



RADÓN

**Guía de recomendaciones de mitigación en
viviendas existentes**

Versión 1 _noviembre 2018

XUNTA DE GALICIA

Índice

1.	Introducción	4
1.1	¿Qué es el radón?	4
1.2	Unidades de medida	4
1.3	Niveles de referencia de concentración de radón	5
1.4	Efectos sobre nuestra salud	5
1.5	El radón en Galicia	6
2.	El radón en las viviendas	8
2.1	¿Por dónde entra el radón en las viviendas?	8
2.2	¿Cuáles son los factores que más influyen en la concentración de radón en viviendas?	10
2.3	¿Cómo saber si nuestra vivienda está situada en una zona de riesgo?	12
2.4	¿Obliga la legislación a tomar medidas de mitigación o remediación en las viviendas existentes?	14
3.	Medición de concentración de radón	15
3.1	Medición en el ambiente. Tipos de medidores	15
3.2	Medición en otros medios	17
3.3	Proceso de medición	17
3.4	Recomendaciones para realizar la medición	18
3.5	Garantía de calidad de las mediciones	20
3.6	Medición en otros países	21
4.	Mitigación o corrección	22
4.1	Medidas diagnósticas previas a la mitigación	22
4.2	Tipos de medidas correctivas	23
4.3	Mantenimiento soluciones	33
4.4	Soluciones en función de la concentración de radón y la tipología de la vivienda	34
5.	Conclusiones	36
6.	Glosario de términos	37
7.	Bibliografía	39

PRÓLOGO

Una de las principales novedades del Código Técnico de Edificación (CTE) es la incorporación, en el documento de salubridad, de la sección DB-HS6 que establecerá los requisitos técnicos que deberán cumplir los edificios para la protección de las personas frente a la exposición a gas Radón. Dicho documento pretende dar respuesta al art. 5 de la Directiva 2013/59/EURATOM, que exige “que los estados miembros establecerán requisitos legales y un régimen apropiado de control reglamentario que, para las situaciones de exposición, reflejen un sistema de protección radiológica basado en los principios de justificación, optimización y limitación de la dosis”.

Sin embargo, las nuevas exigencias del Código Técnico de Edificación (CTE) y las medidas que esta normativa proponga serán de aplicación en los edificios nuevos y en determinados casos de las rehabilitaciones, de modo que los edificios ya construidos, en uso y habitados estarían fuera del alcance de dicha normativa.

Por este motivo se considera necesario y oportuno la redacción de una guía de actuación en las viviendas existentes, que aunque no es de obligado cumplimiento, recoge una serie de recomendaciones y medidas de actuación para mitigar el riesgo de exposición al radón.

El objetivo de la parte primera de esta guía es definir una hoja de ruta de los pasos que debe dar el usuario para comprobar si su vivienda está en riesgo y las posibilidades de actuación que tiene para reducir este riesgo.

En la parte II, Anexo Técnico, se especifican las distintas soluciones constructivas incluyendo el coste estimado de las mismas teniendo en cuenta todas las obras complementarias y necesarias para llevarla a cabo, su correcta ejecución, así como sus ventajas e inconvenientes con objeto de facilitar al técnico la elección de las medidas más adecuadas a cada caso particular.

1. Introducción

1.1 ¿Qué es el radón?

El radón (Rn-222) es un gas radiactivo incoloro, inodoro e insípido que procede de la desintegración radiactiva natural del uranio presente de forma natural en suelos y rocas, especialmente graníticos. Emana fácilmente del terreno, ascendiendo entre los poros del mismo, hasta llegar a la superficie, donde pasa al aire y se desintegra emitiendo una serie de partículas radiactivas.



La presencia de radón en el exterior de los edificios es baja debido a que una vez alcanzada la superficie se diluye rápidamente entre los gases de la atmósfera, sus concentraciones suelen estar comprendidas entre 5 y 15 becquerelios por m³ (Bq/m³). Sin embargo, si el radón se filtra en un espacio cerrado, su concentración se acumula de manera imperceptible, pudiendo alcanzar valores comprendidos entre los 10 y los 10.000 Bq/m³.

1.2 Unidades de medida

La unidad de medida que se emplea para medir las concentraciones de radón es el Becquerelio por m³ (Bq/m³).

Un **becquerelio (Bq)** es la unidad que mide la frecuencia de desintegración o transformación de un núcleo radiactivo. O lo que es lo mismo, el número de desintegraciones por segundo de átomos de radón en un metro cúbico de aire.

Teniendo en cuenta el tiempo medio de desintegración de un núcleo de radón, podemos relacionar el número de desintegraciones por segundo con la concentración de átomos de radón existentes en el aire.

La dosis de radiación absorbida por un tejido biológico, o lo que es lo mismo, el daño causado por las desintegraciones radiactivas, depende tanto del tipo de radiación emitida por los núcleos atómicos cuando se desintegran como de la concentración de los mismos a la que se encuentra expuesto dicho tejido. La unidad de dosis efectiva y equivalente para la medición de este daño es el **Sievert (sv)**.

1.3 Niveles de referencia de concentración de radón

El Consejo de la Unión Europea aprobó la Directiva 2013/59/EURATOM 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, en las que exigen a los Estados miembros adoptar las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas para cumplir lo establecido en la Directiva.

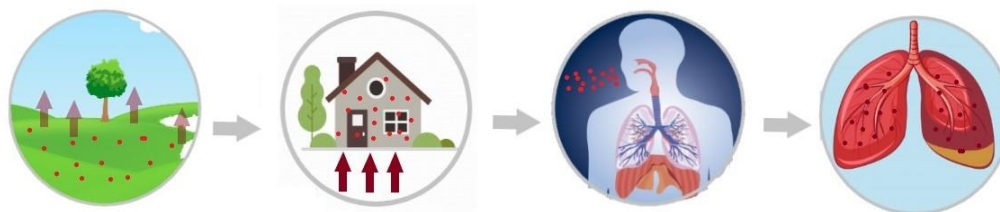
Obedeciendo a lo establecido en la citada Directiva, el proyecto del Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes establece un límite máximo de 300 Bq/m³ anuales en los recintos cerrados, tanto para las viviendas y los lugares de acceso público como para los lugares de trabajo.

Además, advierte a los Estados Miembros que deberán incluir en sus Códigos Técnicos de Edificación requisitos específicos que eviten la entrada de radón en los inmuebles de nueva construcción y fomenten su reducción en las viviendas existentes. Atendiendo a esto, el Código Técnico de la Edificación incorporará en su Documento Básico DB HS de Salubridad una nueva exigencia reglamentaria que desarrolla en la sección HS 6 (Anexo II) y que denomina “Protección frente a la exposición al radón”.

La Directiva 2013/59/EURATOM indica que el nivel de referencia para el promedio anual de concentración de actividad en el aire no debe superar, los 300 Bq/m³ anuales en viviendas de nueva construcción y lugares de trabajo, cuya equivalencia aproximada es de 10 mSV anuales, según cálculos recientes de la Comunidad Internacional de Protección Radiológica.

1.4 Efectos sobre nuestra salud

El radón está considerado como cancerígeno por la Organización Mundial de la Salud (OMS), de acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).



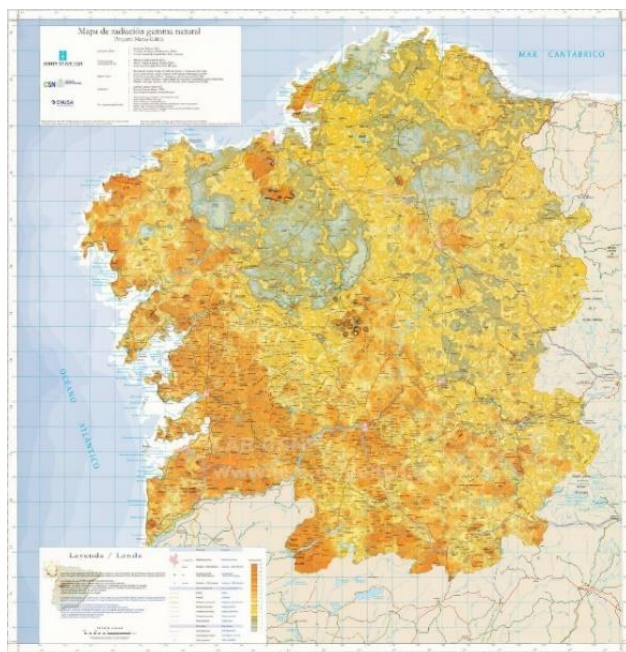
El riesgo de que podamos contraer esta enfermedad a causa del radón depende de varios factores, entre los que se encuentran:

- Los niveles de gas radón existentes en nuestra vivienda o lugar de trabajo
- La cantidad de tiempo que permanecemos en estos lugares
- El hecho de que seamos o hayamos sido fumadores

El riesgo de padecer cáncer de pulmón aumenta de manera proporcional al aumento de la exposición al radón, pudiendo aumentar hasta un 16% por cada incremento de 100 Bq/m³ en la concentración media de radón a largo plazo. Según la OMS, el radón es la segunda causa de cáncer de pulmón después del tabaco en fumadores, y la primera entre quienes no han fumado nunca.

1.5 El radón en Galicia

De acuerdo con los estudios realizados por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) plasmados en el Mapa del potencial de radón, Galicia se encuentra entre las zonas de riesgo de exposición a radón de la Península, junto con un área importante de Castilla y León, Extremadura, Comunidad de Madrid, ciertas zonas de Castilla-La Mancha, parte de los Pirineos y la zona norte de Cataluña. Esto es debido a que en nuestra comunidad existe una gran extensión de subsuelos graníticos que generan radón debido a su riqueza en uranio.



Si al riesgo geológico debido al asentamiento de una parte importante de la población sobre terrenos graníticos, sumamos la gran dispersión de viviendas que existe y el hecho de que muchas de ellas son viviendas unifamiliares, en las que la concentración de radón suele ser más elevada debido a que tienen espacios habitables en contacto con el terreno, nos encontramos con un porcentaje no despreciable de población que podría encontrarse afectada.

De acuerdo con los estudios realizados por el CSN, se podría decir que el 70% de la superficie de la Comunidad Autónoma presenta riesgo de concentraciones de radón, encabezando la lista las provincias de Ourense y Pontevedra , seguidas de A Coruña y Lugo . Este dato no implica que la totalidad de la población que viva en zonas con riesgo de exposición al radón se encuentre realmente afectada. El riesgo se limita, fundamentalmente, a las viviendas que tengan estancias de utilización permanente en contacto con el terreno o directamente comunicadas con espacios en contacto con el terreno.

2. El radón en las viviendas

2.1 ¿Por dónde entra el radón en las viviendas?

El radón puede suponer un problema en cualquier tipología de vivienda, ya sea nueva construcción o vivienda existente, con corrientes de aire o bien aislada, con o sin sótanos, siempre que no tengan las medidas de protección adecuadas.

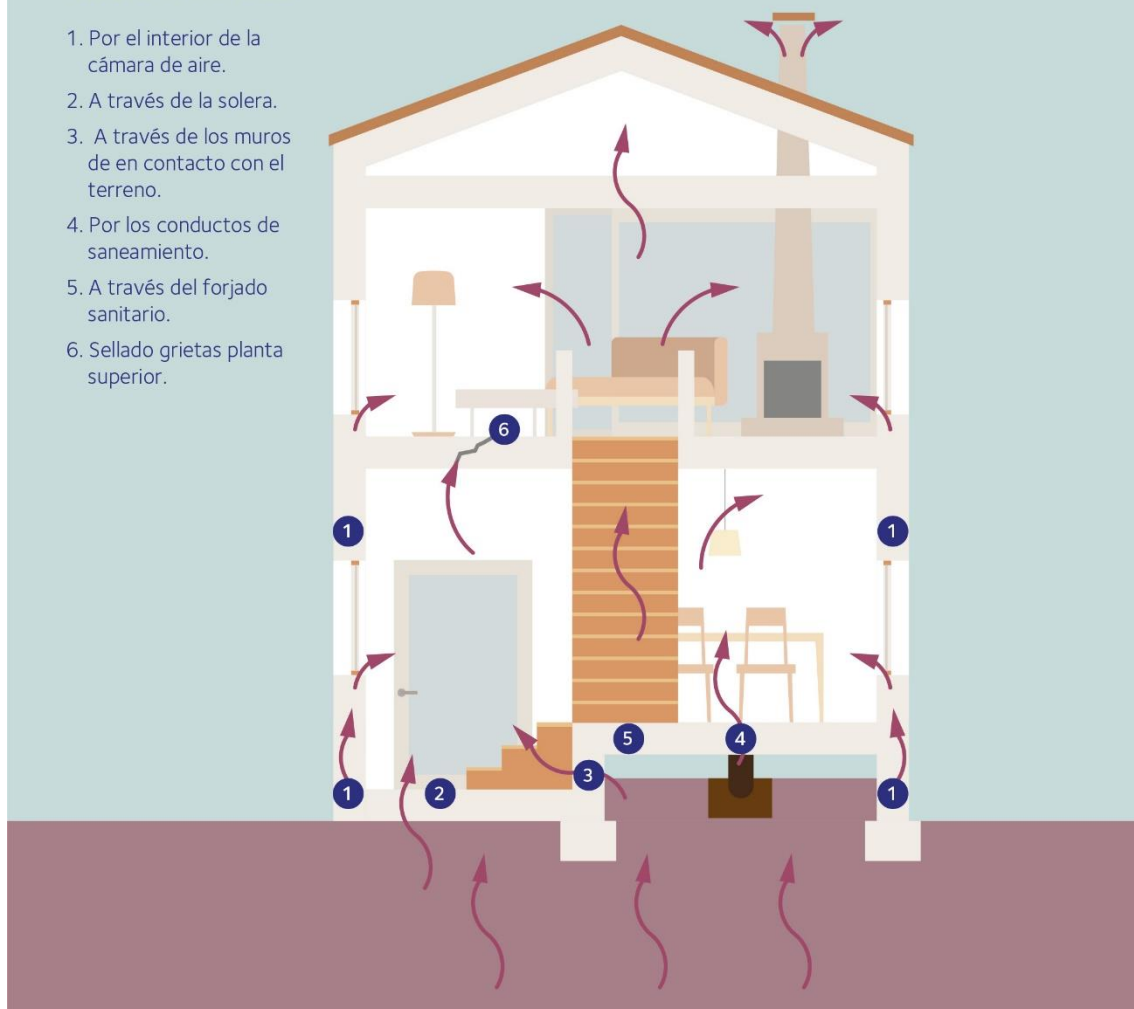
Este gas, más pesado que el aire, se difunde fácilmente desde el subsuelo, donde se encuentra en mayor concentración, hasta la atmósfera y el interior de las viviendas donde suele penetrar por convección a través de las plantas más bajas que están en contacto con el terreno. Por regla general y debido que la densidad del radón es superior que la del aire, las mayores concentraciones de este gas en un edificio se localizan en las plantas inferiores como sótanos y plantas bajas. En ocasiones se han encontrado valores de concentraciones altas en plantas superiores, cuando existe una comunicación entre plantas, debido al tiro térmico que asciende por los conductos.

Pero, ¿cuáles son las posibles vías de entrada del radón en las viviendas?

- A través de la solera ya sea a través de las juntas de dilatación, de las fisuras o del propio hormigón. A través del forjado sanitario: el gas procedente del terreno puede acumularse en la cámara de aire bajo el forjado y cuando ésta no tiene ventilación, puede traspasar el forjado penetrando en la vivienda.
- A través de los muros de sótano, en viviendas enterradas o semienterradas.
- Por el interior de las cámaras de aire en muros: tras penetrar en ellas, el radón puede moverse con facilidad y alcanzar las plantas superiores.
- Por los conductos de saneamiento: puesto que éstos conectan los baños, aseos y cocinas con las arquetas de la red horizontal de distribución situada generalmente bajo la solera.

Vías de entrada de radón en viviendas

1. Por el interior de la cámara de aire.
2. A través de la solera.
3. A través de los muros de en contacto con el terreno.
4. Por los conductos de saneamiento.
5. A través del forjado sanitario.
6. Sellado grietas planta superior.



Otras vías de entrada:

Además de la infiltración de gases del suelo por diferencia de presiones, como ocurre en los casos mencionados anteriormente, el radón también puede llegar a nuestras viviendas a través de las emanaciones procedentes de los materiales de construcción o a través del agua de pozos o manantiales. Aunque en ambos casos las concentraciones de radón son insignificantes.

Los materiales de construcción, por lo general, no suponen un riesgo, puesto que las piedras de granito empleadas en la construcción tienen una capacidad de liberar radón diez veces inferior a la que tiene el suelo. De hecho, las aportaciones con las que estos materiales contribuyen en la concentración de radón en las viviendas se estiman solamente entre 10 y 20 Bq/m³.

Por otro lado, el radón presente en el agua potable procedente de fuentes subterráneas como pozos o manantiales puede pasar al aire de los espacios interiores, siendo más

importante la cantidad de radón que se inhala al respirar que la que se ingiere al beber. Gran parte del riesgo que genera en el agua proviene de las emisiones de gas en el aire cuando usamos el agua de duchas o cuando realizamos las tareas domésticas. Se estima que los sistemas públicos de abastecimiento de aguas la concentración media de radón oscila entre 0,4 Bq/l y 20 Bq/l, dependiendo si el agua procede de fuentes superficiales o subterráneas. La OMS y la Comisión Europea consideran que por debajo de 100 Bq/l no es necesario realizar controles en abastecimientos públicos.

Por tanto, podemos afirmar que el radón procedente del subsuelo sobre el que se encuentra construida la vivienda, entra en las viviendas atravesando soleras, forjados o muros por cualquier fisura o grieta que haya en el suelo, por pequeña que ésta sea. Del mismo modo, puede colarse por las juntas no estancas entre el suelo y las paredes, por los espacios alrededor de cables o tuberías o por los sumideros y desagües.

2.2 ¿Cuáles son los factores que más influyen en la concentración de radón en viviendas?

La concentración de radón en una vivienda depende de una serie de factores, siendo los más influyentes los geológicos, constructivos y meteorológicos:

A. Factores geológicos:

- La concentración de gas radón en el terreno, es decir la cantidad de uranio presente en las rocas y en el subsuelo.
- El grado de fracturación del terreno, de modo que cuanto mayor sea ésta, más alta será la movilidad del radón.
- La permeabilidad al aire del terreno, cuanto más permeable mayor será la cantidad de radón que pueda entrar en las viviendas.
- El grado de saturación de agua del terreno, de manera que una alta saturación llevará consigo una baja movilidad del radón a través del suelo.

B. Factores constructivos:

- La existencia de sótano en la edificación.
- La existencia de sótano o de forjado sanitario, que pueden funcionar como espacio de contención.

- La ventilación o capacidad de intercambio de aire entre el interior y el exterior, que depende del grado de aislamiento del edificio, así como de los hábitos de ventilación de sus habitantes.
- La presencia de elementos que puedan actuar como barreras contra el radón.
- La estanqueidad del edificio, es decir, las posibles vías que el radón encuentra para filtrarse en el interior. De hecho, se observa un incremento de las concentraciones de radón a consecuencia de la construcción de viviendas más estancas con el fin de alcanzar un mayor ahorro energético.

C. Factores meteorológicos:

- La diferencia de presión existente entre el gas retenido en el terreno y el exterior.
- Las precipitaciones: Relacionadas con la reducción de la permeabilidad del suelo alrededor de la vivienda, esto provoca una salida del gas a través del suelo seco que se encuentra bajo la vivienda.
- La temperatura: Las variaciones de temperatura, cuando en el interior es inferior al exterior, modifican el gradiente de presiones entre el interior y el exterior, produciendo un efecto chimenea que crea una pequeña depresión en el interior de la vivienda, favoreciendo la succión del radón presente en el terreno.
- El viento: Presenta efectos contrarios. Por una parte, la velocidad del viento influye de manera positiva en la concentración de radón en el interior de las viviendas, al favorecer la filtración a través de la carpintería de aire con bajas concentraciones de radón que reducirá la concentración interior del mismo. Y por otra, las presiones y succiones provocadas por el viento en las fachadas, genera una diferencia de presiones entre el interior y el exterior que favorece la entrada de radón en la vivienda.

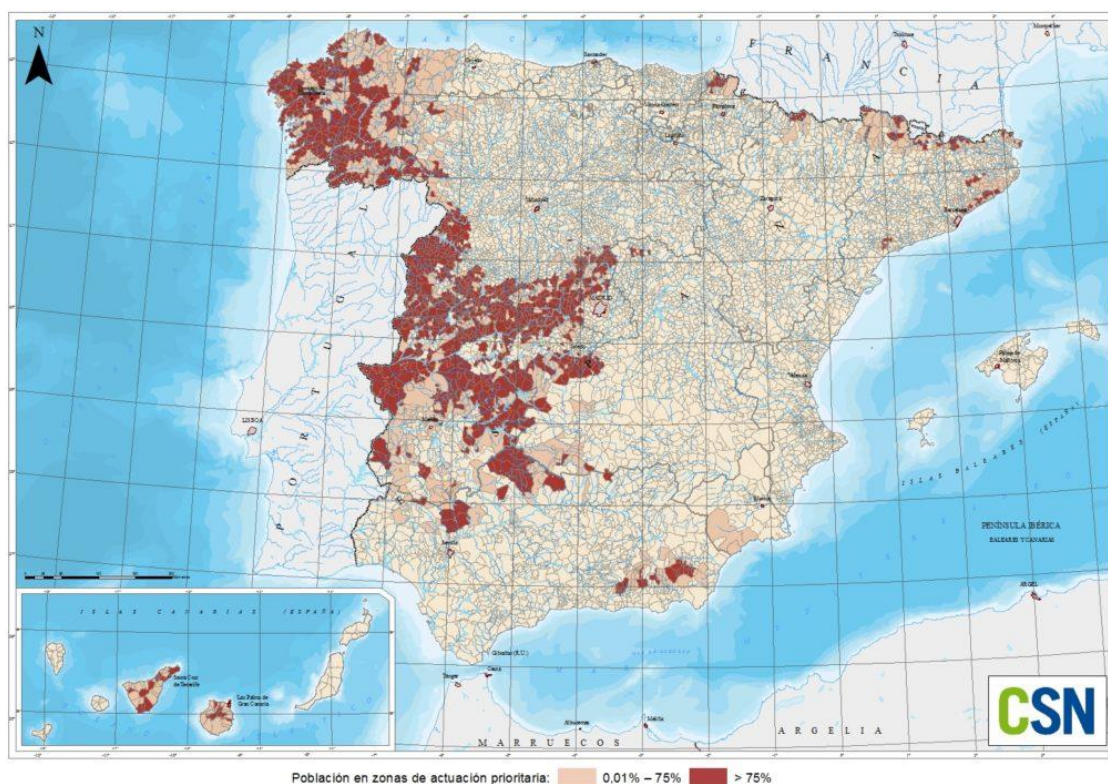
Atendiendo a su influencia, debemos indicar que los factores que más influyen en la concentración de radón en la vivienda son los geológicos, puesto que un terreno que no tiene concentración de radón no lo puede exhalar. Los factores constructivos de la edificación o vivienda son determinantes ya que pueden evitar la entrada de radón aunque esta este situada en una zona de riesgo. Y por último, los factores meteorológicos que influyen en la variación del nivel de concentración, pero no tanto en su existencia.

Además de la localización de la vivienda, factores como la forma en la que fue construida, los materiales de construcción, el estado en el que se encuentra, los hábitos de ventilación, o las medidas de eficiencia energética que suponen un mejor aislamiento de las viviendas, pueden repercutir en los niveles de radón existentes en el espacio a analizar. Además, dichos niveles pueden variar a lo largo del día y a lo largo de las estaciones climáticas como consecuencia de distintos factores.

2.3 ¿Cómo saber si nuestra vivienda está situada en una zona de riesgo?

Lo habitual es que todas las viviendas contengan radón en concentraciones bajas. Sin embargo, como hemos visto, existen determinadas zonas geográficas que, debido a su geología, cuentan con una probabilidad mayor de niveles elevados de radón.

Para saber si nuestra vivienda está situada en una zona geográfica de riesgo podemos consultar el [Mapa del potencial de radón](http://www.csn.es/radon) (www.csn.es/radon) elaborado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) que nos indicará cuál es el nivel de riesgo existente en la zona en la que está construida.



El mapa clasifica las distintas zonas del territorio nacional en función de sus niveles de radón y, más particularmente, identificando aquellas en las que existe un porcentaje

bastante elevado de edificios residenciales que presentan concentraciones superiores a 300 Bq/m³. Para ello, se han tomado más de 12.000 medidas de radón en viviendas, agrupadas por unidad litoestratigráfica y el rango de exposición a radiación gamma natural, obtenido a partir del Mapa MARNA.

Las mediciones se basan en medidas de radón tomadas en plantas bajas, o en los primeros pisos cuando las plantas bajas no estaban habitadas. Por tanto, no representan directamente la exposición de la población. En general, el riesgo asociado a las plantas subterráneas es mayor que el que reflejan los mapas, mientras que en los pisos altos suele ser inferior.

Las áreas establecidas según estos criterios de agrupación se dividieron o combinaron posteriormente a fin de obtener unidades con niveles de radón homogéneos, dando lugar a las siguientes categorías o niveles:

- **Nivel bajo o categoría 0:** los niveles de radón que llegan a la superficie suelen ser bajos. Esto puede ser debido a una baja concentración, a una baja permeabilidad o a la combinación de ambas (menos de 300 Bq/m³).
- **Nivel medio o categoría 1:** los niveles de radón son un poco más altos y resulta necesario el empleo de alguna técnica de mitigación, habitualmente la utilización de un sistema pasivo suele ser suficiente (entre 300 y 400 Bq/m³).
- **Nivel alto o categoría 2:** la concentración de radón es bastante más elevada (más de 400 Bq/m³).

La finalidad de este mapa es facilitar el desarrollo del Plan Nacional de Actuación contra el Radón que exige la Directiva Europea, priorizando las actuaciones de prevención o mitigación en las comunidades autónomas que presentan una mayor exposición al mismo.

La información proporcionada por el mapa es orientativa e indica si la vivienda está en una zona de riesgo potencial. Por tanto, cuando nuestra vivienda se encuentre en una zona de nivel medio o alto en potencial de emisión de radón, con concentraciones superiores a los 300 Bq/m³, es recomendable medir la concentración real de radón acumulada en la misma para determinar cuáles son las medidas de mitigación más adecuadas.

2.4 ¿Obliga la legislación a tomar medidas de mitigación o remediación en las viviendas existentes?

La normativa reciente de protección frente a la exposición al radón, que se desarrolla a través del documento básico del Código Técnico de la Edificación, DB-HS6, *Protección frente a la exposición al radón*, determina las medidas de protección necesarias en los edificios. Este documento es de obligado cumplimiento a los edificios en los que se realice un cambio de uso o en aquellos edificios que se reformen, cuando se realicen modificaciones que permitan aumentar la protección frente al radón o alteren su protección actual.

Los edificios de viviendas existentes en los que no se vayan a realizar obras de reforma del tipo de las especificadas la normativa no obliga a sus propietarios a que tomen las medidas establecidas, ya que no tiene carácter retroactivo.

Por tanto, los propietarios de viviendas existentes **no** están obligados a acometer obras de mitigación o remediación para bajar la concentración existente de gas radón en el interior, aunque es recomendable si la concentración de radón que tienen es mayor que 300 Bq/m³ en las plantas habitables y su ocupación es permanente.

3. Medición de concentración de radón

3.1 Medición en el ambiente. Tipos de medidores

El radón es imperceptible, por tanto la única forma de saber si en una vivienda existen niveles de gas radón que pudieran suponer riesgo para nuestra salud será midiendo su concentración mediante procedimientos científicos. La medición debe realizarla personal cualificado basándose en protocolos normalizados.

Existen métodos de medición a corto y a largo plazo, y aunque todos proporcionan medidas fiables, a la hora de realizar dicha medición es necesario tener en cuenta que la emanación del radón está influenciada por diversos factores (temperatura, humedad, presión, etc.). Por este motivo se recomiendan medidas a largo plazo que recojan todas estas variables y puedan determinar con mayor precisión su concentración real.

A continuación se describen los métodos más utilizados y su aportación, algunos de los cuales se pueden utilizar de forma complementaria para obtener más información y permitir un mejor diagnóstico.

3.1.1 Detectores de trazas para partículas alfa (DTPA):

Los detectores de trazas consisten en pequeños sensores pasivos que se dañan tras recibir el impacto de las partículas procedentes de la desintegración del radón.

Este tipo de medición permite conocer el promedio de concentración de la actividad a la que encontramos expuestos durante un período de tiempo (Bq/m³). Aunque es un método lento, resulta el más recomendable para determinar el nivel de concentración de radón, ya que por la variabilidad de diversos factores, la medida tomada en periodos largos es más fiable.

Lo deseable es realizar la medición durante el periodo de un año completo, para recoger todas las oscilaciones y variables posibles a las que pueden estar sometidas las mediciones de la exposición al radón. De esta manera la concentración obtenida se ajustará mejor a la concentración media anual. No obstante, se pueden recoger datos en periodos de tiempo menor, siendo recomendable un periodo mínimo de 3 meses para obtener datos con cierta fiabilidad.

Su instalación no resulta compleja, siendo un sistema adecuado para colocar en distintos espacios de la vivienda. Una vez finalizado el periodo de exposición es necesario enviarlas a un laboratorio.

El resultado se obtiene de una media ponderada en el período de exposición, ajustada mediante coeficientes de estacionalidad, ya que deben tenerse en cuenta las variaciones temporales según la estación climatológica del año en la que se realice la medición.

3.1.2 Filtros de carbón activo o canisters (DCA):

Los filtros de carbón activo son dispositivos compuestos por gránulos de carbono que necesitan adsorber el radón ambiental durante 48 h. El análisis de los resultados es rápido pudiendo disponer de los resultados aproximadamente unas 4-5 horas después de finalizar las medidas. Se trataría de una medida rápida y de coste moderado.

La información que nos ofrecen estos sensores pasivos es una imagen instantánea, resultado del promedio de actividad en los dos días que dura la exposición.

Normalmente el protocolo de medida que se utiliza minimiza la renovación de aire, ya que resulta necesario reducir la ventilación al máximo en los locales, con lo cual ayuda a identificar los puntos de entrada del radón en los edificios.

Este método es recomendable cuando resulta necesario saber de forma rápida a qué nivel de radón está expuesta la vivienda y también a la evaluación de la eficiencia tras una actuación de remedio.

3.1.3 Cámaras de ionización o medidores en continuo:

Este tipo de medida da una información más detallada que los anteriores. Puede dar resultados en breves períodos de tiempo comprendidos entre 10 min y 1 hora, que informan del comportamiento del radón a lo largo del día.

Son las medidas que más información ofrecen, ya que nos da los datos de la variabilidad a lo largo del día, pero su coste es elevado debido al precio de los detectores que se emplean y a la necesidad de personal cualificado para interpretar los resultados.

Puede ser un método aconsejado en lugares donde la ocupación de los mismos está determinada por un horario ya que podemos determinar el momento del día de mayor concentración de radón.

Los dos primeros métodos pertenecerían a la tipología de medidores pasivos, necesitan un período de tiempo más largo para realizar las mediciones, y además es necesario un

posterior análisis en el laboratorio. El tercero, sin embargo, es un tipo de medidor activo. Este tipo de medidores ofrecen resultados prácticamente al momento.

Lo recomendable para saber el nivel de concentración anual de radón en la vivienda es utilizar los medidores de trazas y complementarlos con los otros métodos para obtener información de la existencia del mismo de manera mas inmediata, así como para obtener información sobre su incidencia a lo largo del día o de un periodo de tiempo.

Todos los métodos proporcionan medidas fiables, pero las medidas a largo plazo recogen el mayor número de variables de niveles de concentración de radón debidas a factores ambientales y meteorológicos por lo que su media anual de concentración es mas exacta.

Otros tipos de medición

Existen otros tipos de medidores que se pueden usar a nivel doméstico para tener una referencia, como medidores compactos o determinadas aplicaciones móviles, pero que no son tan fiables como los anteriores.

3.2 Medición en otros medios

Como hemos visto antes, el radón puede llegar a la vivienda a través de los materiales de construcción o a través del agua, aunque de forma insignificante.

En el caso de los materiales de construcción la medición se puede realizar en laboratorio o sobre el terreno. Las mediciones “in situ” pueden llevarse a cabo mediante métodos de acumulación, de flujo o adsorción.

Y, en los casos en los que se sospeche una concentración elevada de radón en el agua potable, será conveniente tomar muestras y analizarlas en un laboratorio acreditado. En líneas generales, cuando el agua procede de suministros de agua superficial no supone un problema. Es más probable que exista radón en el agua cuando procede de una fuente subterránea, tanto si se trata de un pozo privado como de un suministro público.

3.3 Proceso de medición

Como se ha avanzado, el radón es imperceptible, motivo por el cual deberemos medir sus niveles de concentración para saber si una determinada vivienda está afectada y hasta que punto puede suponer un riesgo para la salud.

Para ello se podría realizar una primera medición con medida a corto plazo, como pueden ser los filtros de carbón activo con toma de muestras durante 2 días (48 horas), esto permitirá conocer de forma rápida y aproximada si la vivienda tiene niveles elevados de radón o no.

Para detectar el nivel de concentración de radón anual de una forma más precisa se realizarán mediciones a más largo plazo con detectores de trazas, tomando muestras durante el período más largo posible y como mínimo de 3 meses de acuerdo a lo estipulado en el apartado 3.1.2.

Se pueden completar las mediciones de radón mediante un medidor en continuo, que permitirá determinar la oscilación de concentración a lo largo del periodo del día lo que nos aportará resultados que pueden ayudar a determinar las acciones de mitigación que será necesario llevar a cabo.

En cualquier caso, se deben llevar a cabo mediciones basadas en protocolos normalizados y con equipos calibrados para poder garantizar su precisión.

3.4 Recomendaciones para realizar la medición

Para la medición de la determinación del promedio anual de concentración de radón en el aire de los locales habitables de un edificio, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

Determinación del número de medidores

Los lugares donde generalmente se encuentran concentraciones más elevadas son los sótanos y las plantas bajas, debido a su proximidad al suelo ya que, como hemos visto, el radón es más denso que el aire. Por lo tanto, si la fuente principal de radón procede del terreno, la medición se ha de realizar en las estancias habitables donde se estime que el radón alcanza su máxima concentración, en particular, en las plantas bajo rasante y en la planta baja o primera planta dependiendo de la tipología de vivienda. Además, en el caso de edificios en altura también en la planta más alta sobre rasante.

Aunque el mínimo determinado de detectores repartidos por cada planta en la que se deba tomar medidas es de 2 para cumplir protocolo, si es posible se recomienda un número de 3 detectores por si hubiese valores muy dispares entre ellos que pudiesen dar lugar a incertidumbre sobre los resultados.

Situación de los detectores en cada planta

En cada planta que se vayan a colocar los detectores, se elegirán las estancias más representativas y en las que la permanencia de personas sea la de mayor tiempo (salones, dormitorios, etc.), permaneciendo siempre en el mismo lugar.

Se recomienda colocarlos a una altura del suelo entre 50 y 180 cm. y a una distancia de más de 30 cm. de la pared.

Los detectores no se deben colocar en el interior de elementos cerrados como armarios, ni próximos a corrientes de aire ni a fuentes de calor.

Cuando resulte necesario colocarlos en lugares con humedad elevada (más del 70% de HR), deben cubrirse con una membrana que los proteja, de forma que ésta no interfiera en la medida final.

Condiciones de la vivienda

Durante la exposición la vivienda deberá estar en condiciones de uso normal, siguiendo los hábitos de ocupación.

En caso de realizar las pruebas con filtros de carbón activo o canisters, será necesario cerrar las ventanas y puertas que dan al exterior, incluso 12 horas antes de comenzar la prueba, y mantenerlas cerradas el mayor tiempo posible durante el tiempo que se realice la misma. Los sistemas de aire acondicionado y calefacción pueden permanecer en uso.

A efectos de medir la concentración de radón en la vivienda solo se tendrán en cuenta los resultados obtenidos en las plantas habitables. No obstante, para realizar un buen diagnóstico que determine las actuaciones de mitigación más adecuadas conviene conocer los resultados de las plantas en contacto con el terreno aunque estas no sean habitables.

Una vez aplicadas las medidas de mitigación será recomendable realizar alguna medición posterior para poder determinar la eficacia de las mismas, comprobando que realmente se ha producido una reducción de los niveles de concentración de radón.

El resultado de las muestras obtenidas debe calcularlo un laboratorio acreditado o habilitado para realizar estos ensayos, con objeto de garantizar el procedimiento y la calidad de los resultados.

3.5 Garantía de calidad de las mediciones

Con objeto de garantizar la calidad de las mediciones de concentración de gas radón en el interior de los edificios, los laboratorios que realicen estas mediciones deberán estar acreditados de acuerdo con la Norma ISO/IEC 17025 por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) o bien, cumplir los requisitos exigidos por el RD 410/2010, de 31 de marzo, haber presentado la declaración responsable como laboratorio de ensayos para el control de calidad de la edificación ante el órgano competente de la comunidad autónoma y estar inscritos en el registro de laboratorios del Código Técnico de la Edificación (CTE).

En Galicia, los laboratorios que cumplan los requisitos exigidos y que quieran inscribirse en el registro correspondiente (RELAGA) deberán presentar una declaración responsable en el Instituto Galego de Vivenda e Solo (IGVS), siguiendo las instrucciones del siguiente enlace: <https://relaga.xunta.gal/rulece/portal/>

Así mismo para saber qué laboratorios habilitados hay en Galicia se podrá consultar el citado registro.

En el CTE se recoge la información de los registros autonómicos y cuyos datos se pueden consultar en su página web:

https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/registroCTE/05-registro-entidades-laboratorio/laboratorios/2018_09_18_Laboratorios.pdf

Para información sobre los laboratorios acreditados por ENAC para la medición de radón se puede consultar la página web del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), a través del siguiente enlace:

<https://www.csn.es/documents/10182/1010776/Listado+de+laboratorios+acreditados+para+medir+rad%C3%B3n+en+aire+seg%C3%BA+norma+ISO-IEC+17025+2C+ubicados+en+Espa%C3%B1a+o+con+distribuidores+en+Espa%C3%B1a+-+Octubre+2018>

Tanto la acreditación como la habilitación de los laboratorios son una garantía de que estos cuentan con el personal y los equipos necesarios, así como, con un protocolo adecuado para la realización de estos ensayos.

3.6 Medición en otros países

El tipo y duración de las mediciones varía de unos países a otros. Así mientras en países nórdicos como Finlandia y Suecia las mediciones se realizan en la temporada de uso de las calefacciones que suele coincidir con los niveles más altos de concentración de radón, en Irlanda y Reino Unido se llevan a cabo a lo largo de períodos de tres meses aplicándoles factores de corrección estacionales, en Italia durante un año completo y en Estados Unidos se opta por mediciones a corto plazo anteriores a la compra-venta de viviendas.

En países como Reino Unido, Irlanda o EE.UU. los niveles del gas condicionan el precio de una vivienda o local y las mediciones en los niveles de exposición son una información solicitada en las transacciones de compra-venta.

4. Mitigación o corrección

4.1 Medidas diagnósticas previas a la mitigación

Antes de proceder a llevar a cabo las medidas de corrección, será necesario realizar un estudio diagnóstico previo en función de los datos obtenidos en las mediciones para determinar cuál sería la medida correctiva más idónea analizando las características del terreno (permeabilidad, compacidad, contenido de radón) de la tipología constructiva de la edificación, de la viabilidad de ejecución de las medidas, de su coste económico, e incluso del tiempo de ocupación de la misma.

Primero se hará una inspección visual del edificio teniendo en cuenta los posibles puntos de entrada del radón, las opciones tanto para la ejecución de puntos de aspiración como para el futuro recorrido de los conductos en sistemas de extracción, las principales fuentes de despresurización existentes en la vivienda, los aparatos de combustión que puedan emitir contaminantes al exterior de la misma, así como las posibles modificaciones que haya podido sufrir la vivienda.

Si se sospecha de una posible infiltración de gases del terreno generada por una diferencia de presiones, se podrá usar humo químico, ampolla de polvo o un micromanómetro para conocer la diferencia entre la presión del suelo o exterior y la del interior de la vivienda.

En caso de que se prevea la necesidad de ventilación mecánica, puede resultar de ayuda determinar la estanqueidad al aire de la envolvente del edificio mediante un test de estanqueidad.

Un diagnóstico incorrecto puede dar lugar a la elección de medidas equivocadas que no provoquen el efecto esperado o, en el peor de los casos, que se eleve la concentración de radón inicial en la vivienda.

La aplicación de medidas de mitigación requiere de un buen diagnóstico previo y contar con expertos en el comportamiento del radón en el ambiente y de los materiales; Así como técnicos con conocimientos en construcción e instalaciones de edificios, para poder establecer las medidas idóneas en cada caso.

4.2 Tipos de medidas correctivas

Para eliminar la concentración de radón en viviendas existentes, tras analizar el resultado de las mediciones y en función del estudio previo, de la ubicación de la vivienda y de las características de la misma, existen distintas medidas correctivas o de mitigación. No existe una solución tipo y tampoco es posible garantizar la eficacia de una técnica concreta pues, como se comenta anteriormente, entran en juego distintas variables. Aunque ayudará tener la máxima información posible.

En general, los sistemas de mitigación deberán cumplir una serie de requisitos:

- Ser capaces de reducir las concentraciones de radón
- Ser funcionales a lo largo de la vida útil del edificio
- Permitir un fácil control de funcionamiento
- Ser seguros y no crear tiro inverso
- Ser silenciosos y discretos.
- En caso de tratarse de sistemas de despresurización pasiva del suelo, permitir la instalación de un ventilador adicional de manera sencilla.
- Presentar costes reducidos de instalación, funcionamiento y mantenimiento.

A continuación, se describen los distintos tipos de medidas correctivas:

4.2.1 Ventilación:

La ventilación se puede aplicar en el interior de la vivienda o cuando ésta cuente con forjado sanitario, en la cámara de aire existente bajo el mismo. Pudiendo ser, en ambos casos, natural o forzada.

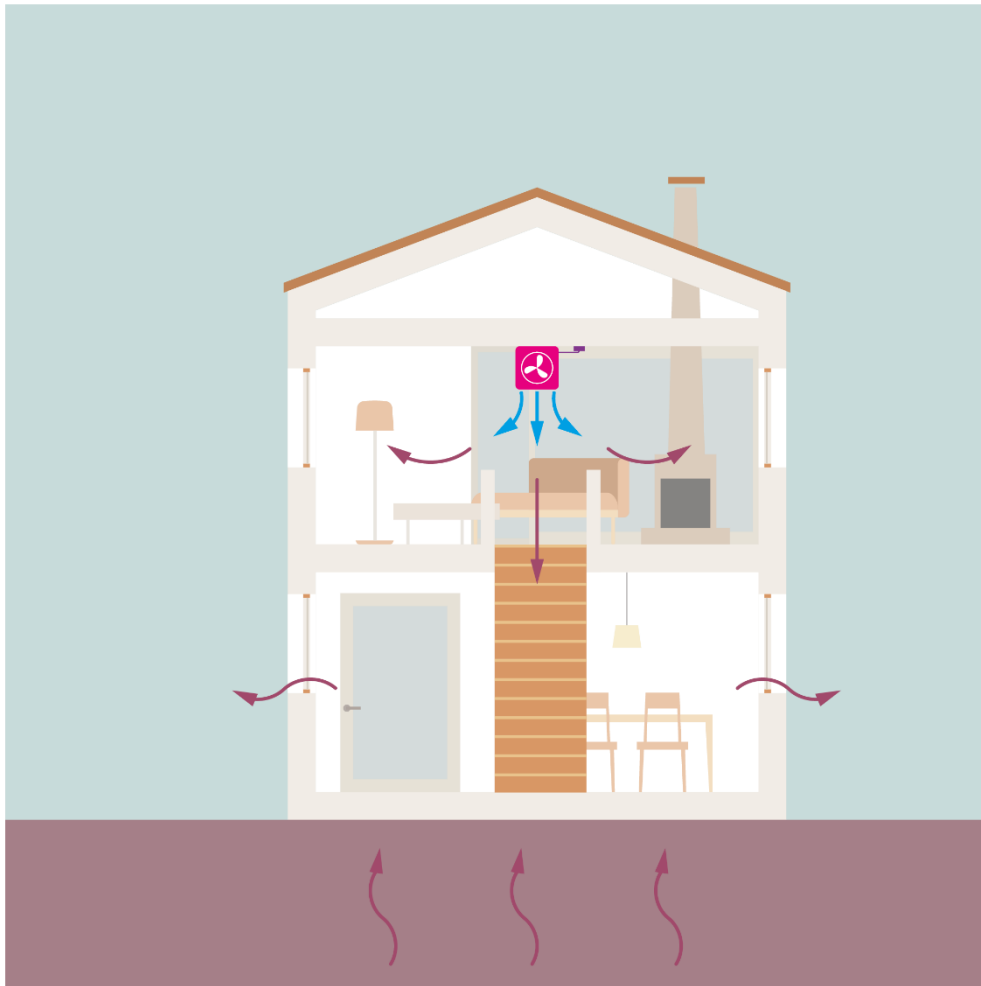
En función del tipo de espacio, la ventilación será diferente:

a) Ventilación en el interior de la vivienda:

La ventilación interior de la vivienda es una técnica habitual cuando existen bajas concentraciones de radón. Aunque el hecho de ventilar abriendo ventanas no suele ser suficiente para eliminar el gas.

Tras varios estudios realizados se llega a la conclusión de que sería necesario alcanzar tasas de ventilación con valores comprendidos entre 2 y 5 renovaciones por hora, para conseguir un ambiente saludable¹. Por eso en la mayoría de los casos es necesario considerar la necesidad de la instalación de un sistema de ventilación forzada que consiga alcanzar dichos caudales de forma constante.

¹B. Frutos. Radon concentration control by ventilation and energy efficiency improvement. AIVC Conference 2015.



La utilización de la técnica de ventilación forzada supone un aumento de la renovación del aire interior para conseguir reducir los niveles de concentración del radón en la vivienda. Esto puede llevar asociado el aumento del coste energético para mantener las condiciones de confort térmico de la vivienda, por lo que se debe considerar el diseño de esta técnica con un sistema de recuperador de calor con objeto de elevar la temperatura del aire de impulsión que viene del exterior.

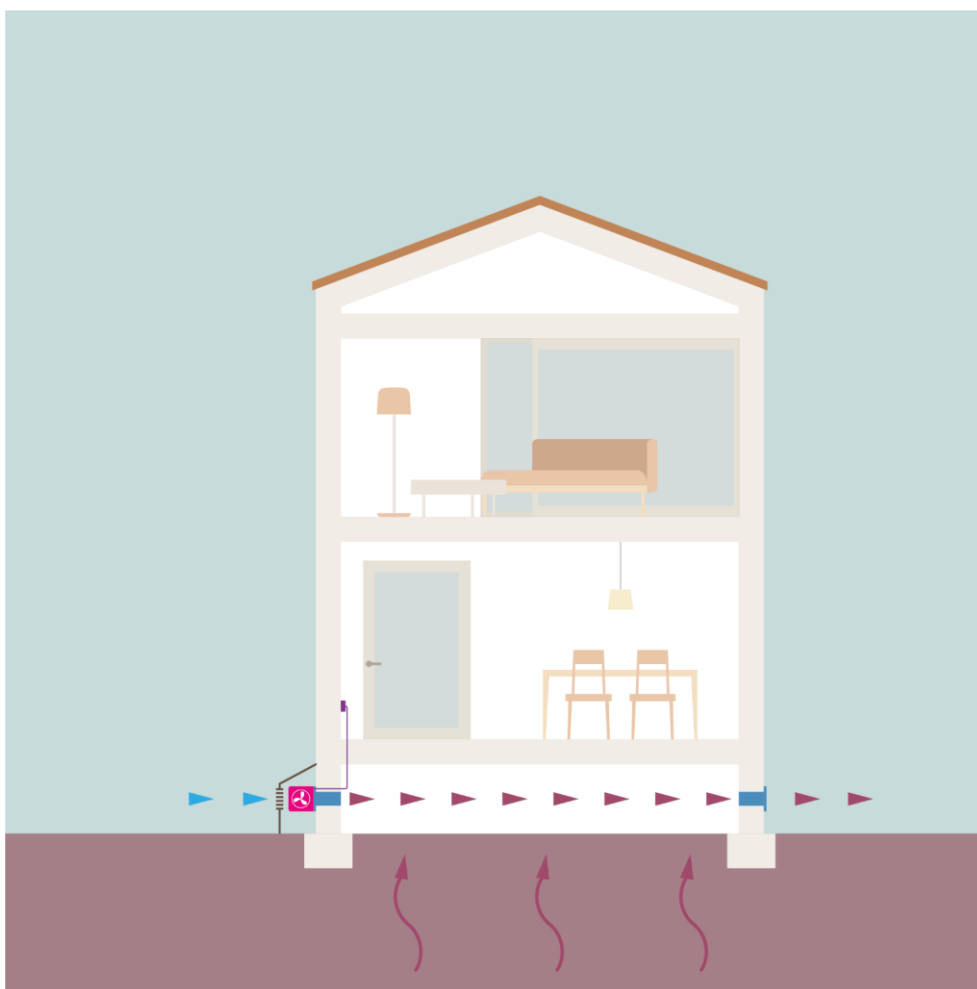
También es importante tener en cuenta que cuando sólo se expulsa aire de la vivienda o si la entrada de aire nuevo del exterior es insuficiente, se puede generar una depresión interior que puede aumentar la succión del radón proveniente del terreno y producir, de este modo, un aumento de los niveles de concentración interior. Por este motivo, es sumamente importante controlar la relación entre las tasas de flujo de extracción e inmisión, con objeto de conseguir que la medida no produzca el efecto contrario. Es decir, que se cree una succión del radón procedente del terreno hasta el interior de la vivienda.

b) Ventilación de la cámara de aire en forjados sanitarios:

En estos casos la cámara de aire del forjado sanitario funciona como espacio de contención/captación, debido a que la ventilación de los espacios comprendidos entre el

terreno y el espacio habitado consigue reducir considerablemente la concentración de radón por debajo de la vivienda, y por tanto, la reducción de las concentraciones de gas en el interior de la misma.

La ventilación se puede llevar a cabo a través de los muretes de apoyo, permitiendo la entrada de aire renovado desde los muretes opuestos, con la ayuda de un sistema de ventilación forzada. Esta ventilación forzada puede reducir las diferencias de presión entre el suelo y el interior de la vivienda, consiguiendo así la reducción del radón existente en la vivienda, lo que conlleva una mejora del aire interior.



Cuando la concentración de radón es muy elevada, la ventilación forzada se puede combinar con un sistema de barrera, para conseguir de este modo una protección mayor.

Es una medida útil cuando no es viable una despresurización activa o en los casos en los que, aun recurriendo a esta técnica, no es suficiente a la hora de reducir las concentraciones de radón.

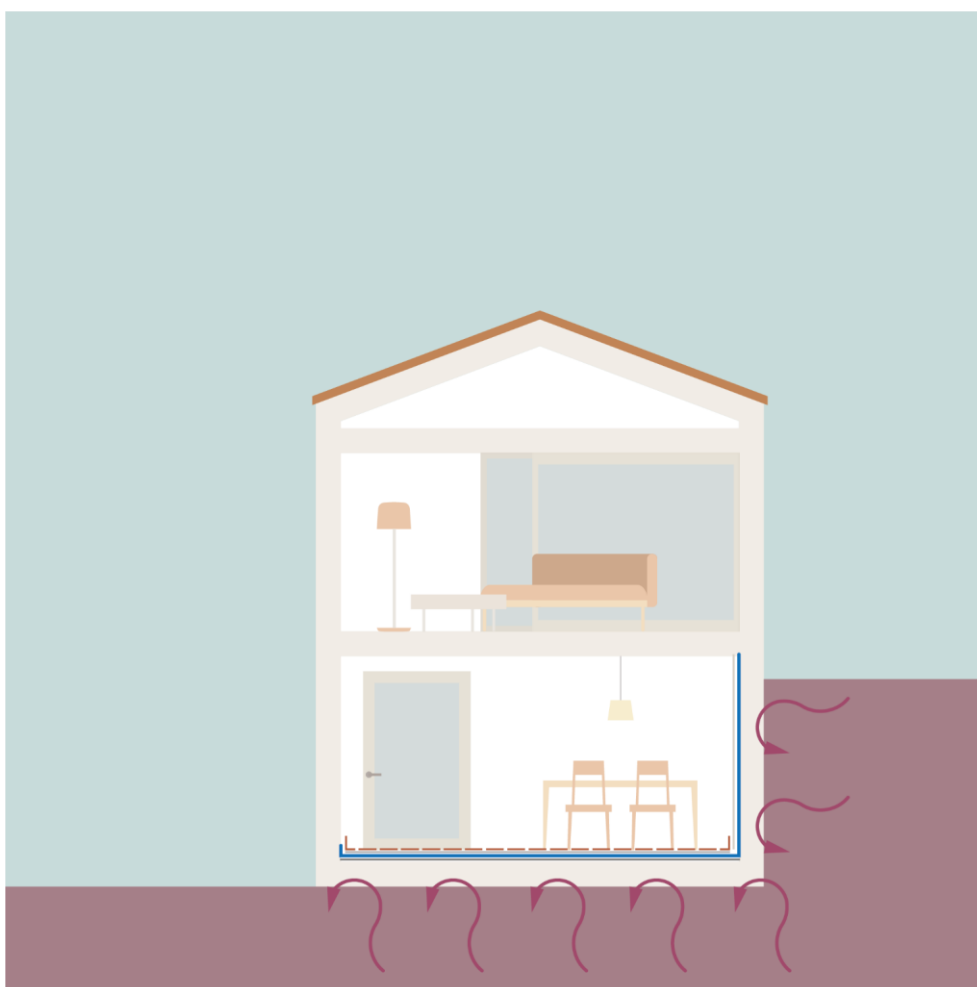
4.2.2 Sellado de grietas y fisuras

El sellado de grietas en suelos y paredes de sótanos o plantas bajas se suele utilizar como un paso inicial para la mitigación. Siempre ha de ir acompañada de otra medida complementaria.

El sellado de grietas se suele realizar con silicona acrílica, aunque se pueden usar otro tipo de materiales como selladores de poliuretano expansivo o morteros de cemento modificados con polímeros, cuando el tamaño de las grietas sea considerable.

Esta medida, aunque es de sencilla aplicación, no debe ser utilizada como medida definitiva o única estrategia de prevención por la dificultad de conseguir un sellado eficiente al no resultar fácil encontrar las posibles entradas (juntas, fisuras, encuentros ...), por la durabilidad del material de sellado, por las dilataciones, por nuevas fisuras que se puedan generar a lo largo del tiempo, etc.

4.2.3 Barrera de protección anti-radón



La barrera de protección anti-radón es una medida pasiva que se basa en la colocación de una lámina prefabricada o en la proyección de una membrana continua sobre la

totalidad de las superficies de la vivienda en contacto con el terreno. Puede emplearse como única estrategia de prevención del radón o en combinación con otras técnicas como la despresurización activa del suelo.

Las barreras suelen ser más eficaces en climas templados, donde las diferencias de presión debidas a la temperatura son pequeñas.

Las membranas han de cumplir una serie de características para que resulten efectivas:

- Impermeabilidad frente al paso del radón
- Estanqueidad durante la puesta en obra y cuando se sometan a movimientos diferenciales
- Altas resistencias mecánicas que eviten el punzonamiento, el desgarró y la tracción, para de este modo evitar fisuras tanto durante su ejecución como durante su vida útil.
- Altas elongaciones para absorber dilataciones y evitar fisuraciones
- Compatibilidad química con los elementos soporte
- Ejecución cuidadosa que garantice su integridad

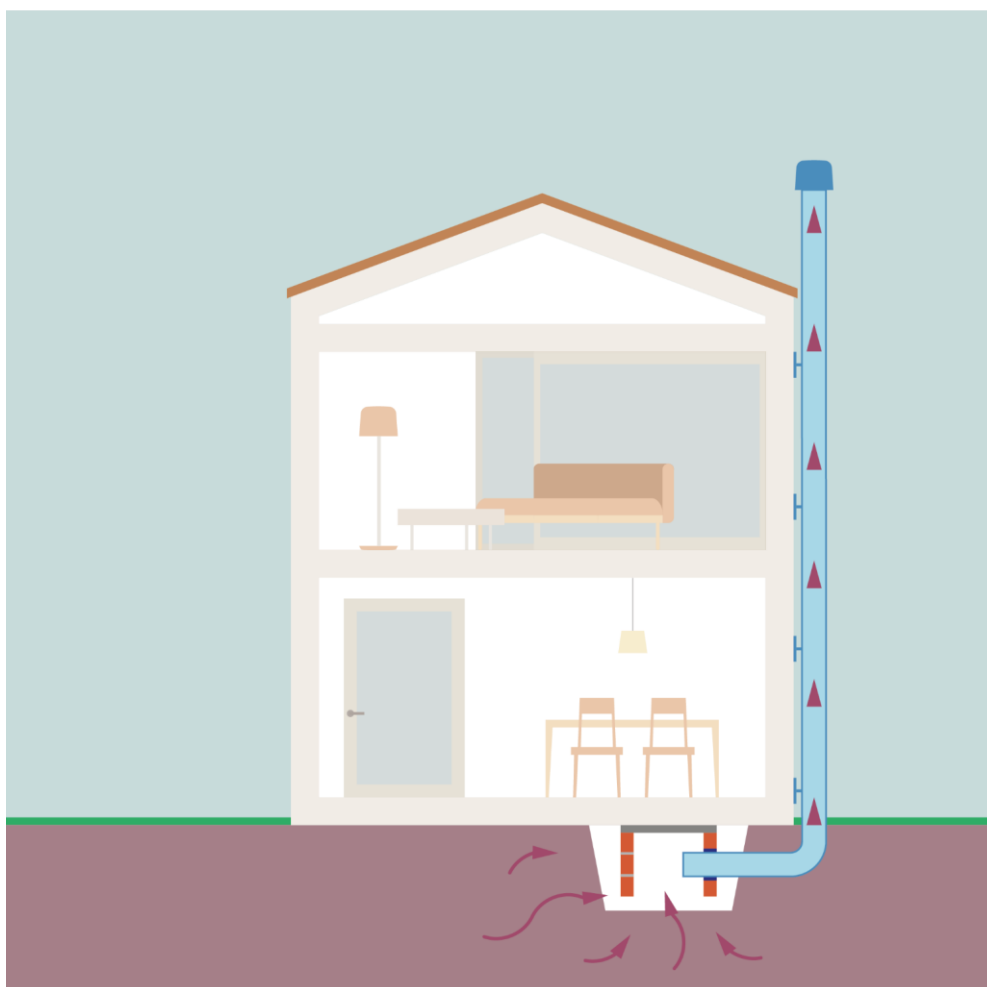
A veces se recurre al uso de fieltros separadores para desligar la membrana del soporte y absorber las irregularidades. Para ello, se suelen añadir capas a la membrana aumentando su espesor.

La incorporación de mallas aumenta la resistencia mecánica de la membrana, mientras que las láminas de aluminio entre las diferentes capas le confieren mayor resistencia al paso del radón.

En líneas generales resulta bastante difícil conseguir la estanqueidad de las membranas. De hecho, si éstas se perforan durante su colocación o uso, se podría conseguir un efecto contrario al deseado, recogiendo el radón del terreno y filtrándolo en la vivienda a través de cualquier grieta o abertura.

4.2.4 Despresurización natural del terreno:

Los sistemas de extracción de radón desde el terreno se basan en la despresurización del mismo mediante la extracción de aire desde el área donde se asienta el edificio. Su función es crear una vía de escape del radón del terreno reduciendo el flujo que se pueda filtrar en el interior de la vivienda.



Para llevar a cabo dicha extracción será necesario una arqueta o punto de captación en el terreno conectado a un conducto de evacuación hacia el exterior que funciona debido a la diferencia de presiones. Cuando las concentraciones sean excesivas y no resulte suficiente el tiro natural, será necesaria la instalación de un extractor mecánico.

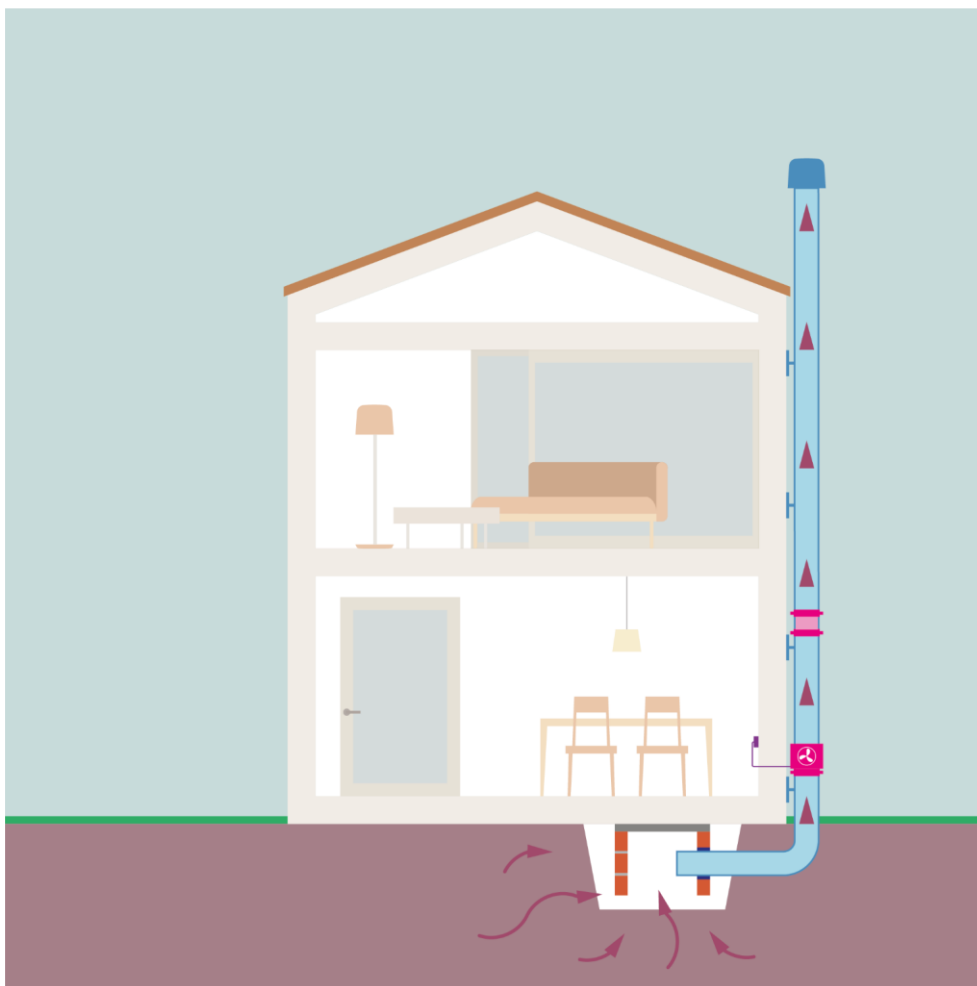
Cuando la extracción se realice de forma natural sin el uso de extractores, la permeabilidad del terreno es determinante en su funcionamiento. Los mejores resultados se consiguen cuando la permeabilidad del terreno es alta, ya que esto favorece el desplazamiento del radón entre los poros del mismo, alcanzando así el punto de captación.

Por tanto, el sistema de extracción natural, estará formado por uno o más puntos de captación situados bajo o en el lateral de la vivienda y un conducto de evacuación.

En la ejecución de esta medida de mitigación es sumamente importante que el tiro sea suficiente. Además, habrá que tener en cuenta que a menor número de puntos de captación será necesaria una mayor potencia de extracción que garantice una zona segura bajo la vivienda.

Cuando el punto de captación esté situado en el exterior es necesario tener en cuenta el efecto barrera que puede causar la cimentación perimetral, que podría conllevar una menor disminución de los niveles de radón.

4.2.5 Despresurización activa del suelo (DAS):



La despresurización activa del suelo (DAS), también llamada extracción forzada, es la medida más indicada para viviendas existentes, puesto que aporta una gran fiabilidad y eficacia en la reducción de los niveles de radón, siempre que su instalación sea la correcta. Por ese motivo es el método utilizado en la mayoría de los países.

Su funcionamiento es similar a los sistemas de extracción natural, exceptuando la incorporación de un extractor para forzar el tiro de evacuación, consiguiendo de esta manera una succión mayor y constante desde el punto de captación.

El sistema de extracción forzada tendrá unas características específicas en función de la tipología de la cimentación de la vivienda (forjado sanitario, losa de cimentación, etc.)

Se suelen utilizar extractores con una potencia comprendida entre 50 y 100 W para un radio de 15 m desde el punto de captación. Aunque la potencia del mismo se calculará en función de la permeabilidad del terreno, la concentración de radón en el mismo y el número de puntos de captación.

Cuando la permeabilidad del terreno sea baja será necesario instalar extractores con mayor potencia. Ésta también deberá aumentar en función de la concentración de radón. Ocurrirá lo mismo si la superficie a cubrir es mayor o si se aumentan los puntos de captación.

Los sistemas de despresurización activa del suelo suelen estar compuestos por:

- Uno o más puntos de aspiración situados por debajo de la solera o forjado en contacto con el terreno, o bien en el exterior de la vivienda.
- Un punto de salida, normalmente por encima de la cubierta más alta, con el fin de evitar que el radón vuelva a entrar en la vivienda.
- Un ventilador en línea de funcionamiento continuo, situado fuera y por encima del espacio acondicionado de la vivienda. Su tamaño suele ser mayor que los usados en vivienda de nueva construcción, puesto que éstas últimas suelen contar con una capa permeable y un sistema de sellado.
- Un manómetro de tubo en U que se colocará debajo del ventilador y actuará como indicador del sistema, comprobando su correcto funcionamiento.
- Marcaje del sistema en todos los niveles accesibles, para evitar su confusión con la red de tuberías de agua.

Se pueden utilizar distintos modelos de puntos de captación:

- Oquedad en el terreno, conectada a un tubo de evacuación que extraerá el radón. Se evitarán desprendimientos y posibles inundaciones.
- Arqueta de captación “in situ”, con orificios en las paredes, generalmente realizada con ladrillo perforado colocado en sentido transversal. Similares a las de las redes de saneamiento, pero con la superficie en contacto con el terreno porosa.
- Arqueta prefabricada especial para captación de radón.

En cuanto a la situación de los puntos de captación deberán tenerse en cuenta las siguientes indicaciones:

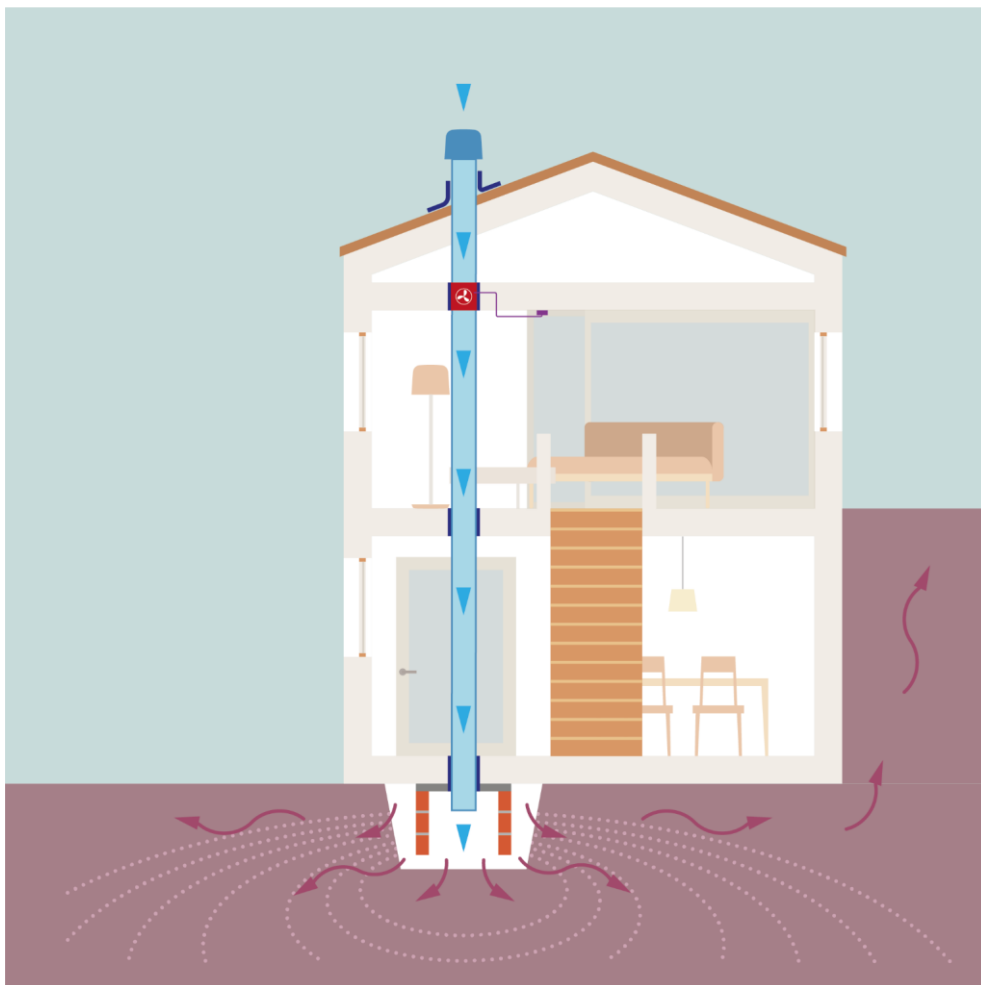
- Se recomienda colocar los puntos de captación de manera que sus radios de acción cubran la totalidad de la superficie en planta.
- La cantidad de captadores y su colocación dependerá de la permeabilidad del terreno, la superficie de la planta y la solución de tiro (natural o forzado).

- Un único extractor puede dar servicio a más de un captador.
- Cuando la permeabilidad del terreno sea alta, puede situarse el punto de captación enterrado en el exterior del edificio, lo más cercano posible a él. La extracción desde el mismo puede llegar a abarcar toda la planta sin que tenga que estar situado debajo. En estos casos se suele necesitar un extractor de mayor potencia. Resulta una buena técnica para viviendas ya construidas.

Las principales dificultades con las que nos podemos encontrar son las siguientes:

- Cuando el material situado bajo la planta inferior es poco permeable, la movilidad del gas es menor, por tanto, puede resultar necesario redimensionar el extractor aumentando su potencia o añadir más pozos de captación, para así aumentar la superficie bajo losa sobre la que se aplica la aspiración.
- El sellado de las aberturas o grietas entre el suelo y el espacio habitado puede resultar dificultoso.
- A veces resulta complicado encontrar un trazado para los conductos de ventilación.

4.2.6 Presurización positiva:



La presurización positiva en el interior de una vivienda se puede conseguir de dos formas diferentes: invirtiendo el funcionamiento de un sistema de despresurización forzada del terreno o instalando un extractor con funcionamiento inverso, de forma que impulse aire en el interior de la vivienda en lugar de extraerlo.

El primer método se basa en el uso de un sistema de despresurización forzada, pero invirtiendo su funcionamiento. De esta manera, el extractor que forma parte del sistema, en lugar de extraer el radón existente bajo el terreno, insufla el flujo de aire en el pozo o arqueta de captación, creando un bulbo de presiones a su alrededor que obliga al radón a recorrer otros caminos para llegar a la atmósfera.

Mientras que el segundo método se basa en la instalación de un extractor con funcionamiento inverso, normalmente colocado en el espacio bajo-cubierta, que provocará una sobrepresión interior en lugar de una depresión, reduciendo el flujo de radón desde el terreno hacia el interior de la vivienda y diluyendo el gas que ya está en el interior. En este caso, es muy importante un buen mantenimiento de los filtros y mantener las ventanas y puertas cerradas para que resulte efectivo.

4.2.7 Técnicas de mitigación de radón en relación con el agua

Para reducir la concentración en el suministro de agua potable existen diferentes técnicas como la aireación o el uso de filtros de carbón activo granular, técnicas sencillas y eficaces:

- Aireación: Esta técnica se puede realizar de distintas maneras, se puede hacer burbujear aire a través del agua en un tanque cerrado, pulverizar el agua en el aire, o bien dejar caer el agua en cascada sobre obstáculos, de cualquiera de estas maneras el radón se extrae del agua y sale al exterior.
- Filtración por carbón activado: La eliminación del radón en el agua potable se puede eliminar mediante un filtro de carbón activo granular. A medida que el agua fluye a través de dicho filtro, los químicos se adsorben o se adhieren a la superficie y dentro de los millones de microporos de los gránulos del carbón activado. Los filtros se utilizan siempre como parte de un sistema de extracción y tratamiento para limpiar aguas subterráneas, de pozo, manantial, aguas municipales, etc.

El filtro de carbón activado consiste en un recipiente o columna rellena de gránulos. Su estructura y propiedades le permiten adsorber específicamente aquellos químicos peligrosos que se encuentran en el agua a tratar, además de los desechos radiactivos pueden eliminar ciertos tipos de metales como plomo, cadmio o mercurio, siempre que estos metales pesados se encuentren presentes en pequeñas cantidades. La reducción mediante filtración por carbón activado

granulado no es tan costosa como el método anterior, pero se consigue una menor reducción de radón.

4.3 Mantenimiento soluciones

Durante la vida de los sistemas de mitigación o protección frente al radón, se debe asegurar su funcionamiento, aumentar su fiabilidad y prolongar su duración. Por todo ello, se deben llevar a cabo una serie de operaciones de mantenimiento.

En la tabla que se adjunta a continuación aparecen reflejadas las principales operaciones de mantenimiento que se han de realizar, así como la periodicidad con las que se deben llevar a cabo.

	OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Conductos	Limpieza	1 año
	Comprobación de la estanqueidad aparente	5 años
Aberturas	Limpieza	1 año
Extractores	Limpieza	1 año
	Revisión del estado de funcionalidad	5 años
Filtros	Revisión del estado	6 meses
	Limpieza o sustitución	1 año
Sistemas de control	Revisión del estado de sus automatismos	2 años

[Indicaciones extraídas del Código Técnico de la Edificación]

4.4 Soluciones en función de la concentración de radón y la tipología de la vivienda

En la siguiente tabla, a título orientativo, se muestran las soluciones más recomendables para **vivienda existente** en función de la tipología, de los niveles de concentración de radón, de la viabilidad y del coste de la medida:

			NIVEL CONCENTRACIÓN RADÓN (Bq/m3)	
TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS			MEDIO (300 < x < 600)	ALTO (> 600)
ESPACIO HABITABLE	SOLERA		Ventilación interior	Presurización positiva en interior de vivienda
	FORJADO SANITARIO		Ventilación C.A. de forjado sanitario Ó Ventilación interior	Despresurización activa
ESPACIO NO HABITABLE	SOLERA		Sellado + Barrera anti-radón	Barrera anti-radón + Despresurización activa
	FORJADO SANITARIO		Sellado + Ventilación C.A. de forjado sanitario	Barrera anti-radón + Ventilación forzada C.A. de forjado sanitario

EH: Espacio o local habitable, entendiendo como tal cualquier recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exige unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas.

EC: Espacio de contención o espacio no habitable, ventilado constituido por una cámara de aire horizontal o vertical o por un local no habitable. Considerando como tal, cualquier recinto interior no destinado al uso permanente de personas, como sótanos, garajes, trasteros y cuartos técnicos.

NOTA EXPLICATIVA:

Se han tomado estos valores de referencia anuales ($+300-600 \text{ Bq/m}^3$) como medio y ($+600 \text{ Bq/m}^3$) como máximo porque parece coherente establecer los mismos niveles de concentración de radón que determina el proyecto del DB HS6 Protección frente a la exposición de radón del CTE para fijar los tipos de actuaciones de protección.

Las soluciones que se recomiendan en esta tabla son las mas viables desde el punto de vista económico, teniendo en cuenta su tipología y su concentración de radón y pueden garantizar la reducción del nivel de concentración anual de una vivienda estándar de ocupación permanente a niveles satisfactorios.

Otro factor a tener en cuenta a la hora de elegir la medida mas adecuada es la permanencia en la vivienda. Teniendo en cuenta que el nivel de concentraciones de radón que se determina en la medición es anual, en una vivienda de ocupación o uso ocasional, el riesgo se minimiza, por lo que determinadas soluciones podrían ser desproporcionadas.

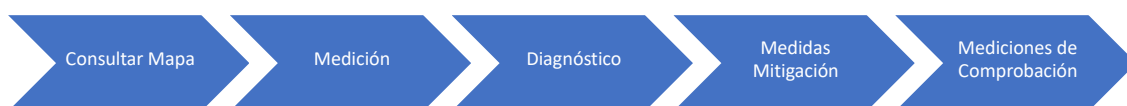
Por supuesto, se podrían aplicar cualquier otro tipo de medidas de protección mayor o implementar las propuestas en la tabla con medidas complementarias, pero requerirían mayor obra, mas tiempo y un presupuesto más elevado.

En caso de que la medición realizada presente un nivel ligeramente elevado de radón y la reducción del mismo no resulte urgente, se pueden aplicar medidas de mitigación de forma escalonada, pudiendo ser aumentadas en un futuro en caso necesario.

En cualquier caso, cualquier solución de mitigación que se pueda realizar en una vivienda con concentraciones medias o altas de radón, aunque no se consigan alcanzar los límites deseables ($<300 \text{ Bq/m}^3$ anuales), siempre será mejor que no aplicar ninguna medida.

5. Conclusiones

En caso de querer saber si nuestra vivienda está afectada por concentración de gas radón, y cuando esto sea así, conocer el nivel de concentración del mismo y las medidas de mitigación o corrección que deberíamos adoptar, se recomienda seguir los pasos que se mencionan a continuación:



- ✓ Consultar, siempre a nivel orientativo, el Mapa de Riesgo Potencial de Radón del Consejo de Seguridad Nuclear y comprobar el nivel de radón asociado a la zona en la que se encuentra nuestra vivienda.
- ✓ Si nuestra vivienda se encuentra en una zona de riesgo es recomendable realizar una medición para determinar los niveles de radón existentes en la misma mediante alguno de los métodos de medición mencionados.
- ✓ Obtenido el resultado de las mediciones por el laboratorio, se analizarán las particularidades del edificio o vivienda, y las posibles soluciones en función de los niveles de concentración de radón detectados, para elegir la medida o medidas de mitigación más adecuadas en cada caso.
- ✓ Una vez aplicada la medida o medidas de mitigación, se recomienda realizar mediciones de comprobación para valorar las eficacia de las mismas.

La solución más adecuada de mitigación que garantice el resultado esperado, vendrá siempre de la mano de un buen diagnóstico, un estudio riguroso y la ejecución por profesionales especialistas.

6. Glosario de términos

Becquerelio: Es la unidad que mide la frecuencia de desintegración o transformación de un núcleo radiactivo. O lo que es lo mismo, el número de desintegraciones por segundo de átomos de radón en un metro cúbico de aire.

Concentración de radón: Se define el nivel de referencia de radón como el valor del promedio anual de concentración de radón por encima del cual se considera inapropiado que se produzcan exposiciones, aunque este límite pueda rebasarse.

Elongación: Alargamiento de una pieza sometida a fuerzas de tracción externas antes de romperse.

Espacio de contención ventilado: Espacio constituido por una cámara de aire, pudiendo ser ésta vertical u horizontal en función del cerramiento a proteger, o por un local no habitable. Este espacio dispondrá de ventilación natural o mecánica.

Espacio/local habitable: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exige unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran locales habitables: dormitorios, comedores, salones, cocinas, baños, aseos, distribuidores interiores, etc.

Espacio/local no habitable: Recinto interior no destinado al uso permanente de personas por lo que no exige unas condiciones especiales de protección dentro del ámbito de aplicación de esta sección. Se consideran locales no habitables los garajes, trasteros y cuartos técnicos.

Estanqueidad: Capacidad de una construcción de evitar la filtración o acceso de partículas externas.

Forjado sanitario: Cumple la misma función que la solera, pero no entra en contacto directo con el terreno, sino que se eleva unos metros y habilita un espacio por el que circula el aire. Entre sus principales funciones está la de evitar un exceso de humedad en la planta baja.

Lámina bituminosa: Elemento laminar compuesto por sustancias bituminosas derivadas del asfalto que, por lo general, se utilizan en la impermeabilización de terrazas, muros enterrados, cubiertas y azoteas, mediante la aplicación de calor para lograr su adherencia al soporte y evitar el paso del agua.

Lámina antipunzonamiento: Lámina que se utiliza normalmente en edificación como protección de láminas impermeabilizantes.

Manómetro: Instrumento para medir la presión de fluidos, generalmente gases, contenidos en un espacio cerrado.

Mortero polimérico: Mortero fabricado a partir de resinas epoxídicas que cuenta con excelentes cualidades mecánicas y durabilidad química. Su aplicación se limita habitualmente a regeneraciones de mínimo espesor, donde no son de aplicación los morteros convencionales.

Nivel de referencia: Valor del promedio anual de concentración de radón por encima del cual se considera inapropiado que se produzcan exposiciones, aún cuando no se trate de un límite que no pueda rebasarse.

Solera: Revestimiento de suelos naturales en el interior de un edificio o vivienda, constituido por una capa resistente de hormigón en masa, quedando la superficie a la vista o con algún revestimiento como acabado.

Sievert: Unidad de medida del efecto que produce un determinado nivel de radiación sobre el cuerpo humano.

Test de estanqueidad: Test que evalúa el nivel de permeabilidad de las viviendas o edificios. Para ello resulta necesario un ventilador colocado en la puerta principal del inmueble, que despresuriza (aunque también puede presurizar) el interior del mismo y analiza su hermeticidad. Suele utilizarse un único ventilador, aunque en función del tamaño de la construcción, puede necesitarse más de uno para realizar el ensayo.

Tiro natural: Desplazamiento del aire o de un gas de la parte baja a la parte alta de un conducto de extracción o chimenea. Se produce debido a que el aire caliente, menos denso que el aire frío, tiende a subir. El tiro también puede ser ocasionado por una depresión en la parte superior del conducto o chimenea debida al viento. El aire es aspirado desde la parte baja a la parte alta por esta depresión, creando el tiro.

Tiro inverso: Es el movimiento contrario al tiro natural, es decir el aire o el gas se desplaza de la parte más alta a la más baja del conducto o chimenea, creando un movimiento de aire desde el exterior al interior.

7. Bibliografía

NORMATIVA

Directiva 2013/59/EURATOM, 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, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.

Proyecto del Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes

Proyecto de Real decreto por el que se aprueba el Anejo II-Sección HS6 del Documento Básico de Salubridad del Código Técnico de la Edificación.

UNE-EN 13829:2002. Aislamiento térmico. Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador.

Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación y para la seguridad de las fuentes de radiación. Organización Mundial de la Salud. 1997.

PUBLICACIONES

Residential radon in Galicia: a cross-sectional study in a radon-prone area. *J Radiol Prot.* 2017 Sep; 37 (3): 728-741. Lorenzo González M, Ruano-Ravina A, Peón J, Piñeiro M, Barros-Dios JM. 2017

Programas de vigilancia radiológica ambiental. *Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Colección Informes Técnicos.* 2017.

El radón y sus efectos en la salud. *Organización Mundial de la Salud.* 2016.

A citizen's guide to radon. The guide to protecting yourself and your family from radon. *EPA United States Environmental Protection Agency.* 2016.

Estrategias y criterios de actuación para evitar la presencia de radón en edificios. *Revista Tecnológica. CSCAE.* 2016.

Manual de la OMS sobre el radón en interiores. Una perspectiva de salud pública. *Organización Mundial de la Salud.* 2015.

Técnicas de ventilación como medida de rehabilitación frente a la inmisión de gas radón en edificios y su repercusión en la eficiencia energética. *Frutos Vázquez, Borja; Martín-Consuegra Ávila, Fernando; Olaya Adán, Manuel; Sainz Fernández, Carlos.* 2014.

Lung cancer in never-smokers: a case-control study in a radon-prone area (Galicia-Spain). *Eur Respir J.* 2014 Oct; 44 (4): 994-1001. Torres-Durán M, Ruano Ravina A, Parente-Lamelas I, Leiro-Fernández V, Abal-Arca J, Montero-Martínez C, Pena-Álvarez C, González-Barcala FJ, Castro-Añón O, Golpe-Gómez A, Martínez C, Mejuto-Martí MJ, Fernández-Villar A, Barros-Dios JM.

Impact of the geological substrate on the radiological content of Galician waters. D. Cortina, I. Duran, J.J. Llerena, R Sorribas *Journal of Environmental Radioactivity*. Volume 116. 2013.

Residential radon exposure, histologic types, and lung cancer risk. A case-control study in Galicia, Spain. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2012 Jun; 21 (6): 951-8. Barros-Dios JM, Ruano-Ravina A, Pérez-Ríos M, Castro-Bernárdez M, Abal-Arca J, Tojo-Castro M.

Radón y Cáncer de Pulmón. *Universidad de Santiago de Compostela*. Editado por Juan M Barros Dios y Mónica Pérez Ríos. 2012

Mapa del potencial del radón en España. *Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Monografías. Mapas de radiación natural.*

Mapa de radón de Galicia. *CSN en colaboración con USC/Laboratorio de Radón de Galicia y la Consellería de Sanidade/Dirección Xeral de Saúde Pública.*

Sistemas de extracción como técnicas constructivas para evitar la entrada de gas radón en las viviendas. Frutos Vázquez, B; Olaya Adán, M; J.L. Esteban, J.L. *Informes de la Construcción Vol. 63, 521, 23-36, enero-marzo 2011.*

Guía de la OMS para la calidad del agua potable. *Organización Mundial de la Salud*. 2011.

An approach to the subslab depressurization remedial action in a high ²²²Rn concentration dwelling. D. Cortina, I. Duran, J.J. Llerena, R Sorribas. *Journal of Environmental Radioactivity*. Volume 101, issue 3. 2010.

Folla de información de saúde pública. O radón. *Xunta de Galicia*. 2010.

²²²Rn concentration in public secondary schools in Galicia (Spain). D. Cortina, I. Duran, J.J. Llerena, R Sorribas. *Journal of Environmental Radioactivity*. Volume 101, issue 11. 2010

Protección frente a la inmisión de gas radón en edificios. *Consejo de Seguridad Nuclear. Colección Informes Técnicos. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja*. Frutos Vázquez, Borja; Olaya Adán, Manuel. 2010.

Who. Handbook on Indoor Radon. A public health perspective. *World Health Organization*. 2010.

Measurements of indoor radon concentrations in the Santiago de Compostela area. D. Cortina, I. Duran, J.J. Llerena. *Journal of Environmental Radioactivity*. Volume 99, issue 10. 2008.

El gas radón como contaminante atmosférico. *Quindós Poncela, Luis Santiago; Sainz Fernández, Carlos; Quindós López, Luis; Fuente Merino, Ismael; Luis Arteche, José. Grupo radón. Facultad de Medicina de Santander. Universidad de Cantabria. 2010.*

Potabilización radiológica del agua de consumo humano. *Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). 2007.*

Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ. 2005 Jan 29; 330 (7485):223. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Rosario AS, Tirmarche M, Tomásek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R.*

Estudio de la viabilidad y la efectividad de las acciones de remedio frente a la presencia de gas Radón en los edificios existentes. *Proyecto Plan Nacional (BIA2004-01460). Entidades participantes: IETcc (CSIC) y Universidad de Cantabria. 2004-2007.*

Concentraciones de radón en viviendas españolas. Otros estudios de radiación natural. *Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). 2004.*

Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study. *Am J. Epidemiol. 2002 Sep 15; 156 (6): 548-55. Barros-Dios JM, Barreiro MA, Ruano-Ravina A, Figueiras A.*

Proyecto Marna. Mapa de radiación gamma natural. *Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). 2000.*

Radón: un gas radioactivo de origen natural en su casa. *Quindós Poncela L.S. Universidad de Cantabria. 1995.*

PÁGINAS WEB

Organización Mundial de la Salud (OMS):

www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health

Public Health England (PHE):

www.ukradon.org

Government UK:

<https://www.gov.uk/government/collections/radon>

Building Research Establishment (BRE):

www.bre.co.uk/radon

European Radon Association (ERA):

www.radoneurope.org

United States Environmental Protection Agency (EPA):
www.epa.gov/radon

Radon News:
www.radonnews.org

Consejo de Seguridad Nuclear (CSN):
www.csn.es/radon

Laboratorio de Radón de Galicia. Universidad de Santiago de Compostela (USC):
www.usc.es/saudep/info/radon/
www.usc.es/radongal/inicio/

Servicio de medida y mitigación de gas radón de la USC. Departamento de Física de Partículas de la USC. Universidad de Santiago de Compostela (USC):
<https://igfae.usc.es/radonlab/>

Cátedra de Física Médica. Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas. Universidad de Cantabria:
www.elradon.com/web/



Xacobeo 2021

galicia



XUNTA
DE GALICIA