo y coordinador de la organización colegial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos a nivel estatal.

Edición
1.0 noviembre de 2025

Diseño y maquetación
Daniela Barraza

PRÓLOGO

La calidad del aire interior en las viviendas constituye un factor determinante para la salud y el bienestar de sus ocupantes. Entre los contaminantes más relevantes que pueden estar presentes en el aire interior se encuentra el radón, un gas natural radioactivo procedente del terreno. La **Organización Mundial de la Salud** advierte que la exposición prolongada a concentraciones elevadas de radón es la **segunda causa de cáncer de pulmón**, después del tabaco. Por este motivo, la protección frente a este gas se ha convertido en una prioridad dentro del ámbito de la edificación y la salud pública.

La **Directiva 2013/59/Euratom**, por la que se establecen normas básicas de seguridad para la protección contra los peligros derivados de las radiaciones ionizantes, marcó un punto de inflexión al exigir a los Estados miembros la adopción de medidas concretas para limitar la exposición al radón en viviendas y lugares de trabajo. En España, esta directiva se transpuso mediante el **Real Decreto 1029/2022**, que refuerza la protección de la población frente a las radiaciones ionizantes e impulsa la aplicación de estrategias específicas de prevención y control del radón.

En este contexto, las administraciones públicas españolas han desarrollado distintas herramientas para fomentar y facilitar la protección de los edificios frente al radón. Entre ellas destacan el **Plan Nacional frente al Radón**, que coordina las actuaciones de vigilancia, información y mitigación; el **Documento Básico HS6: Protección frente a la exposición al radón** del Código Técnico de la Edificación (CTE), que desde 2019 establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para reducir el riesgo de acumulación de radón en el interior de los edificios; y la **Guía de protección frente al radón en los edificios**, que proporciona orientaciones prácticas para la aplicación de soluciones eficaces en función del tipo de construcción y de las características del terreno

Por su parte, el estándar **Passivhaus**, aunque centrado principalmente en la eficiencia energética y el confort térmico, introduce condiciones de hermeticidad y ventilación controlada que pueden influir de manera relevante en las concentraciones de radón en el interior de las viviendas.

El presente informe tiene como finalidad analizar y comparar los niveles de concentración de radón medidos en viviendas construidas con anterioridad a la entrada en vigor del Documento Básico HS6 del CTE, es decir, sin sistemas de protección específicos frente al radón. El estudio contempla dos tipologías edificatorias: viviendas que cumplen con el estándar Passivhaus y viviendas convencionales de características similares, todas ellas ubicadas en distintas zonas geográficas de España. Este análisis permite obtener una visión más completa sobre la **eficacia de los diferentes enfoques constructivos** en la reducción del riesgo asociado al radón. De esta manera, este análisis pretende ser una herramienta útil para profesionales del sector, responsables técnicos y legisladores, en la búsqueda de soluciones constructivas que minimicen los riesgos asociados a este gas invisible pero potencialmente peligroso.

La protección frente al radón no solo es una exigencia reglamentaria, sino una responsabilidad colectiva en favor de la salud pública. En este sentido, es necesario reconocer el esfuerzo y el compromiso de la **Plataforma de Edificación Passivhaus**, que ha hecho posible la realización de un estudio tan valioso y necesario como este, orientado a promover una edificación más **segura, saludable y sostenible**.

Pilar Linares Alemparte
Dra. Arquitecta
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - CSIC

ÍNDICE

1. Introducción 6
   - 1.1. Marco legislativo español 6
   - 1.2. Marco legislativo europeo 8
   - 1.3. Marco legislativo americano 13
   - 1.4. Objetivo del informe 17
   - 1.5. Metodología de evaluación 17
2. Evaluación del Radón 18
   - 2.1. Riesgo en España 18
   - 2.2. Municipios de riesgo 18
   - 2.3. Cartografía de referencia 19
   - 2.4. Evaluación de la concentración de radón 20
   - 2.5. Soluciones constructivas 21
3. Impacto en la salud del radón en España 22
   - 3.1. Radón y cáncer de pulmón 22
   - 3.2. Otros factores de riesgo 23
4. Situación respecto a los valores guía de la OMS 24
5. Evaluación de radón en los edificios medidos 26
   - 5.1. Introducción 26
   - 5.2. Metodología 27
   - 5.3. Análisis de resultados por comunidades 27
     - 5.3.1. Datos en Comunidad de Madrid 27
     - 5.3.2. Datos en Cataluña 29
     - 5.3.3. Datos en Galicia 30
     - 5.3.4. Datos en Castilla y León 31
     - 5.3.5. Datos en Castilla La Mancha 32
     - 5.3.6. Datos en Extremadura 33
     - 5.3.7. Datos en Aragón 33
     - 5.3.8. Datos en Comunidad Valenciana 34
     - 5.3.9. Datos en Cantabria 35
     - 5.3.10. Datos en Asturias 36
     - 5.3.11. Datos en Navarra 37
6. Conclusiones generales 38

Epílogo 40

Bibliografía 41

Anexos 43

1. Introducción

El radón es un gas noble radioactivo de origen natural que se produce por la desintegración del uranio presente en suelos y rocas. Es incoloro, inodoro y, debido a que su densidad es mayor que la del aire, tiende a acumularse en las partes bajas de espacios cerrados como viviendas y edificios. La exposición prolongada a concentraciones elevadas de radón en interiores representa un riesgo importante para la salud humana, siendo considerado por la Organización Mundial de la Salud como la segunda causa principal de cáncer de pulmón después del tabaquismo.

Este gas está muy presente en las zonas graníticas de nuestro país, pero la distribución del radón en España es muy heterogénea. Las comunidades autónomas con mayor porcentaje de población expuesta a niveles superiores a 300 Bq/m³ (unidad de radón) son Galicia (14,08%), Canarias (8,12%) y Extremadura (7,99%).

En este contexto, la Plataforma Edificación Passivhaus (PEP) con el apoyo del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE), han llevado a cabo un Estudio de Monitorización de Radón en edificios Passivhaus y no Passivhaus ubicados en zonas geográficas críticas con altos niveles de radón en España. Su objetivo es averiguar si las viviendas Passivhaus mantienen un nivel de gas radón menor en comparación con otros edificios convencionales, y, de esta forma, certificar el estándar Passivhaus como medida de protección contra el radón ante la Asociación Europea del Radón (ERA).

El estudio se ha desarrollado a lo largo de un año completo, dividido en dos periodos de seis meses: del 1 de abril al 30 de septiembre de 2023 (periodo estival) y del 1 de octubre de 2023 al 31 de marzo de 2024 (periodo invernal). Para la medición se han empleado medidores de trazas de radón, dispositivos pasivos que permiten obtener una media de concentración acumulada durante largos periodos de exposición, sin necesidad de alimentación eléctrica ni instalación técnica.

1.1. Marco legislativo español

En España, la regulación sobre el gas radón ha experimentado una evolución significativa, especialmente en la última década, impulsada por la ***Directiva 2013/59/Euratom***[1] y su trasposición.

El primer paso que se da en cuanto a la redacción de normas referentes al radón es con el ***Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes*** (2001)[2]. Tiene por objeto establecer las normas relativas a la protección de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, pero no se aplica a situaciones de exposición al radón en las viviendas. Más tarde se modificó por el Real Decreto 1439/2010[3].

[1] *Directiva 2013/59/Euratom del consejo de 5 de diciembre de 2013 por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0059

[2] *Real Decreto 783/2001 de 6 de julio por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes* https://www.boe.es/buscar/pdf/2001/BOE-A-2001-14555-consolidado.pdf

[3] *Real Decreto 1439/2010 de 5 de noviembre* https://www.boe.es/boe/dias/2010/11/18/pdfs/BOE-A-2010-17709.pdf

A continuación, se redacta la ***Instrucción IS-33*** (2011)[4] *del* ***Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural***. El objeto de esta Instrucción es establecer criterios radiológicos sobre los aspectos relacionados con la exposición a la radiación natural en lugares de trabajo. En ella se indica que el nivel para la protección de los trabajadores frente a la exposición al radón en sus puestos de trabajo debe ser de 600 Bq/m^3 de concentración media anual. Sin embargo, en caso de los lugares de trabajo con elevada permanencia, el nivel será de 300 Bq/m^3 de concentración media anual.

Los niveles de referencia para las actuaciones indicadas deben ser los siguientes:

- < 600 Bq/m^3: no es necesario control.
- 600-1000 Bq/m^3: se debe aplicar un nivel bajo de control.

Como documento técnico, el *Código Técnico de la Edificación*[5] (CTE) incluye desde el año 2019 una sección destinada a la protección frente al radón proveniente del terreno y que pudiese penetrar al interior de las edificaciones. Se trata del ***Documento Básico HS 6 Protección frente a la exposición al radón***[6], que con soluciones constructivas persigue dar cumplimiento a la exigencia básica *13.6:*

> *13.6. Exigencia básica HS 6: Protección frente a la exposición al radón*[7]:
> *Los edificios dispondrán de medios adecuados para limitar el riesgo previsible de exposición inadecuada a radón procedente del terreno en los recintos cerrados.*

Esta sección del Documento Básico de Salubridad hace referencia a los siguientes aspectos:

- Ámbito de aplicación
- **Nivel de referencia** para el promedio anual de concentración de radón en el interior de locales habitables: **300 Bq/m^3**
- Soluciones para la verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia
- Características de los productos de construcción y control de su recepción.
- Ejecución del edificio, control de la ejecución y control de la obra terminada.
- Mantenimiento y conservación.

Además, clasifica los términos municipales en zona I o zona II en función de la probabilidad de que los edificios en ellos construidos presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia. Finalmente, describe el proceso para determinar el promedio anual de concentración de radón en el aire de los locales habitables de un edificio indicando:

- Número de detectores y su localización.
- Instalación de los detectores.
- Condiciones durante la exposición.
- Análisis de los resultados.
- Estimación del promedio anual de concentración de radón.

[4] *Instrucción IS-33 de 21 de diciembre de 2011 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural.* https://www.boe.es/boe/dias/2012/01/26/pdfs/BOE-A-2012-1238.pdf
[5] *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*
[6] DB HS del CTE disponible en: https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/Salubridad.html
[7] Parte 1 del CTE disponible en: https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/parte1.html

Por su parte, en el año 2022, se aprobó el *Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes*[8], abordando la problemática del radón desde el ámbito de la protección radiológica. Este reglamento remitía a un listado de términos municipales de actuación prioritaria a determinar por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), que en mayo de 2025 ha sido actualizado mediante la *Instrucción IS-47* [9] del CSN.

Este reglamento tiene por objeto establecer las normas relativas a la protección de la salud de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. Se aplicará a cualquier situación que implique un riesgo de exposición a radiaciones ionizantes que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica en recintos cerrados, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente a largo plazo.

Los niveles de referencia que se establecen son los siguientes:

a) Para la exposición al radón en recintos cerrados, **300 Bq/m3**, en términos del promedio anual de concentración de radón en aire, tanto para las viviendas o los edificios de acceso público como para los lugares de trabajo.
b) Para la exposición externa en recintos cerrados a la radiación gamma procedente de los materiales de construcción, 1 mSv por año, adicionalmente a la exposición externa al aire libre.

España también cuenta con un ***Plan Nacional Contra el Radón*** (2024)[10], el cual recoge las estrategias establecidas y las actividades a desarrollar por las diferentes administraciones públicas con el fin de reducir el riesgo para la salud de la población por exposición al radón. Este documento pretende conocer la magnitud del problema, reducir la exposición, potenciar la investigación en ambientes interiores y desarrollar una metodología para la evaluación del riesgo.

1.2. Marco legislativo europeo

En el ámbito europeo, la referencia normativa más relevante es la mencionada Directiva 2013/59/Euratom del Consejo, que establece criterios básicos de seguridad para la protección frente a los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Esta directiva establece en su artículo 103 que los Estados miembros de la Unión Europea deben elaborar un plan nacional de acción para abordar la exposición al radón, así como la implementación de estrategias de control en edificaciones nuevas y existentes.

[8] *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*
[9] *Instrucción IS-47, de 9 de abril de 2025, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se aprueba el listado de términos municipales de actuación prioritaria contra el radón y se establecen directrices para las mediciones de radón en el aire interior de los centros de trabajo ubicados en ellos*
[10] *Plan Nacional Contra el Radón (2024),* Ministerio de Sanidad https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/radon/publicaciones/docs/Plan_Nacional_contra_el_Radon.pdf

En él se establece específicamente que el plan de acción nacional debe fijar «Objetivos a largo plazo en términos de reducción del riesgo de cáncer de pulmón atribuible a la exposición al radón (para fumadores y no fumadores)». Sin embargo, no fue hasta diciembre de 2019 que se modificó la normativa española de edificación para incluir este aspecto. Algunos países europeos, como Finlandia, República Checa o Irlanda, han establecido niveles de referencia más estrictos que España, en torno a los 100–200 Bq/m³, reflejando una preocupación creciente por el impacto sanitario del radón.

Por otro lado, entre los distintos países existen diferencias marcadas en cuanto a la inversión en diagnóstico, la disponibilidad de expertos certificados en mitigación y la exigencia legal de corrección. El proyecto europeo JRC-Radon ha identificado estas disparidades, destacando la necesidad de una armonización normativa y un compromiso político más fuerte a nivel de la Unión Europea.

REINO UNIDO

Cuenta con el **Documento aprobado C de preparación del terreno y protección frente a contaminantes y humedad** [11] (2004). Sin embargo, la última versión del año 2013 incorpora:

- Definición y riesgos del radón
- Guía de medidas de protección contra el radón
- Referencias a normas de diseño de las normas británicas
- Guía para terrenos contaminados
- Materiales y calidad de ejecución

Previo a este documento, se redactaron la BR376 Guía de Radón sobre medidas de protección para viviendas nuevas en Escocia (1999) y la BR413 Guía de Radón sobre medidas de protección para viviendas nuevas en Irlanda del Norte (2001). Más tarde se desarrolló la BR211 Guía de Radón sobre medidas de protección para edificios nuevos (2015), hasta que en el año 2023 se redactó la **Guía de Radón sobre medidas de protección para edificios nuevos**[12], incluyendo el asesoramiento complementario para proyectos de ampliación, reforma y rehabilitación; de tal forma que engloba las tres anteriores y las reemplaza.

El 1 de enero de 2018 entra en vigor el **Reglamento frente a Radiación Ionizante** (IRR2017)[13] en el ámbito laboral, el cual sustituye al reglamento IRR99. Se aplica a cualquier práctica y cualquier trabajo (distinto de una práctica) realizado en una atmósfera que contenga gas radón con una concentración de actividad media anual en el aire superior a 300 Bq/m³, aunque existen excepciones a las que no se les aplica este reglamento. Es relevante para empleados que trabajan con radiación ionizante, asesores de protección radiológica, supervisores de protección radiológica y responsables generales de seguridad y salud.

Además, se han redactado dos **Planes Nacionales de Acción contra el Radón**. El primero (2018)[14] presenta los elementos existentes de control del radón cumpliendo con los

[11] *Approved Document C. Site preparation and resistance to contaminants and moisture. UK Building Regulations* https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a8192a0e5274a2e8ab54b5f/BR_PDF_AD_C_2013.pdf
[12] *Radon: Guidance on protective measures for new buildings* (2023), *Building Research Establishment* (BRE) https://bregroup.com/store/bookshop/radon-guidance-on-protective-measures-for-new-buildings-2023-edition
[13] *The Ionising Radiations Regulations* (2017) https://www.legislation.gov.uk/uksi/2017/1075/contents/made
[14] *UK National Radon Action Plan, Public Health England* (2018) https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5c1917e7ed915d0b753d1568/UK_National_Radon_Action_Plan.pdf

requisitos relacionados con el radón establecido en el Reglamento frente a Radiación Ionizantes de 2018 que incorpora parte de la Directiva europea sobre normas básicas de seguridad para la protección frente a las radiaciones ionizantes[15]. Dentro de su contenido, se puede encontrar:

- Definición del radón, riesgos para la salud, consejos, fuentes de exposición al radón.
- Estrategia contra el radón.
- Existencia del radón: límite en viviendas (200 Bq/m^3), límite en lugares de trabajo (300 Bq/m^3) IRR 2017, radón en el agua, protección en nuevas viviendas, exhalación del radón a través de materiales de construcción, comunicación sobre el radón.
- Futuro plan de acción contra el radón.

La segunda edición (2023)[16], de momento es un borrador que sustituye a la primera. Describe las propiedades y riesgos para la salud del radón, su distribución en el Reino Unido, las vías de exposición, cómo se evalúa y se gestiona la exposición al radón en viviendas, lugares de trabajo, edificios nuevos, suministros de agua y materiales de construcción, y los enfoques de comunicación sobre el radón con los grupos de personas afectadas.

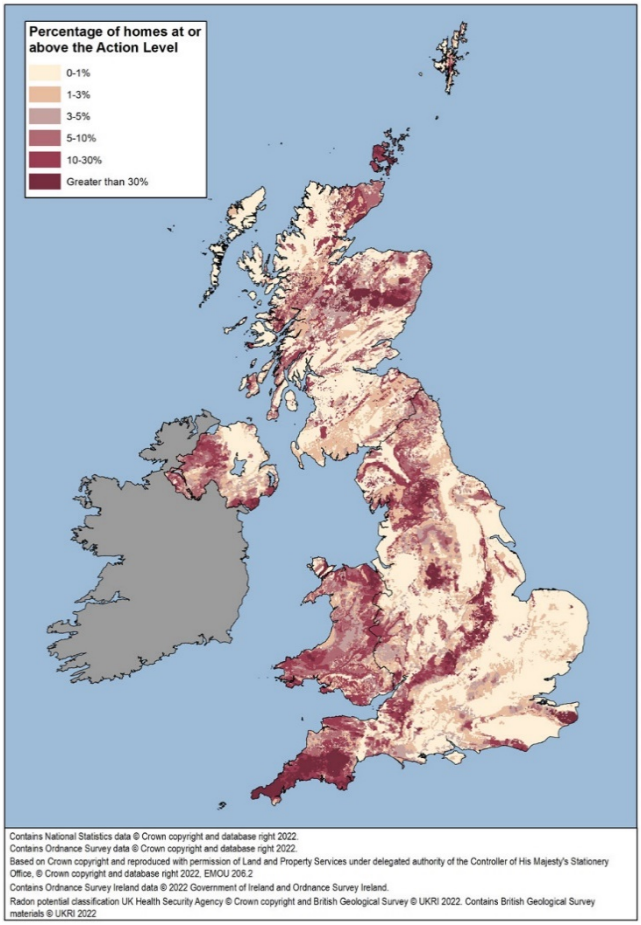


Figura 1: Mapa de porcentajes de nivel de afectación de radón en Reino Unido. Fuente: *British Geological Survey 2022*

[15] *Directiva 2013/59/Euratom por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0059

[16] *UK National Radon Action Plan, second edition, UK Health Security Agency* (2023) https://assets.publishing.service.gov.uk/media/655ca137046ed400148b9d4a/UK-national-radon-action-plan-second-edition.pdf

IRLANDA

Al igual que Reino Unido, Irlanda cuenta con un Reglamento para el control del radón en los lugares de trabajo. Este documento se llama ***Statutory Instruments. Radiological Protection Act 1991. Regulations 2019***[17]. Mediante el mismo se obliga a los empleadores en zonas de altos niveles de radón a realizar pruebas de detección de radón y se numeran los siguientes requisitos:

- El nivel de referencia nacional para los niveles de radón en el aire en interiores en **lugares de trabajo es de 300 Bq/m³**.
- Las pruebas de radón deben realizarse de acuerdo con el Protocolo de medición para hogares y lugares de trabajo de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).
- Cuando los resultados de una prueba de radón superen los 300 Bq/m³, se deberán adoptar medidas correctivas para reducir el nivel de radón por debajo de ese valor.
- Después de los trabajos de reparación, se realizarán más pruebas de radón tan pronto como sea posible para determinar si los niveles de radón se han reducido por debajo del nivel de referencia nacional.
- Los trabajos de corrección y las pruebas de seguimiento de radón deben completarse dentro de los 12 meses a partir de la fecha de la prueba de radón original que identificó por primera vez niveles de radón superiores a 300 Bq/m³.
- Si, tras las obras de reparación, los niveles de radón siguen siendo superiores a 300 Bq/m³, el empresario o el trabajador autónomo deberá:
    - Notificar a la Agencia de Protección Ambiental (EPA)
    - Evaluar la dosis de radiación a los trabajadores y actualizar esta evaluación de acuerdo con las pautas que pueda emitir la EPA.

Entre los años 2014 y 2024, se redactaron dos **Estrategias Nacionales del Control del Radón**[18]. La primera fase (2014-2018)[19] describe la magnitud del problema del radón en Irlanda, los niveles de referencia de radón (en **viviendas 200 Bq/m³**), recomendaciones para nuevas viviendas, propietarios y empleados, y un plan de acción para implementar medidas. Se encontraron algunas brechas de conocimiento, las cuales se pretenden investigar y subsanar en la segunda fase (2019-2024)[20], para mejorar la gestión y el control del riesgo y se han dividido en tres áreas:

- Mejorar la efectividad de las medidas preventivas y de mitigación del radón
- Mejorar la orientación de las medidas y los recursos
- Desarrollar la comunicación del riesgo del radón y aumentar la conciencia.

En cada una de ellas se indica el nivel de prioridad. Además, establece 33 acciones con el objetivo final de reducir el número de casos de cáncer de pulmón relacionados con el radón. Esta labor se implementará durante un período de cinco años y las acciones se enmarcan en cinco áreas temáticas:

[17] *Statutory Instruments. Radiological Protection Act 1991. Regulations 2019 (SI. No. 30 of 2019)* https://www.irishstatutebook.ie/eli/2019/si/30/made/en/pdf
[18] *National Radon Control Strategy*, EPA https://www.epa.ie/our-services/monitoring--assessment/radiation/national-radon-control-strategy/
[19] *National Radon Control Strategy, Phase 1 (2014)* https://www.epa.ie/publications/monitoring--assessment/radon/2014_02_12_National-Radon-Control-Strategy_FINAL.pdf
[20] *National Radon Control Strategy, Phase 2 (2019)* https://www.epa.ie/publications/monitoring--assessment/radon/Knowledge-Gaps-Phase-2.pdf

Como documento técnico, cuentan con el **Documento de Orientación Técnica C sobre preparación del suelo y resistencia a la humedad (2023)**[21] que establece que todas las viviendas nuevas en una zona con alto nivel de radón deben contar con una membrana de radón.

En la sección 2: sustancias peligrosas, se hace mención al radón. Se indica que el **nivel nacional de referencia en viviendas** debe ser de **200 Bq/m³** y en **lugares de trabajo 300 Bq/m³** de concentración media anual.

También indica medidas de protección del edificio en función de si se encuentra en zonas de alta concentración de radón o zonas con menos concentración. Además, especifica por ejemplo los requisitos técnicos que deben cumplir las membranas de polietileno de baja densidad resistentes al radón.

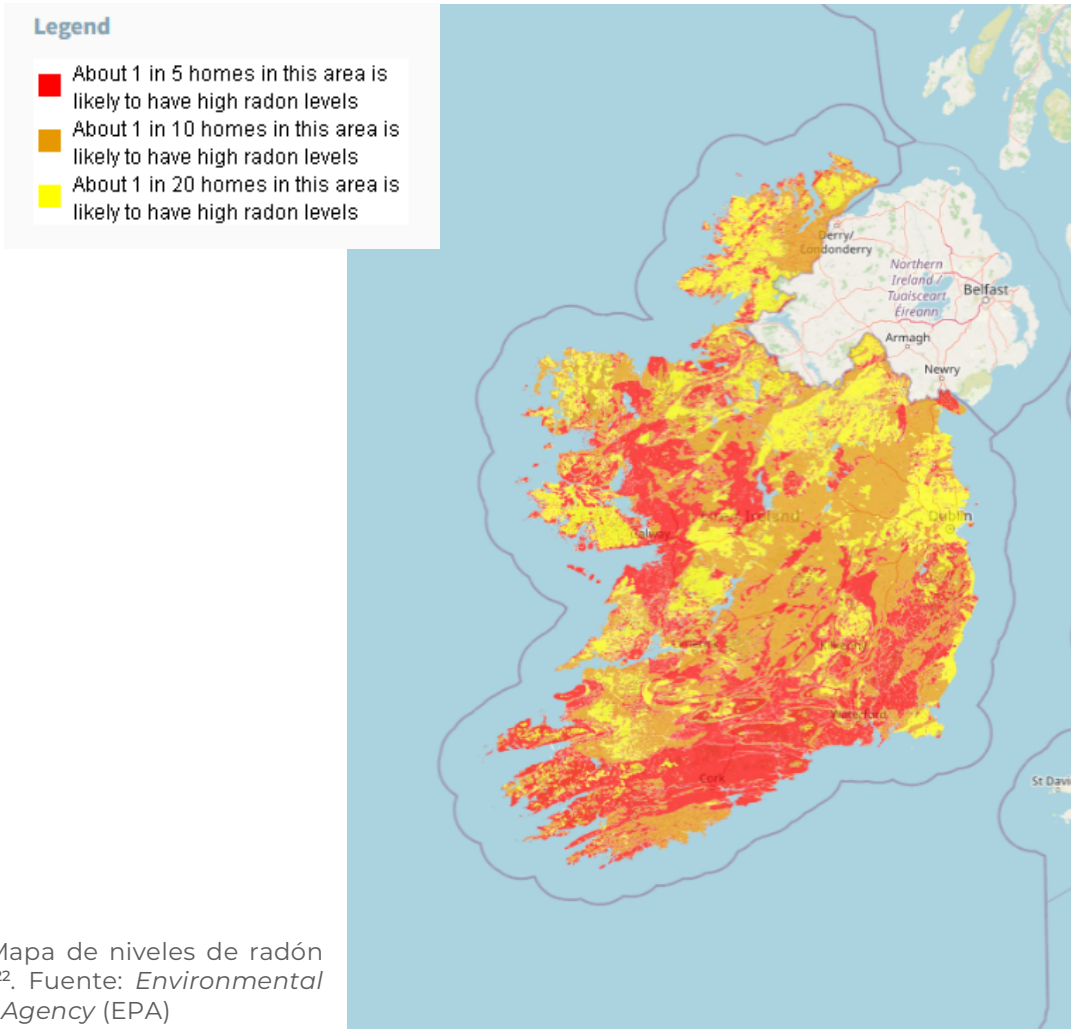


Figura 2: Mapa de niveles de radón en Irlanda[22]. Fuente: *Environmental Protection Agency* (EPA)

[21] *Technical Guidance Document C. Site Preparation and Resistance to Moisture. Government of Ireland* https://assets.gov.ie/static/documents/technical-guidance-document-c-site-preparation-and-resistance-to-moisture-2023-amendme.pdf

[22] *Radon Risk Map of Ireland* (EPA) https://gis.epa.ie/EPAMaps/Radon?&lid=EPA:RadonRiskMapofIreland&_gl=1*11f3g7j*_ga*MzcwMzU4OTUzLjE3NTg4ODcwNzI.*_ga_TPK2CK9KEX*czE3NTkxMjg3NTMkbzIkZzEkdDE3NTkxMjg3ODEkajMyJGwwJGgw

1.3. Marco legislativo americano

EE.UU.

En Estados Unidos, la *Environmental Protection Agency* (EPA) lidera los esfuerzos en la gestión del radón. Aunque no existe un límite legal obligatorio a nivel nacional, la EPA recomienda una acción correctiva cuando los niveles en ambientes interiores superan los **148 Bq/m³** (4 pCi/L).

Ya en 1988 el Congreso de Estados Unidos promulgó una ley conocida como *Indoor Radón Abatement*, que establecía como objetivo a largo plazo que los niveles de radón, en el interior de los edificios, deberían ser tan bajos como en el aire exterior. Al ser una ley federal, se aplica en todos los Estados. A partir entonces, comienzan a estructurarse normas y recomendaciones para todos los edificios, así como las políticas de control para los edificios gubernamentales. La EPA publica después la Guía para el ciudadano sobre el radón[23] y se establecen oficinas de radón en todos los Estados de la Unión.

Actualmente el país dispone de programas de sensibilización y certificación de profesionales en mitigación, así como ayudas para correcciones en viviendas. Cuentan con un **Plan de Acción Nacional contra el Radón** (NRAP)[24]. En él se fijó en 2021 el objetivo de que el país detecte, solucione y prevenga los altos niveles de radón en interiores en 8 millones de edificios para 2025, prevenir un promedio de al menos 3500 muertes por cáncer de pulmón al año y salvar un cuarto de millón de vidas en esos edificios durante los próximos 74 años. El Plan engloba los siguientes apartados:

- Incorporar medidas de reducción del riesgo de radón: pruebas de medición de radón obligatorias, informando a los compradores o arrendatarios de la presencia de radón en la vivienda y cumpliendo la normativa.
- Apoyo a través de fondos para el control del radón destinado a propietarios con bajos ingresos y teniendo en cuenta el radón en los planes de control de cáncer.
- Aumentar la capacidad usando servicios de radón profesionales: datos sólidos sobre el riesgo de radón y seguir normas y certificados alineados y coherentes.
- Aumentar el conocimiento y la conciencia sobre este tema.

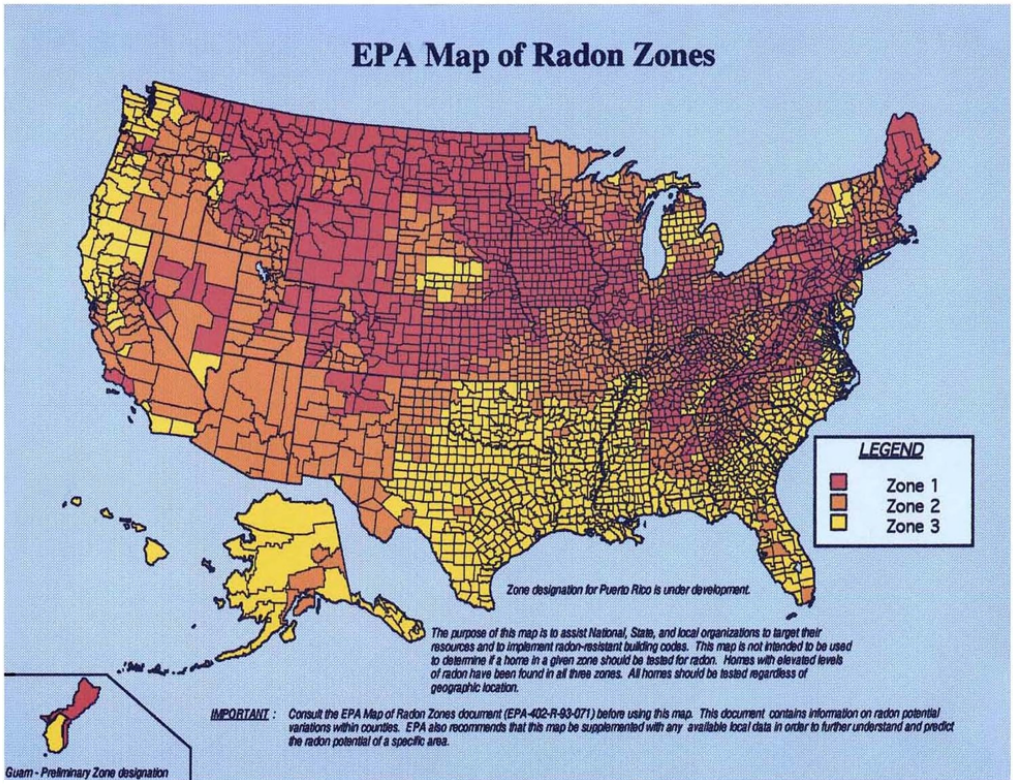
Además, la EPA ha participado activamente en el proceso de elaboración de normas voluntarias ANSI/AARST [25], liderado por la industria del radón. Otros documentos de referencia que la EPA pone a disposición son:

- **Técnicas de construcción resistentes al radón**[26]: Este documento está destinado a servir como modelo para ser utilizado por las organizaciones, los Estados y otras jurisdicciones, a medida que desarrollen y adopten códigos de construcción, apéndices de códigos o normas específicamente aplicables a sus requisitos regionales únicos de control del radón.

[23] *Manual Informativo sobre el Radón. La guía para proteger a su familia y a usted del radón*, U.S. EPA https://espanol.epa.gov/sites/default/files/2017-09/documents/manual_informativo_sobre_el_radon.pdf
[24] *The National Radon Action Plan (2021-2025).* U.S. EPA *http://www.radonleaders.org/sites/default/files/2022-01/NRAP-2021-2025-Action-Plan-508.pdf*
[25] El consorcio AARTS (Asociación Americana de Técnicos y Científicos de Radón) es un desarrollador de normas aprobado por ANSI (Acreditación del Instituto Nacional Americano de Estándares). https://standards.aarst.org/
[26] https://archive.epa.gov/epa/sites/production/files/2014-11/documents/model_standards.pdf

- **Recursos para constructores y contratistas de nuevas construcciones resistentes al radón** (RRNC)[27] que incluye:
    - Sistema de control pasivo de radón para nuevas construcciones
    - Reducción del radón en viviendas unifamiliares de nueva construcción
    - Instalación de componentes de control de radón en viviendas unifamiliares y adosadas de nueva construcción
    - Construcción sin radón: Una guía paso a paso sobre cómo construir viviendas resistentes al radón (abril de 2001, EPA 402/K01/002)

En cuanto al ámbito laboral, la Administración Ocupacional de Seguridad y Salud (OSHA) es la responsable de la seguridad de los trabajadores estadounidenses. En materia del radón, se redacta el documento de las **Regulaciones de Radiación Ionizante** [28] el cual promueve unas correctas condiciones para los trabajadores en sus puestos de trabajo indicando quién y cómo se debe hacer la medición en el lugar de trabajo, etc.



	Zone 1 (red zones)	Highest potential; average indoor radon levels may be greater than 4 pCi/L (picocuries per liter)
	Zone 2 (orange zones)	Moderate potential; average indoor radon levels may be between 2 and 4 pCi/L
	Zone 3 (yellow zones)	Low potential; average indoor radon levels may be less than 2 pCi/L

Figura 3. Mapa de zonas de radón en EE.UU. Fuente: *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA)

[27] *Builder and Contractor Resources for Radon-Resistant New Construction* (RRNC), U.S. ERA
https://www.epa.gov/radon/builder-and-contractor-resources-radon-resistant-new-construction-rrnc
[28] *Radon in the Workplace, The OSHA Ionizing Radiation Regulations*
https://aarst.org/proceedings/2004/2004_07_Radon_in_the_Workplace_The_OSHA_Ionizing_Radiation.pdf

CANADÁ

En Canadá, el Comité Federal Provincial Territorial de Protección Radiológica aprobó en 2006 la **Guía para la Medición del Radón en viviendas**[29]. Este documento está dirigido a personas u organizaciones cuyo propósito es llevar a cabo mediciones de radón en edificios residenciales para determinar si se requiere de medidas correctivas.

La Guía describe aspectos como:

- Duración de la medición del radón: a largo plazo (de 3 a 12 meses) y a corto plazo (recomendable complementarlo con medición de seguimiento a largo plazo).
- Aparatos de medición a largo plazo y a corto plazo.
- Medidas de medición del radón: Bq/m^3, pCi/L, Working Levels (WL).
- Procedimiento de medición en viviendas.
- Interpretación de los resultados.
- Tiempos recomendados para acciones correctivas.

Como documento técnico, Canadá cuenta con el *National Building Code*. La primera versión de 2005 marcaba como nivel de referencia 800 Bq/m^3. En la edición de 2010 hace referencia a la necesidad de reducir la concentración de radón por debajo de **200 Bq/m^3**. Aparece aquí uno de los principales criterios en los que se basan para establecer si la concentración es aceptable o no: el tiempo que los usuarios pasan dentro de los edificios. De esta forma, *Health Canada* recomienda instalar una medida de eliminación de radón en aquellos edificios en el que las personas pasen más de **4 horas al día**. En la edición de 2020 se detalla cómo deben de colocarse los conductos de extracción de radón y evitar la entrada del mismo en los edificios.

En 2021 se publica la **Guía para la medición del radón en edificios públicos**[30]. Este documento está dirigido a personas y organizaciones que realicen mediciones de radón en edificios públicos que tienen una alta tasa de ocupación y/o periodo de residencia. Debido a que las pruebas en edificios públicos requieren un protocolo diferente al de las viviendas, el propósito de este documento es brindar orientación sobre los dispositivos de medición, su ubicación, la duración de las mediciones y su interpretación en este tipo de edificios. Este documento describe aspectos como:

- Duración de la medición del radón: las mediciones a largo plazo tienen una duración de 3-12 meses. No son aceptables las mediciones a corto plazo, debe confirmarse con una medición de seguimiento a largo plazo.
- Dispositivos de medición de radón: detectores de trazas alfa, cámara de iones electret y monitores continuos de radón.
- Unidades de medición de radón: Bq/m^3 y pCi/L (1pCI/L = 37 Bq/m^3)
- Procedimiento recomendado para la prueba de radón en edificios públicos.
- Interpretación de los resultados.

En cuanto al control del radón, existen las siguientes normas:

- **Opciones de control del radón para edificios nuevos** (2024)[31]. Esta Norma Nacional de Canadá proporciona soluciones técnicas para dos niveles de

[29] *Guide for Radon Measurements in Residential Dwellings, The Federal Provincial Territorial Radiation Protection Committee*
[30] Guide for Radon Measurements in Public Buildings, *Health Canada*
[31] *Radon control options for new buildings* (CAN/CGSB-149.11-2024), *Standards Council of Canada*

opciones de control de radón durante la construcción del edificio, incluyendo orientación para el diseño del sistema, materiales, productos y requisitos de instalación, así como especificaciones básicas para minimizar la entrada del gas. Estas soluciones técnicas abordan lo siguiente:

a) Hermeticidad entre el edificio y el terreno.
b) Despresurización pasiva del espacio entre el edificio y el terreno.

- **Opciones de mitigación del radón para edificios existentes** (2024)[32]. Esta Norma Nacional de Canadá proporciona detalles sobre dos tipos de sistemas de mitigación de radón que pueden seleccionarse según las condiciones presentes en un edificio existente y sus alrededores.

  Los sistemas ASD (Sistemas de despresurización activa del terreno) es el método preferido en Canadá para reducir el radón en un edificio, cuando se instala de acuerdo a esta norma. Se ha demostrado que puede reducir significativamente los niveles de radón y es simple y fácil de mantener.

  También se ha demostrado que los sistemas de ventilación controlada en edificios herméticos reducen las concentraciones de radón en interiores entre 20 y 50 % de media. La ventilación puede utilizarse como opción complementaria o en determinadas circunstancias donde los sistemas ASD no son prácticos.

Además, se han preparado **guías de actuación sobre el radón** a nivel de municipios y de provincias y territorios.

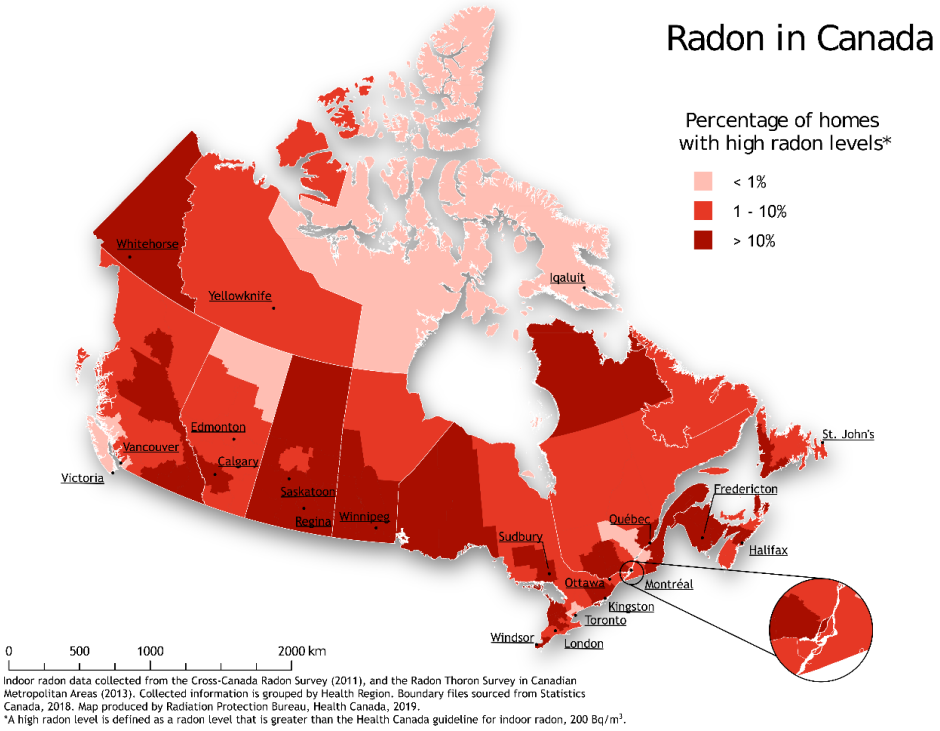


Figura 4: Mapa de los niveles de radón en Canadá. Fuente: Gobierno de Canadá

[32] Radon mitigation options for existing buildings (CN/CGSB-149.12-2024), *Standards Council of Canada*

1.4. Objetivo del informe

El objetivo principal de este estudio es analizar la concentración de gas radón en el interior de 38 edificios residenciales certificados Passivhaus y compararla con la de edificios de control de características arquitectónicas y constructivas similares, y ubicados en el mismo entorno geográfico pero que no cuentan con la certificación Passivhaus. Por lo tanto, la intención del estudio era la medición promedio del nivel de radón en 76 edificios, aunque finalmente se obtuvo la medición en 73 de ellos.

Esta comparación permitirá evaluar en qué medida la arquitectura pasiva influye en la acumulación de radón en el interior de las viviendas, tanto en época estival como invernal. Dado que el estándar Passivhaus garantiza una envolvente hermética y el empleo de una ventilación mecánica controlada de doble flujo, resulta especialmente relevante comprobar si estas estrategias reducen, favorecen o no tienen impacto sobre la acumulación de este gas radiactivo. Estudios en Alemania[33] han demostrado cómo, mientras la ventilación está encendida en una Passivhaus, el radón se mantiene en niveles bajos. Sin embargo, al apagarla, aumenta muy por encima del nivel de referencia.

El informe tiene también como fin proporcionar datos que ayuden a valorar la eficacia de los sistemas constructivos avanzados frente a amenazas ambientales invisibles como el radón. Asimismo, pretende generar recomendaciones para futuros proyectos arquitectónicos, especialmente en zonas de riesgo medio o alto de radón, de acuerdo con los mapas oficiales del CSN.

1.5. Metodología de evaluación

La metodología empleada se basa en una monitorización prolongada, durante un año completo, utilizando medidores de trazas pasivos que miden la concentración media de gas radón en una habitación. Esto significa que no requieren instalación ni conexión eléctrica. Estos dispositivos, colocados en estancias habitadas representativas dentro de la envolvente térmica de las viviendas, cuyos forjados de planta baja del edifico de referencia y el edificio Passivhaus sean lo más similar posible, para garantizar la homogeneidad en las condiciones de medición, permiten obtener valores promedio de concentración de radón en el aire.

La medición se ha dividido en dos periodos de seis meses: del 1 de abril al 30 de septiembre de 2023 (periodo con condiciones climáticas de verano) y del 1 de octubre de 2023 al 31 de marzo de 2024 (periodo con condiciones climáticas de invierno), permitiendo un análisis estacional del comportamiento del gas radón en las edificaciones. Tras cada periodo de exposición, los dispositivos se retiraron, sellaron y enviaron a laboratorio para su análisis, garantizando trazabilidad y precisión.

El tratamiento posterior de los valores obtenidos fue gestionado por la Plataforma de Edificación Passivhaus y las entidades encargadas del estudio. Esta metodología permitió evaluar de forma objetiva el comportamiento del radón en diferentes tipos de arquitectura residencial.

[33] Uhlig, W-R.: *Radon Pollution in Passive Houses*. Proceedings of 14th International Passive House Conference: https://passipedia.de/planung/haustechnik/lueftung/grundlagen/luftmengen?s (ver diagrama anexo).

2. Evaluación del radón

2.1. Riesgo en España

Como ya se ha mencionado, el radón se genera de forma natural en el terreno a partir del uranio. Por ello, el primer factor de riesgo de alta concentración de radón en el interior de las edificaciones sería geológico. En España, el CSN han identificado como zonas de riesgo por radón zonas en su mayoría graníticas de Galicia, Asturias, País Vasco, Extremadura, Madrid, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Aragón, Navarra, Cataluña y Canarias. Ocho de estas zonas se tienen en cuenta para este estudio, además de otras comunidades con a priori menor riesgo.

2.2. Municipios de riesgo

El CTE recoge en el ***Apéndice B. Clasificación de municipios en función del potencial de radón*** del HS6[34] el listado de términos municipales en los que, en base a las medidas realizadas por el CSN, se considera que hay una probabilidad significativa de que los edificios allí construidos presenten concentraciones de radón superiores a 300 Bq/m^3. En este listado, se clasifican como municipios de zona I los considerados de riesgo medio, como municipios de zona II los de riesgo alto, y no se incluyen el resto de municipios españoles a los que se considera con riesgo bajo o nulo. Puede verse una representación gráfica en la figura 5.

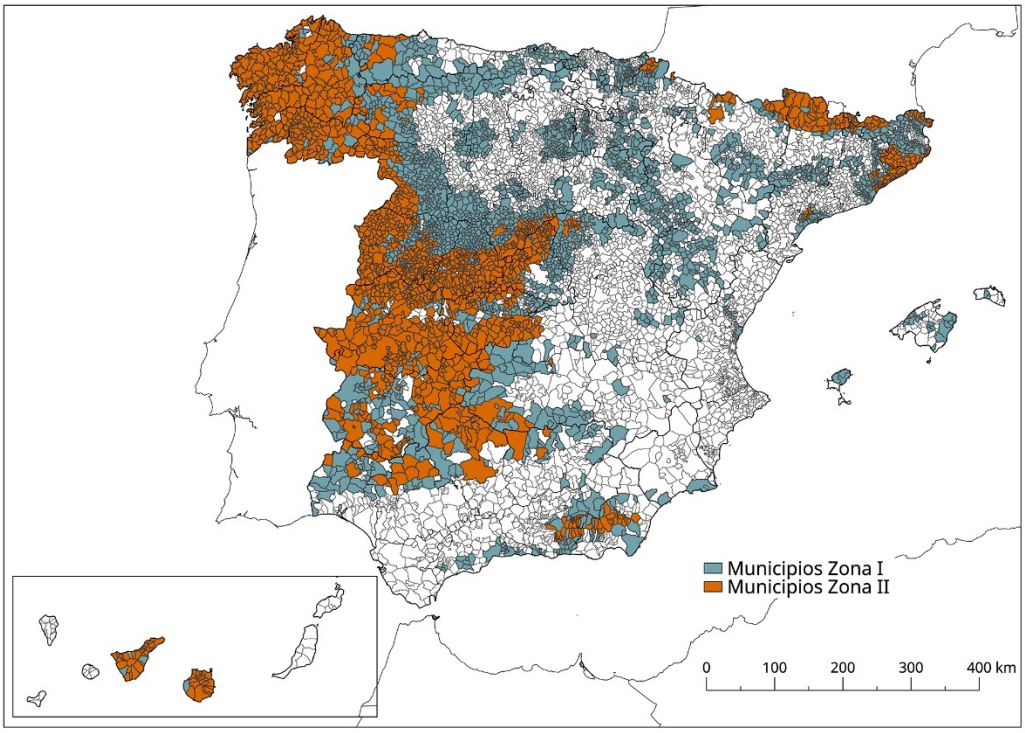


Figura 5. Distribución de municipios de zona I y zona II. Fuente: S. García y C. Villagrá

[34] DB HS del CTE disponible en: https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/Salubridad.html

A los edificios de nueva construcción en municipios de riesgo, el CTE les exige soluciones constructivas, así como a los edificios existentes en los que se realicen obras que:

- amplíen una zona habitable;
- cambien el uso; o
- realicen una reforma que pueda alterar la protección inicial del edificio o siendo deficiente, permita mejorarla.

Además, desde el año 2025, en los puestos de trabajo situados en municipios de zona II, la IS 47 [35] del CSN establece la obligatoriedad de mediciones, en desarrollo del Reglamento establecido en el *RD 1029/2022*[36]. La instrucción también establece un nuevo listado oficial de municipios[37] de actuación prioritaria, incorporando datos más actualizados del Mapa de Potencial de Radón de España.

2.3. Cartografía de referencia

El CSN ofrece el mapa de potencial de radón más completo de nuestra geografía (ver figura 6). Se encuentra disponible en:

https://www.csn.es/mapa-del-potencial-de-radon-en-espana

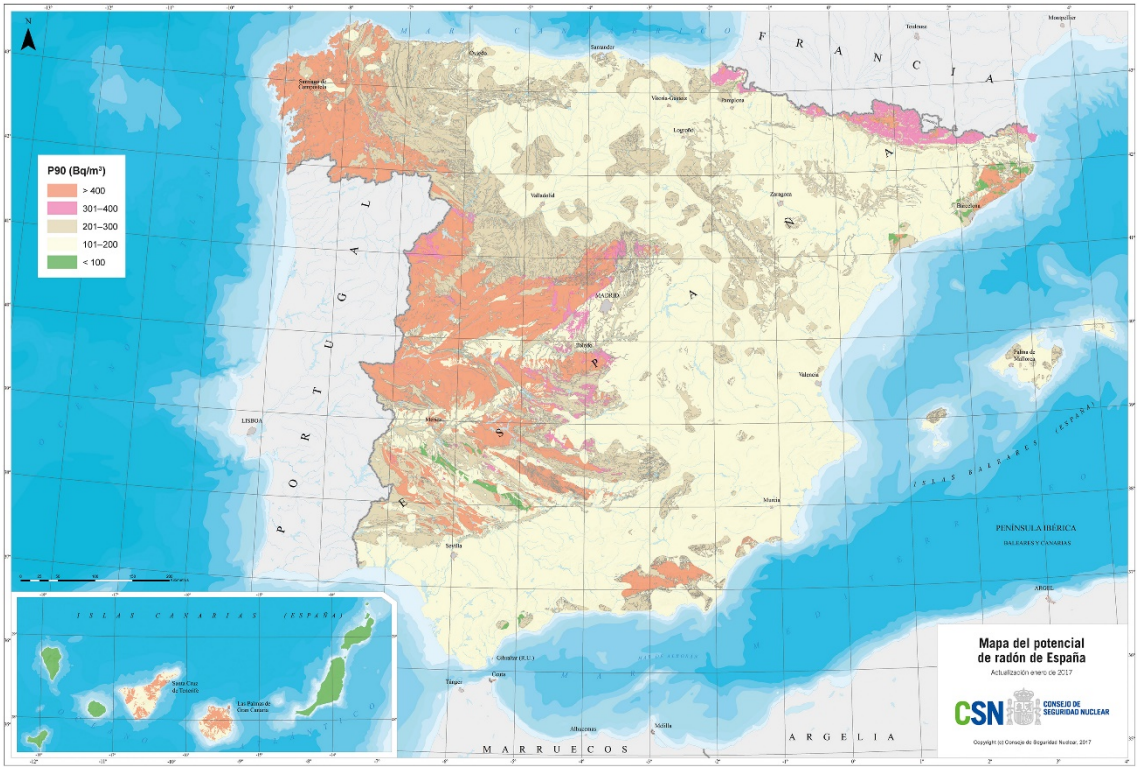


Figura 6. Mapa de radón en España. Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear

[35] *Instrucción IS-47, de 9 de abril de 2025, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se aprueba el listado de términos municipales de actuación prioritaria contra el radón y se establecen directrices para las mediciones de radón en el aire interior de los centros de trabajo ubicados en ellos*

[36] *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*

[37] Mapa de zonificación por municipio de radón, CSN https://www.csn.es/mapa-de-zonificacion-por-municipio

En este mapa del CSN puede consultarse, en base fundamentalmente a la configuración geográfica del terreno, el riesgo de altas concentraciones de radón en un emplazamiento concreto en forma de **percentil 90** de distintas concentraciones. Esto significa que, por ejemplo, si nos encontramos en una zona marcada como P90 201-300 Bq/m^3, estadísticamente al menos el 90% de los edificios allí ubicados sin soluciones específicas de protección frente al radón tendrían una concentración menor de 300 Bq/m^3, pero el 10% restante podría presentar concentraciones mayores. Dicho de otro modo, el 10% de los edificios tendrían una concentración mayor de un valor entre 201 y 300 Bq/m^3, pero no limitado a 300 Bq/m^3.

Ni el P90 menor de 100 Bq/m^3 puede asegurar que no se presente un caso con concentraciones altas. Por ejemplo, una beta en el terreno con una composición distinta y una grieta inoportuna pueden provocar que incluso dos edificios similares y próximos presenten concentraciones de radón diferentes.

Este mapa es muy útil para obtener una idea más precisa del potencial de radón en una ubicación concreta que la que ofrecen los listados de términos municipales. Sin embargo, se trata de **estimaciones estadísticas para edificios no protegidos** y no puede emplearse como un indicador inequívoco ni exime del cumplimiento de las exigencias y obligaciones establecidas en función de la zona I y zona II.

2.4. Evaluación de la concentración de radón

Para estimar la concentración de radón en un edificio concreto es necesario realizar una medición experimental bajo ciertos parámetros mínimos.

Cuando se habla de concentración de radón, nivel de referencia, potencial de radón, etc. generalmente se está aludiendo al número de desintegraciones por segundo en un metro cúbico de aire del **isótopo 222 del gas radón**. Por ello se mide en Bq/m^3 (becquerel por metro cúbico) y no en otras unidades generalmente empleadas para contaminantes en el aire como son las ppm (partes por millón) o las ppb (partes por billón).

Para poder determinar la concentración del radón hay que tener en cuenta que su exhalación del terreno, su capacidad de penetrar en los edificios y su grado de acumulación pueden fluctuar con toda una serie de factores como, además del contenido de uranio del terreno, la presión atmosférica, la humedad y el grado de facturación del terreno, el nivel freático, la tipología constructiva, los sistemas o hábitos de ventilación, la estanqueidad al aire, etc. En la actualidad no existe el conocimiento suficiente que permita relacionar todos estos factores, por lo que se opta por medir durante un tiempo suficientemente significativo, del orden de meses para el cumplimiento de las reglamentaciones, y de incluso años para los estudios científicos.

Para las exigencias del CTE, por ejemplo, se establece un **periodo de medición mínimo de 2 meses** y un factor de corrección si se mide en una zona de invierno frío (zonas climáticas de invierno C, D o E establecidas en el *DB-HE Ahorro de energía*) y no se ha expuesto el detector al menos 2/3 del tiempo en temporada de calefacción. En este estudio, se han realizado dos mediciones de seis meses cada una por vivienda, para poder obtener los resultados tanto anuales como en periodo cálido y periodo frío.

Con respecto a los medidores, existen en el mercado dispositivos de diversa índole que se adaptan a las distintas necesidades. Para las mediciones reglamentarias, se suele optar por detectores pasivos de bajo coste que suministran empresas acreditadas que posteriormente certifican la concentración media durante el periodo de exposición. Para proyectos de investigación, se emplean en ocasiones equipos capaces de registrar la variación en el tiempo de la concentración de radón, por ejemplo, cada 15 minutos, para estudiar su evolución tanto a corto (días) como a largo plazo (años). En este estudio se ha optado por medidores pasivos de trazas para no depender de tomas de corriente en su emplazamiento.

2.5. Soluciones constructivas

El HS6 del CTE establece una serie de soluciones constructivas graduadas en función de que el riesgo estimado o medido sea medio o alto. Se exige:

Para edificios en municipios de **zona I (riesgo medio)**:

- barrera de protección, que aísla físicamente el interior del edificio del terreno, evitando que penetre el gas radón;
- cámara sanitaria ventilada, que acumula y elimina los gases provenientes del terreno antes de su entrada a las zonas habitables del edificio.

Para edificios en municipios de **zona II (riesgo alto)**:

- barrera más cámara ventilada;
- barrera más despresurización del terreno[38].

En edificios existentes, puede conocerse de forma experimental la concentración, aplicándose las soluciones de zona I si la concentración está entre 300 y 600 Bq/m^3, y las de zona II si la concentración es mayor de 600 Bq/m^3. Sin embargo, en edificios existentes en ocasiones no es factible técnica o económicamente cualquier intervención, por lo que en la propia web del CTE puede consultarse la *Guía de Rehabilitación frente al radón*[39] con opciones de flexibilización y ejemplos reales de soluciones.

La premisa siempre es tratar de **aislar los locales habitables** del edificio del terreno (barreras, sellados de grietas, etc.), **ventilar zonas no habitables** pero que pueden servir de "aislamiento" a las zonas habitables, y **asegurar la ventilación de los locales habitables**. Dado el alto grado de estanqueidad y la existencia de sistemas de ventilación mecánica doble flujo que ofrecen los edificios Passivhaus, este estudio pretende evaluar si la propia metodología Passivhaus podría estar protegiendo a los edificios comparando con edificios similares sin protecciones o soluciones específicas frente al radón.

[38] La despresurización del terreno es una técnica basada en la extracción mecánica de los gases del terreno, facilitando su salida y disolución en el ambiente, y dificultando así que penetren al edificio.
[39] Guía Rehabilitación frente al radón disponible en: https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/GuiaRadon/Guia_de_rehabilitacion_frente_al_radon+Fichas.pdf

3. Impacto en la salud del radón en España

3.1. Radón y cáncer de pulmón

El radón es la segunda causa principal de cáncer de pulmón después del tabaquismo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), que lo clasifica como carcinógeno del Grupo 1. Su riesgo se debe a la emisión de partículas alfa durante su desintegración, las cuales, al ser inhaladas, pueden dañar el epitelio pulmonar y provocar mutaciones celulares. La exposición prolongada a concentraciones elevadas, incluso moderadas, se ha asociado a un aumento proporcional del riesgo de desarrollar esta enfermedad.

La OMS estima que entre el **3% y el 14% de los casos de cáncer de pulmón a nivel mundial podrían atribuirse** a la exposición doméstica **al radón**. Dependiendo de la zona geográfica, este porcentaje puede elevarse significativamente en zonas de alta concentración geológica del gas, como determinadas comarcas de Galicia, Castilla y León, o zonas montañosas del Sistema Central. Los estudios del grupo de investigación de Radón del Instituto de Salud Carlos III y de diversas universidades gallegas han puesto en evidencia esta relación directa en viviendas situadas sobre suelos graníticos. **En España**, se estima que el radón es causante de aproximadamente el **4% de todas las muertes por cáncer de pulmón**[40].

En 2017, 1533 muertes en la población de 35 años o más se atribuyeron a la exposición al radón residencial. Esto representa el 6,9 % del total de muertes por cáncer de pulmón[41]. Las regiones con mayor mortalidad por cáncer de pulmón atribuida al radón son Galicia y Extremadura. Sin embargo, si consideramos la corrección de la exposición al radón según la altura de la vivienda, esta atenúa significativamente la mortalidad atribuible al radón: 838 muertes (3,8 % del total) serían atribuibles.

Por ejemplo, aunque Madrid es una región con un 36 % de su superficie afectada por altas concentraciones de radón, según el Mapa de Potencial de Radón (Figura 6), buena parte reside en edificios de varias plantas, así que este efecto se atenúa en gran medida. Sin embargo, estos resultados implican una subestimación de la exposición real, ya que en dicho estudio no se consideró la exposición al radón en el lugar de trabajo, lo que sin duda contribuye a la exposición general de la población.

Ante esta situación, el Ministerio de Sanidad ha puesto en marcha el **Plan Nacional contra el Radón**[42], aprobado en enero de 2024, con el objetivo de proteger la salud de la población y de los trabajadores frente a los efectos de este gas. El plan se estructura en cinco ejes estratégicos: conocimiento e infraestructura básica, edificación, lugares de trabajo, zonas de actuación prioritaria y comunicación y concienciación. Este plan busca reducir la exposición mediante medidas específicas en viviendas, edificios públicos y lugares de trabajo, especialmente en zonas geográficas con mayor riesgo.

[40] *Lung cancer mortality attributable to residential radon exposure in Spain and its regions* https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111372
[41] *Mortalidad atribuible a la exposición a radón residencial en España* (2021), Ministerio de Sanidad https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/04_Mortalidad_radon.pdf
[42] Plan Nacional contra el Radón, 2024

3.2. Otros factores de riesgo

El efecto del radón sobre la salud puede verse intensificado por la interacción con otros factores. El más importante es el tabaco: los fumadores expuestos al radón presentan un riesgo significativamente mayor de desarrollar cáncer de pulmón que los no fumadores. De hecho, el efecto sinérgico entre ambos multiplica el riesgo de forma exponencial.

Otros factores que pueden influir incluyen la **edad** -el riesgo se acumula con el tiempo, por lo que las personas mayores tienen mayor probabilidad de desarrollar enfermedades asociadas, la susceptibilidad genética- ciertas **variantes genéticas** pueden hacer que algunas personas sean más vulnerables a los efectos del radón, y las condiciones de **ventilación** de la vivienda- una mala ventilación favorece la acumulación del gas en espacios cerrados. La localización de las habitaciones —como **sótanos o plantas bajas**— también es determinante, especialmente en edificaciones construidas sobre terrenos graníticos o con alta permeabilidad, ya que el radón tiende a acumularse en los niveles inferiores de los edificios.

En este sentido, la arquitectura y el diseño de los edificios juegan un papel clave en la prevención. La incorporación de barreras físicas, sistemas de ventilación adecuados, y técnicas constructivas que minimicen la infiltración de radón son fundamentales para garantizar un entorno interior saludable.

4. Situación respecto a los valores guía de la OMS

La Organización Mundial de la Salud, en su informe ***Manual de la OMS sobre el radón en interiores***[43], establece un nivel guía de referencia de **100 Bq/m³** para interiores. Este valor representa el umbral por debajo del cual el riesgo para la salud es considerado bajo, aunque no nulo. La OMS reconoce que, por razones prácticas y de viabilidad técnica, algunos países pueden adoptar niveles más altos, como los 300 Bq/m³, pero subraya que cuanto más bajo sea el nivel de exposición, mejor será la protección para la salud pública.

En este sentido, España, al igual que muchos países europeos, ha establecido un nivel de referencia de 300 Bq/m³ para la concentración anual de radón en espacios cerrados, conforme al *Real Decreto 1029/2022, que aprueba el Reglamento sobre protección frente a radiaciones ionizantes* (RPSI) y transpone parcialmente la *Directiva Euratom 2013/59*. Este mismo límite se recoge en el CTE, mediante el *Documento Básico HS 6*, que lo aplica a locales habitables de edificios nuevos o reformados.

No obstante, desde el punto de vista preventivo y epidemiológico, se recomienda avanzar hacia niveles inferiores a 100 Bq/m³ en el diseño de nuevas edificaciones, con el fin de reducir aún más los riesgos para la salud asociados a la exposición prolongada al radón.

Cabe señalar que la mayoría de las viviendas tradicionales no cuentan con sistemas específicos para evitar la entrada de radón. Por ello, los valores detectados pueden superar fácilmente los umbrales recomendados. En cambio, las viviendas diseñadas bajo el estándar Passivhaus, podrían presentar ventajas significativas al estar dotadas de un control de la hermeticidad y sistemas de ventilación mecánica de doble flujo con recuperación de calor, que renuevan el aire sin comprometer el confort térmico.

En este estudio se evaluará si las edificaciones Passivhaus mantienen concentraciones por debajo de los valores guía de la OMS, lo cual ofrecería argumentos sólidos para fomentar su implementación como medida de salud preventiva, especialmente en zonas de alta emisión natural de radón. Se necesitan estrategias tanto de prevención del radón (en viviendas nuevas, incluyendo ampliaciones de edificios existentes o rehabilitaciones) como de mitigación (en viviendas existentes) para lograr una reducción general del riesgo. La OMS, en su Manual sobre radón en interiores, enumera varias estrategias de prevención del radón para obra nueva:

- Sellado de superficies
- Barreras y membranas
- Ventilación de espacios ocupados y desocupados
- Despresurización pasiva o activa del suelo
- Tratamiento del agua
- Ventilación equilibrada

[43] *Manual de la OMS sobre el radón en interiores* (2015)
https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/f291e95a-4265-463f-a59b-ccf6126ecabd/content

Como se ha expresado en diversas ocasiones desde la base científica, las mejores estrategias para combatir la presencia de gas radón en edificios residenciales, educativos y laborales consisten en una ventilación adecuada, que ayuda a disipar la concentración de este gas, y en prevenir su entrada mediante infiltraciones. Ambas cuestiones están garantizadas en los proyectos bajo el estándar Passivhaus, ya que consiguen una alta hermeticidad de su envolvente (n50 < 0,6 h^{-1}) a la vez que utilizan sistemas de ventilación mecánica de doble flujo que proporcionan una ventilación constante con aire fresco del exterior[44].

[44] ¿Qué es una Passivhaus? [Passipedia: https://passipedia.org/basics/what_is_a_passive_house?s%5b%5d=radon]

5. Evaluación de radón en los edificios medidos

5.1. Introducción

Los edificios participantes se han seleccionado según los proyectos Passivhaus del inventario de la asociación, priorizando las regiones españolas más afectadas por el radón (como Galicia, el Sistema Central y los Pirineos). Las Islas Canarias se descartaron del estudio debido a problemas logísticos y a la disponibilidad de viviendas Passivhaus en la zona. Las parejas de edificios considerados se distribuyen de la siguiente manera:

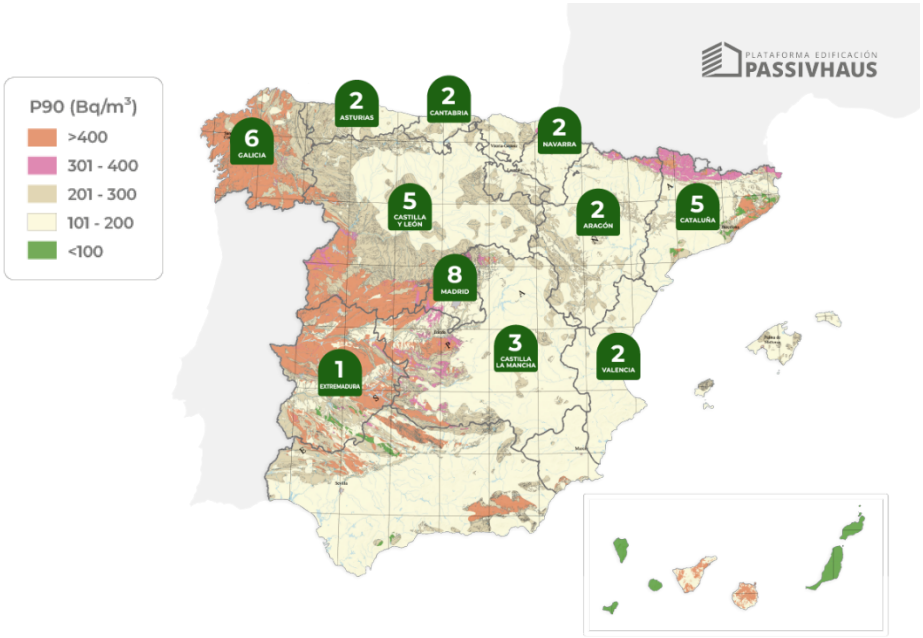


Figura 7. Parejas de edificios monitorizados. Fuente: PEP. Elaboración propia a partir del Mapa del Radón del Consejo de Seguridad Nuclear

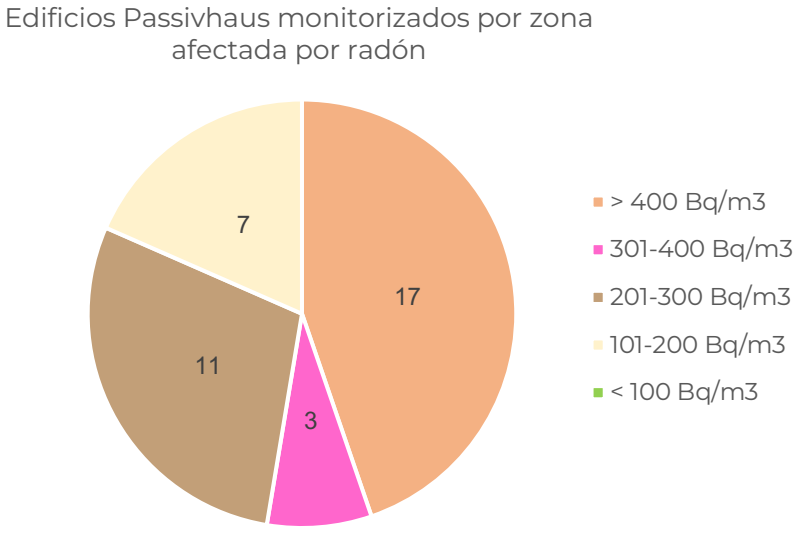


Figura 8. Edificios Passivhaus monitorizados por zona afectada por radón según el Mapa de potencial de radón del Consejo de Seguridad Nuclear de España. Fuente: Plataforma PEP

El presente informe tiene como objetivo analizar y comparar los niveles de concentración de radón medidos en viviendas certificadas Passivhaus y viviendas construidas según CTE y anteriores a esa normativa. La comparación se realiza emparejando viviendas equivalentes en cuanto a localización y condiciones generales.

5.2. Metodología

Los datos han sido obtenidos mediante detectores de trazas de partículas alfa, según lo establecido en la norma ISO 11665-4:2021. La medida se ha realizado en viviendas ubicadas en distintas comunidades autónomas, comparando aquellas con certificación Passivhaus con sus respectivas viviendas de control de construcción convencional.

Para la comparación, se analizaron los niveles de radón en Bq/m^3 y se evaluó su cumplimiento respecto al límite de 300 Bq/m^3 (en rojo) y 200 Bq/m^3 (en naranja).

5.3. Análisis de resultados por comunidades

5.3.1. Datos en la Comunidad de Madrid

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m^3)	CONVENCIONAL (Bq/m^3)	ZONA RADÓN (Bq/m^3)
COMUNIDAD DE MADRID	SOTO DEL REAL I	1º	296	338	> 400
		2º	144	604	
	SOTO DEL REAL II	1º	110	1640	> 400
		2º	70	2380	
	SOTO DEL REAL III	1º	107	597	> 400
		2º	109	684	
	GALAPAGAR	1º	43	170	> 400
		2º	26	271	
	GUADALIX DE LA SIERRA	1º	72	144	> 400
		2º	84	349	
	LA CABRERA	1º	50	168	> 400
		2º	107	359	
	MIRAFLORES DE LA SIERRA I	1º	78	60	> 400
		2º	91	122	
	MIRAFLORES DE LA SIERRA II	1º	135	141	> 400
		2º	216	180	

- En los pares de viviendas de Soto del Real es donde se registra la mayor diferencia en los valores obtenidos en Passivhaus (70 – 296 Bq/m³) frente a los valores preocupantes obtenidos en sus homólogas de control (338 - 2380 Bq/m³), muy superiores al límite máximo legal en España.
- En Galapagar, la vivienda Passivhaus tuvo una concentración muy baja en comparación con la vivienda convencional, aunque ésta aún en rango aceptable (<300 Bq/m³)
- En Guadalix de la Sierra, la vivienda Passivhaus registró 84 Bq/m³ frente a los 349 Bq/m³ de la vivienda de construcción convencional, mostrando una reducción significativa.
- En La Cabrera, la vivienda Passivhaus registró 107 Bq/m³ mientras que la de control alcanzó los 359 Bq/m³.
- En las viviendas de Miraflores de la Sierra, se observaron valores más equilibrados de radón entre Passivhaus y la construcción convencional.

Conclusiones:

Se trata de la comunidad autónoma que más evidencia la mejora significativa que supone construir bajo el estándar Passivhaus en la protección frente al gas radón, a la vista de los datos arrojados en la monitorización. También es cierto que es la comunidad que cuenta con más viviendas que se prestaron disponibles para ser monitorizadas en este estudio.

En general, las viviendas certificadas Passivhaus presentan niveles de radón más bajos que sus equivalentes de control, con reducciones especialmente significativas en Soto del Real, Guadalix de la Sierra y La Cabrera.

En algunos casos, como en Miraflores de la Sierra y Galapagar, las diferencias son menores, lo que indica que otros factores (como ventilación y condiciones del suelo) pueden influir en la concentración de radón.

Todas las viviendas Passivhaus presentan niveles de radón por debajo del límite de 300 Bq/m³, mientras que muchas de las viviendas convencionales superan notablemente este umbral especialmente en el periodo invernal, lo que sugiere que la falta de ventilación controlada debido a las bajas temperaturas durante ese periodo podría estar penalizando a la construcción tradicional.

Este análisis refuerza la importancia del diseño eficiente en la reducción del radón interior y plantea la necesidad de mayor consideración en las estrategias de ventilación y aislamiento en viviendas convencionales, lo que sugiere que el diseño Passivhaus podría ser una estrategia eficaz para minimizar la exposición al radón.

5.3.2. Datos en Cataluña

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m³)	CONVENCIONAL (Bq/m³)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
CATALUÑA	ABRERA	1º	32	EXTRAVIADO	101-200
		2º	31	EXTRAVIADO	
	VILADECANS	1º	84	25	101-200
		2º	47	46	
	BARCELONA	1º	23	68	201-300
		2º	31	72	
	OLIANA (LLEIDA)	1º	26	62	101-200
		2º	32	105	
	MATADEPERA	1º	32	54	201-300
		2º	61	53	

En Cataluña, los resultados muestran una tendencia general a favor de las viviendas Passivhaus, aunque con diferencias más suaves que en otras regiones. Pero en todos los casos los valores se mantuvieron muy por debajo del umbral de 300 Bq/ m³.

- En Abrera no se dispone de valores comparativos para la vivienda convencional, aunque los valores en la Passivhaus fueron muy bajos.
- En Viladecans, por ejemplo, se observan niveles muy similares entre ambas viviendas, especialmente en el segundo periodo (47 Bq/m³ vs. 46 Bq/m³).
- En Barcelona, los valores se mantuvieron en niveles bajos en ambos casos, pero la vivienda de control superó a su pareja Passivhaus.
- En cambio, en Oliana (Lleida), la vivienda Passivhaus mantuvo niveles bajos y estables (26–32 Bq/m³), frente a un aumento más marcado en la vivienda de construcción convencional (62–105 Bq/m³).
- En Matadepera se observa un comportamiento inverso entre periodos: la vivienda Passivhaus subió en la segunda medición, mientras que la convencional se mantuvo estable.

Conclusiones:

Las viviendas Passivhaus tienden a presentar concentraciones de radón inferiores, aunque en zonas de baja concentración natural como Barcelona y Viladecans, las diferencias se reducen. Esto puede deberse tanto a una menor emisión natural de radón como a un comportamiento térmico más equilibrado de las construcciones.

5.3.3. Datos en Galicia

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m³)	CONVENCIONAL (Bq/m³)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
GALICIA	LUGO	1º	43	106	> 400
		2º	62	290	
	SANTIAGO DE COMPOSTELA I	1º	92	173	> 400
		2º	127	181	
	SANTIAGO DE COMPOSTELA II	1º	28	128	> 400
		2º	23	243	
	VALDOVIÑO (CORUÑA)	1º	65	831	> 400
		2º	143	434	
	VIGO (PONTEVEDRA)	1º	611	NO HAY	> 400
		2º	186	402	
	OURENSE	1º	368	306	> 400
		2º	980	285	

Galicia presenta uno de los contextos geológicos más críticos de toda la península en lo que respecta al gas radón, debido a su abundancia de suelos graníticos y alta permeabilidad del subsuelo. En este escenario, las diferencias entre viviendas Passivhaus y convencionales son especialmente significativas.

- En Lugo, se observa que mientras que la vivienda Passivhaus presenta valores por debajo de 100 Bq/m³, la convencional alcanza valores cercanos a 300 Bq/m³.
- En Santiago de Compostela, se estudiaron dos pares de viviendas. En el caso I, los valores Passivhaus se sitúan por debajo de las viviendas de control. En el caso II, los valores en la Passivhaus se mantienen bajos y estables (28 y 23 Bq/m³), mientras que la vivienda convencional muestra un aumento en el segundo periodo. Pero ambas están por debajo del límite marcado de los 300 Bq/ m³.
- En Valdoviño, el dato de la vivienda convencional en el primer periodo (831 Bq/m³) supera el límite recomendado. En contraste, la vivienda Passivhaus que solo alcanzó 65 Bq/m³.
- En Vigo, la vivienda Passivhaus registró un pico de 611 Bq/m³ en el primer periodo, que se redujo a 186 Bq/m³ en el segundo. Aunque no se dispone de dato para la vivienda convencional en el periodo estival, en invierno ésta alcanzó los 402 Bq/m³, lo que sugiere un comportamiento menos eficiente en la disipación del gas. Se está realizando una tercera medición actualmente.
- Por último, en Ourense se perdió la trazabilidad de los medidores y los datos han salido un poco dispares en comparación con el resto por lo que actualmente se está realizando una tercera medición de confirmación.

Conclusiones: No se han obtenido datos suficientemente fiables debido a la falta de trazabilidad de algunos medidores y las conclusiones de esta comunidad quedan pendientes de revisión.

5.3.4. Datos en Castilla y León

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
CASTILLA Y LEÓN	PAJARES DE LA LAGUNA (SALAMANCA)	1º	25	211	201-300
		2º	18	175	
	CAMARZANA DE TERA (ZAMORA)	1º	51	71	201-300
		2º	41	66	
	SEGOVIA	1º	25	78	> 400
		2º	<10	79	
	VILLAMAYOR (SALAMANCA)	1º	50	79	201-300
		2º	NO HAY	NO HAY	
	SAN LORENZO TORMES (ÁVILA)	1º	50	NO HAY	> 400
		2º	30	NO HAY	

En Castilla y León, los valores obtenidos reflejan una concentración de radón moderada en general en el interior, aunque con algunos contrastes notables entre viviendas Passivhaus y convencionales según la localización. En términos generales, las viviendas certificadas mantienen sus valores muy por debajo de 100 Bq/m³ en todos los casos.

- En Pajares de la Laguna (Salamanca), se observa una importante diferencia: la vivienda Passivhaus registró valores muy bajos en los dos periodos, mientras que la vivienda convencional alcanzó valores más elevados.
- En Zamora, ambos edificios (Passivhaus y convencional) presentan valores bajos, aunque los registros son ligeramente inferiores en la vivienda Passivhaus.
- Segovia destaca por el excelente comportamiento de la vivienda Passivhaus, que llega a valores extremadamente bajos (<10 Bq/m³ en el segundo periodo). La vivienda convencional se mantiene constante en torno a 78–79 Bq/m³ con valores más elevados, pero sin sobrepasar el umbral.
- En Villamayor (Salamanca), la vivienda Passivhaus presenta un primer valor de 50 Bq/m³, sin datos disponibles del segundo periodo. La vivienda convencional se mantiene estable en torno a 79 Bq/m³. Aunque los niveles son aceptables, sería necesario completar el segundo periodo para una valoración más precisa.
- Finalmente, en Ávila, solo se disponen de datos en la vivienda Passivhaus, sin datos disponibles para la convencional. No obstante, los valores bajos son indicativos de un buen comportamiento frente al radón en una región propensa.

Conclusión:

Las viviendas Passivhaus en esta comunidad mantienen sistemáticamente niveles bajos de radón, muy por debajo del umbral legal, e incluso del nivel de referencia de 100 Bq/m³ para interiores marcado por la OMS. Las viviendas convencionales, aunque sin superar el límite normativo y saludable, tienden a registrar niveles dos o tres veces superiores. En zonas como Pajares de la Laguna, la diferencia es especialmente marcada.

Esto respalda el valor preventivo del estándar Passivhaus, incluso en contextos de radiactividad natural moderada.

5.3.5. Datos en Castilla La Mancha

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
CASTILLA LA MANCHA	PUERTOLLANO (CIUDAD REAL)	1º	166	113	201-300
		2º	118	231	
	LOS CORTIJOS (CIUDAD REAL)	1º	50	208	201-300
		2º	46	154	
	TALAVERA (TOLEDO)	1º	37	88	201-300
		2º	19	60	

Los resultados obtenidos en Castilla-La Mancha muestran un comportamiento del radón notablemente influenciado por la estacionalidad y la ventilación, siendo más evidentes las diferencias entre viviendas Passivhaus y convencionales en invierno.

- En Puertollano, los datos revelan una diferencia significativa: la vivienda Passivhaus reduce su concentración de 166 Bq/m³ en verano a 118 Bq/m³ en invierno, lo que sugiere una eficiencia destacada del sistema de ventilación mecánica controlada incluso en condiciones adversas. Por el contrario, la vivienda convencional, aunque parte de un valor más bajo sube hasta 231 Bq/m³, duplicando su concentración en el periodo invernal. Esta diferencia estacional puede evidenciar cómo las viviendas están más expuestas a la infiltración del gas desde el subsuelo durante el invierno.
- En Ciudad Real, la vivienda Passivhaus mantiene niveles bajos y estables, mientras que la convencional parte de un valor más alto y disminuye levemente. Aunque ambas están dentro de los límites normativos, la reducción en la vivienda convencional podría estar relacionada con cambios de uso o ventilación manual, más que con una estrategia pasiva sostenida.
- En Talavera (Toledo), los valores se sitúan en un rango muy bajo en ambas tipologías, pero la vivienda Passivhaus registra concentraciones inferiores en los dos periodos frente a la convencional. La diferencia es menos pronunciada, posiblemente debido a características constructivas o geológicas menos agresivas en esta zona concreta.

Conclusión:

En esta comunidad, las viviendas Passivhaus demuestran una protección más eficiente de la acumulación de radón, especialmente en invierno. Las viviendas convencionales muestran incrementos notables en ese periodo, lo que refuerza la importancia de mantener una ventilación constante y eficiente, particularmente en municipios con suelos potencialmente activos como en Puertollano.

5.3.6. Datos en Extremadura

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
EXTREMADURA	HERVÁS (CÁCERES)	1º	74	176	> 400
		2º	97	364	

- En Extremadura, se dispone de datos de un único par de viviendas situadas en Cáceres, lo que limita la extrapolación a toda la comunidad, aunque los resultados obtenidos permiten extraer conclusiones relevantes sobre la eficacia del diseño Passivhaus en un entorno caracterizado por suelos con cierta actividad radiactiva natural.
- Durante el primer periodo (verano), la vivienda Passivhaus registró 74 Bq/m³, mientras que la vivienda de control alcanzó 176 Bq/m³. En el segundo periodo (invierno), ambas viviendas aumentaron su concentración, aunque de forma mucho más acusada en la vivienda convencional que superó los 300 Bq/m³.

Conclusión:

Los datos disponibles en Cáceres muestran claramente que la vivienda Passivhaus ofrece una protección efectiva frente al radón, especialmente en invierno, cuando la concentración en la vivienda convencional se duplica respecto al verano. Esto subraya la importancia de aplicar estrategias de ventilación controlada en zonas con potencial radiactivo moderado.

5.3.7. Datos en Aragón

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³
ARAGÓN	BENASQUE (HUESCA)	1º	168	138	201-300
		2º	317	213	
	TERUEL	1º	49	26	201-300
		2º	21	26	

En Aragón se han monitorizado dos localizaciones, que presentan comportamientos diferenciados en cuanto a los niveles de radón detectados en viviendas Passivhaus frente a convencionales.

- En Huesca, la vivienda Passivhaus presenta un aumento marcado entre los dos periodos de medición. El valor en el periodo de invierno supera el umbral legal de 300 Bq/m³, lo cual parece una excepción. La vivienda convencional también muestra un ascenso, aunque menos acusado.

- En Teruel, sin embargo, la tendencia es opuesta: la vivienda Passivhaus reduce sus niveles de radón entre verano e invierno.

Conclusión:

Mientras que en Teruel la vivienda Passivhaus ofrece un comportamiento ejemplar frente al radón, en Huesca se detecta una anomalía con niveles superiores a lo esperado, incluso superando ligeramente el umbral normativo. Este caso refuerza la necesidad de verificar cuidadosamente la hermeticidad en viviendas de alta eficiencia y la ejecución del sistema de ventilación mecánica, su mantenimiento y funcionamiento durante la fase de uso, pues un error en estos aspectos puede afectar a su comportamiento frente al radón.

5.3.8. Datos en Comunidad Valenciana

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
VALENCIA	RAFELBUNYOL I	1º	24	29	101-200
		2º	45	65	
	RAFELBUNYOL II	1º	71	33	101-200
		2º	88	105	

En la Comunidad Valenciana se monitorizaron dos viviendas Passivhaus emparejadas con sus respectivas viviendas de control, ambas ubicadas en Rafelbunyol, lo que permite una comparación directa en condiciones muy similares de clima y geología.

- En el primer caso, la vivienda convencional mostró valores ligeramente superiores. Aunque ninguno de los valores supera el umbral de seguridad (300 Bq/m³), la vivienda convencional presenta un aumento estacional más pronunciado, acorde con el patrón observado en otras regiones en edificios sin ventilación mecánica controlada.
- En el segundo par, la vivienda convencional partió de una concentración baja que la vivienda Passivhaus en el periodo estival, sin embargo, el valor se incrementó en invierno.

Conclusión:

Las cuatro viviendas se mantienen dentro de márgenes muy saludables, también es debido a que se encuentran en una región de afectación de radón muy baja. Y aunque una de las Passivhaus parte de un valor algo más alto, presentan una mayor estabilidad estacional sin picos invernales pronunciados.

5.3.9. Datos en Cantabria

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³)	
CANTABRIA	GURIEZO	1º	39	158	201-300	
		2º	84	292		
	RENEDO DE PIÉLAGOS* / CORRALES DE BUELNA	1º	53	71	101-200	201-300
		2º	45	85		

* Renedo de Piélagos está ubicado en zona 101-200 Bq/m³ de radón, mientras que Corrales de Buelna en zona 201-300, según el mapa de Radón en España del Consejo de Seguridad Nuclear.

En Cantabria se analizaron dos pares de viviendas: un par en Guriezo y el otro par en dos ubicaciones; Los Corrales de Buelna y Renedo de Piélagos, ambas con condiciones climáticas y geológicas similares dentro del contexto del norte peninsular. Aunque esta región no es una de las zonas tradicionalmente más afectadas por el radón, los datos muestran diferencias interesantes entre viviendas Passivhaus y convencionales.

- En Guriezo, la diferencia es más evidente: la vivienda Passivhaus presenta valores bajos de radón, mientras que la vivienda convencional registra valores más altos, especialmente en invierno. Este último dato está muy próximo al umbral legal, lo que pone de relieve la necesidad de intervención, especialmente en contextos donde no se aplican estrategias de ventilación sistematizadas.
- En el segundo par, aunque todos los valores están por debajo del umbral de 300 Bq/m³, la progresión es consecuente con otros casos: menor control del incremento invernal en viviendas sin ventilación mecánica.

Conclusión:

En Cantabria, las viviendas Passivhaus muestran una capacidad constante de mantener los niveles de radón por debajo de los 100 Bq/m³, incluso en invierno. Las viviendas convencionales, por su parte, presentan una tendencia clara al aumento estacional. Estos datos refuerzan la utilidad del estándar Passivhaus incluso en regiones donde el radón no suele considerarse un riesgo prioritario.

5.3.10. Datos en Asturias

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
ASTURIAS	CUDILLERO	1º	23	47	201-300
		2º	27	53	
	QUINTUELES	1º	61	49	101-200
		2º	65	41	

En el Principado de Asturias se monitorizaron dos pares de viviendas situadas en localidades costeras donde, si bien el riesgo geológico de radón es moderado, las características del terreno y la ventilación natural pueden influir significativamente en los niveles de concentración.

- En Cudillero, la vivienda Passivhaus mantuvo valores muy bajos y estables entre estaciones. Por su parte, la vivienda convencional presentó valores ligeramente superiores, aunque también dentro de rangos seguros. La diferencia es muy pequeña, pero consistente, mostrando un incremento invernal más controlado en la vivienda Passivhaus.
- En el caso de Quintueles, los resultados son algo más equilibrados. La vivienda convencional muestra unos valores ligeramente inferiores, posiblemente debido a mayor ventilación por medios manuales o a características específicas del uso o la ubicación interior del medidor. No obstante, ambos valores se encuentran dentro de márgenes saludables.

Conclusión:

En Asturias, tanto las viviendas Passivhaus como las convencionales se comportan bien frente al radón, manteniéndose muy por debajo del umbral de 300 Bq/m³. Probablemente es debido a que las ubicaciones de los edificios asturianos objetos de estudio se encuentran en una zona de afectación de radón muy baja.

5.3.11. Datos en Navarra

A continuación, se presentan los valores de radón registrados en cada par de viviendas:

REGIÓN	LOCALIZACIÓN	PERIODO	PASSIVHAUS (Bq/m3)	CONVENCIONAL (Bq/m3)	ZONA RADÓN (Bq/m³)
NAVARRA	SANGÜESA	1º	19	18	201-300
		2º	17	25	
	ARRAIOZ	1º	<14	NO HAY	101-200
		2º	15	NO HAY	

En Navarra se han monitorizado dos viviendas Passivhaus, aunque solo una de ellas dispone de datos comparativos con una vivienda convencional. A pesar del número limitado de casos, los resultados permiten obtener observaciones útiles sobre el comportamiento del radón en esa zona del norte de España.

- En Sangüesa, la vivienda Passivhaus evidencia estabilidad y baja concentración de radón durante todo el año. La vivienda convencional mostró valores muy similares, ambos también bien por debajo de los umbrales de referencia. Esto sugiere un contexto geológico favorable y/o un comportamiento positivo de las condiciones de ventilación, independientemente del tipo constructivo.
- En Arraioz, los datos corresponden únicamente a la vivienda Passivhaus, con valores de radón por debajo de los 15 Bq/m³ en ambos periodos. La ausencia de datos en la vivienda convencional impide establecer una comparación directa.

Conclusión:

Tanto en Sangüesa como en Arraioz, los niveles de radón en viviendas Passivhaus son muy bajos, incluso por debajo del valor guía recomendado por la OMS (100 Bq/m³). La diferencia entre ambas tipologías constructivas es mínima, lo que sugiere que, en determinadas zonas con bajo riesgo geológico, una vivienda convencional puede mantenerse dentro de límites seguros.

6. Conclusiones Generales

La evidencia obtenida a lo largo del estudio indica que el diseño constructivo influye de manera significativa en la acumulación de gas radón en el interior de las viviendas. El análisis de las mediciones de gas radón realizadas en 11 comunidades autónomas revelan una tendencia clara: **las viviendas certificadas Passivhaus suelen presentar concentraciones de radón más bajas que sus equivalentes de control** construidas bajo los criterios del Código Técnico de la Edificación (CTE) o anteriores marcos normativos.

Las viviendas Passivhaus, al contar con una **envolvente hermética** combinada con sistemas de **ventilación mecánica controlada de doble flujo**, presentan un comportamiento más favorable frente al radón que los edificios de control no certificados, en especial durante los meses de invierno, probablemente debido a la menor ventilación natural por cierre de ventanas y que el fenómeno de succión del gas desde el subsuelo es más acusado, incentivada por la diferencia térmica interior-exterior.

En prácticamente todas las regiones analizadas, **las viviendas Passivhaus presentan reducciones medias significativas de concentración de radón de entre un 30% y un 80% respecto a las viviendas convencionales**. Esta diferencia es especialmente marcada en comunidades con alta actividad geológica como Galicia, Castilla y León y Madrid. Mientras que las viviendas convencionales muestran aumentos significativos en los niveles de radón durante el invierno, **las viviendas Passivhaus mantienen una mayor estabilidad estacional**, gracias a sus sistemas de ventilación mecánica controlada de doble flujo y su hermeticidad.

En varias regiones (Galicia y Madrid), **las viviendas convencionales superaron el umbral de 300 Bq/m³** recomendado como límite legal en España. Las viviendas Passivhaus, en cambio, se mantuvieron generalmente por debajo de este valor, salvo excepciones puntuales. Se detectaron algunos casos puntuales con valores altos en viviendas Passivhaus (por ejemplo, en Vigo, Ourense o Huesca), en estos casos resulta necesaria una revisión de las posibles causas y una nueva medición.

Incluso en regiones de baja emisión natural de radón, como Navarra, Cantabria o la Comunidad Valenciana, las viviendas Passivhaus ofrecieron una mayor homogeneidad y menores niveles de exposición, lo que demuestra su utilidad preventiva más allá de zonas de alto riesgo.

Una vez analizados los datos y gráficas del anexo, se aprecia que la **concentración media total de radón es más del doble en edificios convencionales que en edificios Passivhaus**.

Respecto a la desviación entre periodos, se observa que en el 2º periodo (invierno) hay un 42% más de concentración de radón en edificios convencionales, frente un 0,70% en edificios Passivhaus. Como dato a destacar, **la media de las Passivhaus monitorizadas están por debajo del valor saludable que marca la OMS**.

Los resultados de las mediciones evidencian que el **estándar Passivhaus** no solo mejora la eficiencia energética y el confort térmico, sino que también constituye una **estrategia eficaz para la protección frente a contaminantes ambientales como el radón**. **Se recomienda considerar la certificación Passivhaus como medida protectora frente a gas radón equivalente a las recogidas en el CTE en posteriores revisiones del mismo**, especialmente en zonas de riesgo geológico, **siendo una herramienta clave de prevención en salud pública**.

Este estudio refuerza la necesidad de incorporar el riesgo por radón en las fases tempranas del diseño arquitectónico, especialmente en zonas geológicamente predispuestas. Asimismo, pone de manifiesto el potencial de los edificios Passivhaus no solo como modelos de sostenibilidad energética, sino como espacios protectores frente a contaminantes invisibles que afectan directamente a la salud de los ocupantes.

Finalmente, se recomienda ampliar este estudio en escala (número de proyectos medidos), en tipologías edificatorias (incorporando edificios de otros usos diferentes al de vivienda), en contextos geográficos, en parámetros medidos (incorporando otras mediciones como temperatura, humedad, etc.) y en modalidad de medición (medición en continuo), así como promover políticas públicas que fomenten la ventilación mecánica en viviendas nuevas y existentes como medida estructural contra la exposición al radón.

EPÍLOGO

2 November 2025

The three main benefits of Passive House are high energy efficiency (i.e. significant energy savings), thermal comfort and healthy indoor air quality. Being grounded in building science, verifying outcomes through measurement has played a really important role in developing the Passive House Standard. This emphasis on evidence ensures that the benefits and performance of completed buildings really meet the design expectations. It also supports continuous learning and informs improvements across the wider building industry.

This study, carried out by PEP, is an important contribution to this evidence-based learning. Across the samples covered in this study, the radon measurements in the certified Passive House buildings were well within health thresholds set by legal requirements and, in most cases, even below the more stringent limits recommended by the World Health Organisation (WHO). And the measured sample overall exhibits lower indoor radon levels than in the comparable conventional homes. The results align with earlier research e.g. from Germany, UK and Ireland, which also report very low radon levels measured in Passive House buildings. By sharing new data from Spain, this study reinforces the role that the Passive House Standard can play in delivering healthy indoor air quality.

Some of the known measures that help to mitigate radon levels in buildings are independent of the building's efficiency standard and go beyond the scope of this report, such as for example the choice of building materials. Whilst the Passive House Standard does not directly and specifically address radon mitigation, the measured low radon levels can be explained with two key features that are embedded in the standard and part of every Passive House building: airtightness and continuous mechanical ventilation. The airtight building envelope limits air infiltration from the ground, which is a main source of radon in a building. The mechanical ventilation system provides a constant supply of fresh outdoor air throughout the year and dilutes any radon that has entered the building. Passive House certification offers additional quality assurance of both of these measures by requiring a pressure test to verify the level of airtightness ($n50 < 0.6$ ACH), as well as commissioning of the ventilation system with balanced and appropriate flow rates. Based on these principles, it is a logical consequence that Passive House buildings generally exhibit low radon levels.

This study is extremely valuable for raising awareness on the important topic of health implications of indoor air quality, and radon in particular. The measurements taken across Spain highlight the value of energy-efficient, well-ventilated, and airtight construction. Such buildings not only save energy but also protect occupants' health by providing high indoor air quality.

Jessica Grove-Smith
Master's in physics (MPhys)
Joint Managing Director and researcher at Passive House Institute

BIBLIOGRAFÍA

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2015). *Manual de la OMS sobre el radón en interiores. Una perspectiva de salud pública*. https://www.who.int
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). (2021). *Mapa de radón en España. Versión actualizada 2021*. https://www.csn.es
- Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de protección sanitaria contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS 6: *Protección frente a la exposición al radón*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Última actualización 2020. https://www.codigotecnico.org
- Guía Rehabilitación frente al radón.. 1ª edición: septiembre 2020. Disponible en https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/GuiaRadon/Guia_de_rehabilitacion_frente_al_radon+Fichas.pdf
- Instrucción IS-47, de 9 de abril de 2025, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se aprueba el listado de términos municipales de actuación prioritaria contra el radón y se establecen directrices para las mediciones de radón en el aire interior de los centros de trabajo ubicados en ellos.
- European Commission (EURATOM). (2014). *Council Directive 2013/59/Euratom* laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation.
- United States Environmental Protection Agency, EPA. (2016). *A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family from Radon*. https://www.epa.gov/radon
- International Atomic Energy Agency, IAEA (2014). *IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*.
- Building Research Establishment, BRE (2023). *Radon: Guidance on protective measures for new buildings*. https://bregroup.com/store/bookshop/radon-guidance-on-protective-measures-for-new-buildings-2023-edition
- Ireland Environmental Protection Agency, EPA. *National Radon Control Strategy* https://www.epa.ie/our-services/monitoring--assessment/radiation/national-radon-control-strategy/
- Health Canada (2021). *Guide for Radon Measurements in Public Buildings*. https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/radiation/guide-radon-measurements-public-buildings-schools-hospitals-care-facilities-detention-centres.html

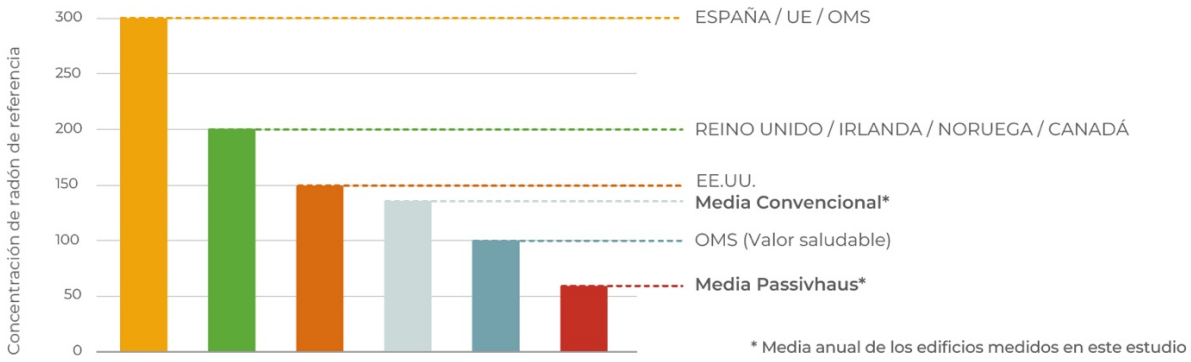
- Pérez, M., García, M., García M., González, S., Rey-Brandariz, J., Barros, J.M., Ruano, A. (2021): *Mortalidad atribuible a la exposición a radón residencial en España*, Ministerio de Sanidad, Consejo de Seguridad Nuclear, Universidad de Santiago de Compostela.
- Barry McCarron, Xianhai Meng, Shane Colclough (2020): *Monitoring of Indoor Radon in Passive House Buildings: A post occupancy study of indoor radon concentrations in certified Passive House buildings*.
- Darby, S., Hill, D., Auvinen, A., et al. (2005). *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*. *BMJ*, 330(7485), 223.
- Barros-Dios, J. M., Ruano-Ravina, A., Pérez-Ríos, M., et al. (2012). *Residential radon exposure, histologic types, and lung cancer risk. A case–control study in Galicia, Spain*. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 21(6), 951–958.
- Instituto de Salud Carlos III – Unidad de Epidemiología del Cáncer. (2020). *Informe sobre radón y salud pública en España*.
- Proyecto RADPAR. (2012). *Radon Prevention and Remediation*. Supported by the European Commission under the Public Health Programme. https://ec.europa.eu/health/ph_projects/2005/action1/action1_2005_17_en.htm
- *Uhlig, W-R.: Radon Pollution in Passive Houses. Libro de comunicaciones de la 14ª Conferencia Internacional Passivhaus 2010 en Dresden, Alemania:* https://passipedia.de/planung/haustechnik/lueftung/grundlagen/luftmengen?s[]=radon#theorie_oder_reale_gefahr
- Diel, F.: *Bewertung der Luftqualitätsmessungen im Passivhaus Darmstadt aus toxikologischer und umwelt-toxikologischer Sicht* (Evaluación de las mediciones de la calidad del aire en el edificio Passivhaus de Darmstadt desde la perspectiva toxicológica y ecotoxicológica): Informe PH No. 10: "*Air quality in Passive House buildings*", Institute for Housing and the Environment (IWU), Darmstadt, February 1995.
- Münzenberg, U.: *Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotentiale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg* (Evaluación metrológica y verificación del potencial de ahorro energético y la calidad de aire interior en edificios Passivhaus en Nuremberg), Schulze Darup, B.,Verlag AnBUS e.V., Fürth, 2002.
- Volumen 8 de grupo de investigación sobre Passivhaus reales: https://passipedia.de/medien/medien/veroeffentlichungen/uebersicht_protokollbaende/protokollbaende_08

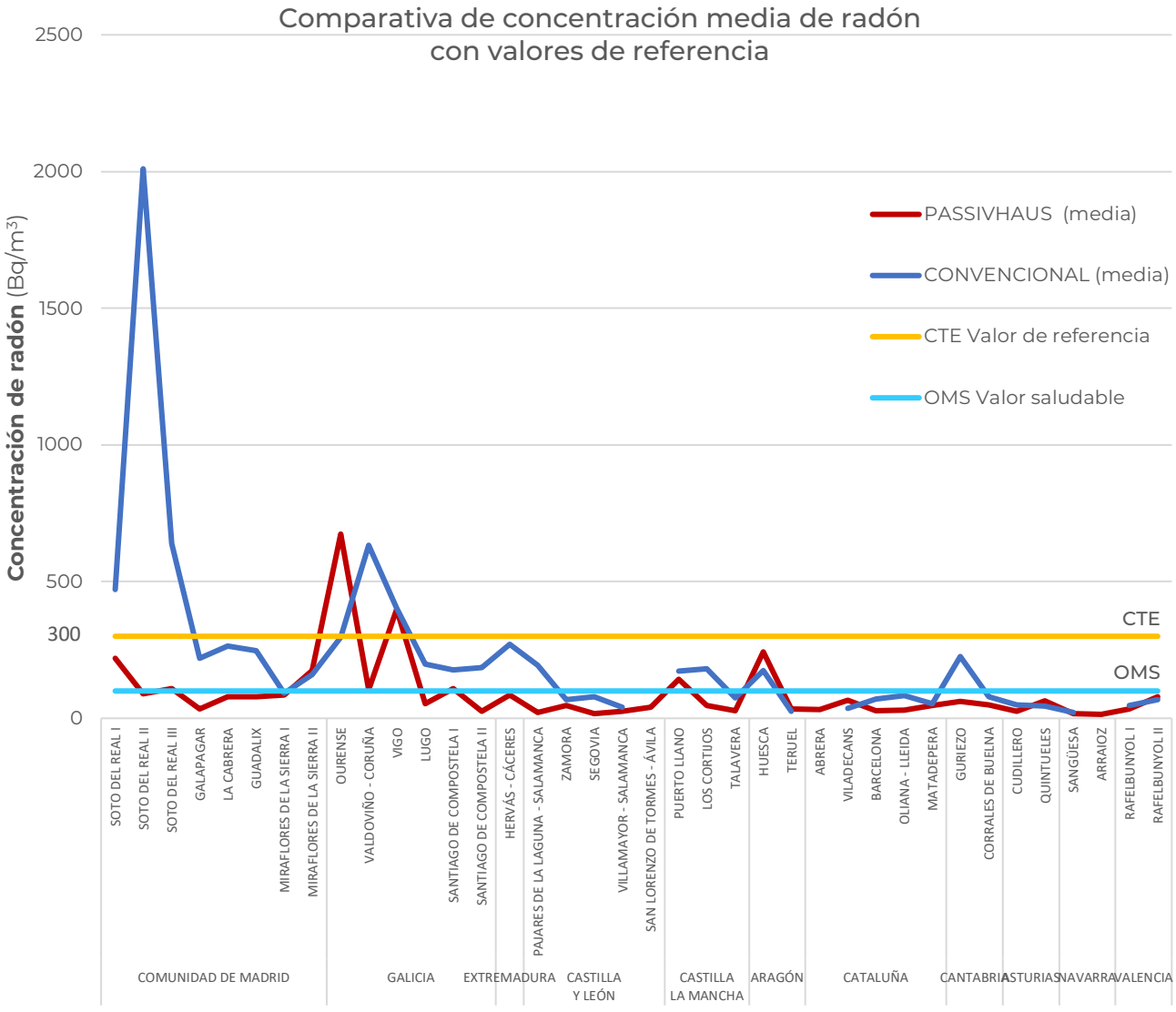
ANEXOS

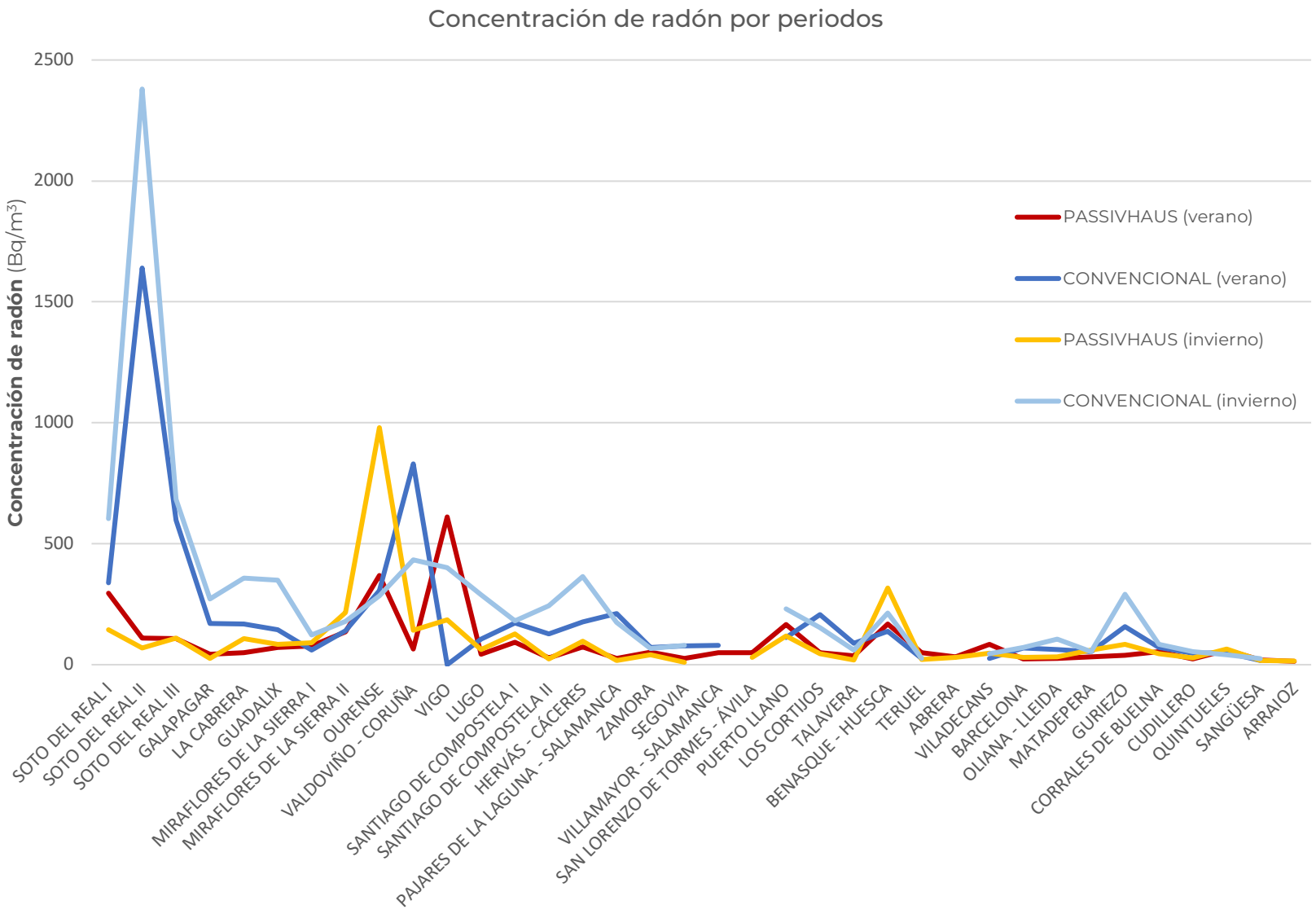
NORMATIVA						
País		**Documento Técnico**	**Ámbito Laboral**	**Plan/Estrategia Nacional**	**Guías**	**Límites**
España	Directiva 2013/59/EURATOM	Documento Básico HS 6 Protección frente a la exposición al radón	- Instrucción IS-33 de 21 de diciembre de 2011 del Consejo de Seguridad Nuclear. - Real Decreto 1029/2022 de 20 de diciembre	Plan Nacional Contra el Radón (2024)	Guía Rehabilitación frente al radón	Locales habitables: 300 Bq/m³
Reino Unido		Approved Document C de preparación del terreno y protección frente a contaminantes y humedad	Reglamento frente a Radiación Ionizante (IRR2017)	- 1ª Edición Plan Nacional de Acción contra el Radón - 2ª Edición Plan Nacional de Acción contra el Radón	Guía medidas de protección para edificios nuevos	Viviendas: 200 Bq/m³ Lugares de trabajo: 300 Bq/m³
Irlanda		Documento de Orientación Técnica C sobre preparación del suelo y resistencia a la humedad (Edición 2023)	Statutory Instruments. Radiological Protection Act 1991. Regulations 2019	- 1ª Fase Estrategia Nacional del control del Radón - 2ª Fase Estrategia Nacional del control del Radón		Viviendas: 200 Bq/m³ Lugares de trabajo: 300 Bq/m³
Estados Unidos		Técnicas de construcción resistentes al radón	Radon in the workplace (OSHA)	Plan Nacional de Acción contra el Radón (3ª Edición)	- Normativas voluntarias - Recursos para constructores y contratistas de nuevas construcciones resistentes al radón (RRNC) - Guía para el ciudadano	148 Bq/m³
Canadá		- Guía para la Medición del Radón en viviendas - National Building Code	(Incluido en la guía de medición del radón en edificios públicos)		- Guía para la medición del radón en edificios públicos - Opciones de control del radón para edificios nuevos (CAN/CGSB-149.11-2024) - Opciones de mitigación del radón para edificios existentes (CN/CGSB-149.12-2024) - Guía para medición en municipios - Guía para medición en provincias	200 Bq/m³

Tabla de marco legislativo internacional sobre el radón. Fuente: CGATE

Valor de referencia de concentración de radón en viviendas por países / entidades






Concentración de radón por periodos
Concentración de radón (Bq/m³)
2500
2000
1500
1000
500
0
PASSIVHAUS (verano)
CONVENCIONAL (verano)
PASSIVHAUS (invierno)
CONVENCIONAL (invierno)
SOTO DEL REAL I
SOTO DEL REAL II
SOTO DEL REAL III
GALAPAGAR
LA CABRERA
GUADALIX
MIRAFLORES DE LA SIERRA I
MIRAFLORES DE LA SIERRA II
OURENSE
VALDOVIÑO - CORUÑA
VIGO
LUGO
SANTIAGO DE COMPOSTELA I
SANTIAGO DE COMPOSTELA II
HERVÁS - CÁCERES
PAJARES DE LA LAGUNA - SALAMANCA
ZAMORA
SEGOVIA
VILLAMAYOR - SALAMANCA
SAN LORENZO DE TORMES - ÁVILA
PUERTO LLANO
LOS CORTIJOS
TALAVERA
BENASQUE - HUESCA
TERUEL
ABRERA
VILADECANS
BARCELONA
OLIANA - LLEIDA
MATADEPERA
GURIEZO
CORRALES DE BUELNA
CUDILLERO
QUINTUELES
SANGÜESA
ARRAIOZ

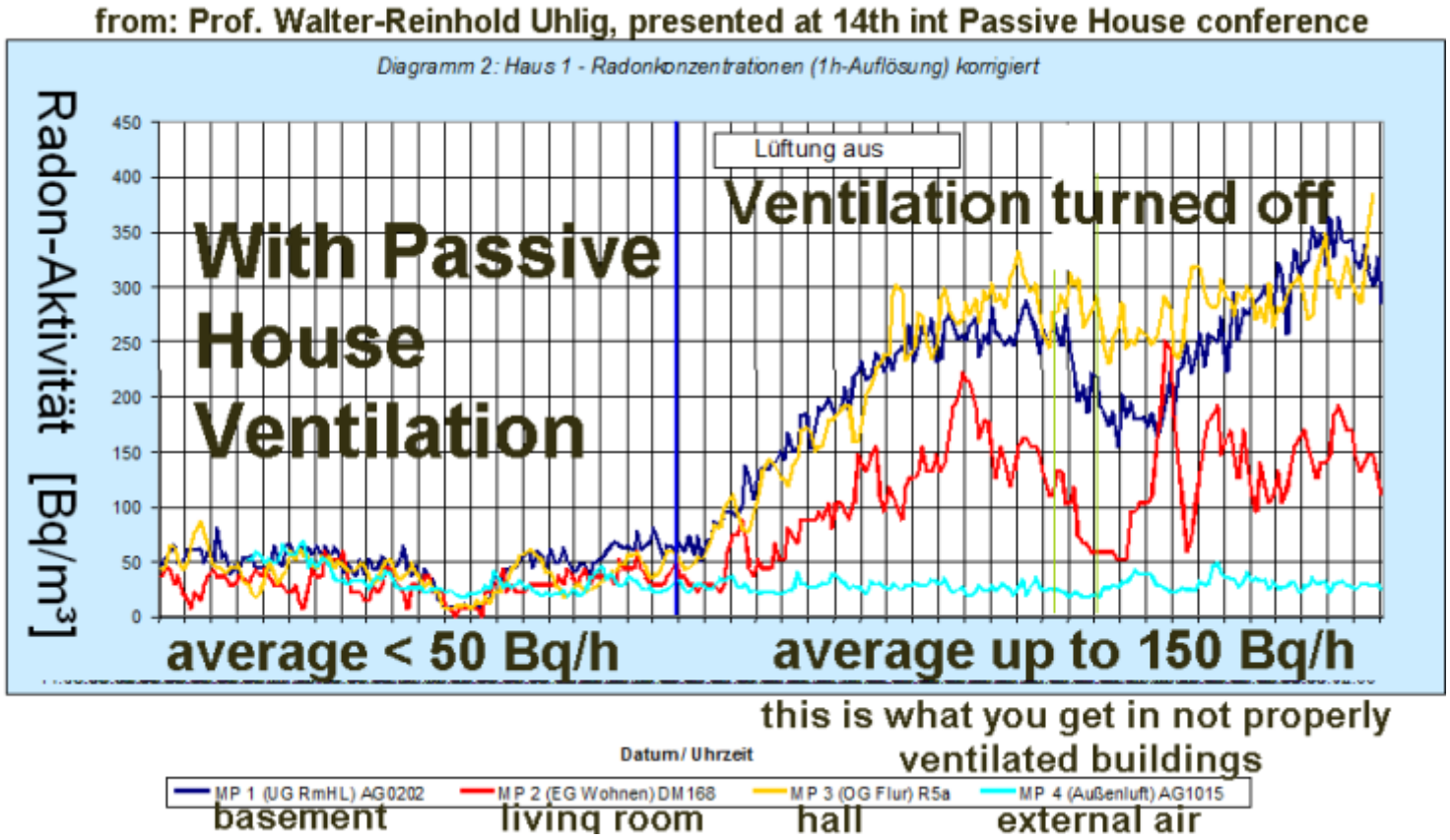


Diagrama sobre las mediciones de radón en función de la ventilación en una Passivhaus de Sajonia (región alemana con alto potencial de radón). Fuente: *Uhlig, W-R.: Radon Pollution in Passive Houses.* Libro de comunicaciones de la 14ª Conferencia Internacional Passivhaus 2010 en Dresden, Alemania: https://passipedia.de/planung/haustechnik/lueftung/grundlagen/luftmengen?s[]=radon#theorie_oder_reale_gefahr

PLATAFORMA EDIFICACIÓN

PASSIVHAUS

vivir mejor con menos energía

www.plataforma-pep.org