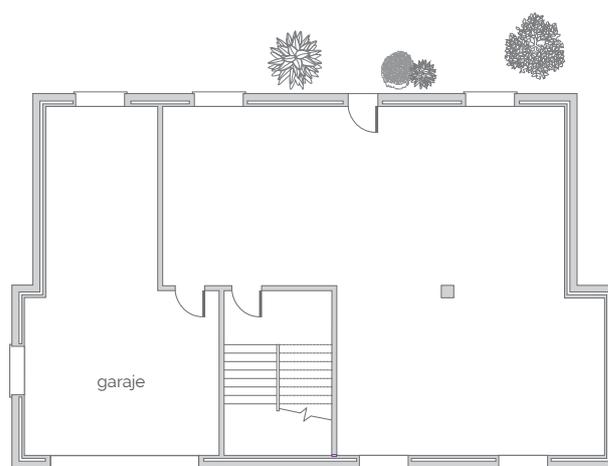
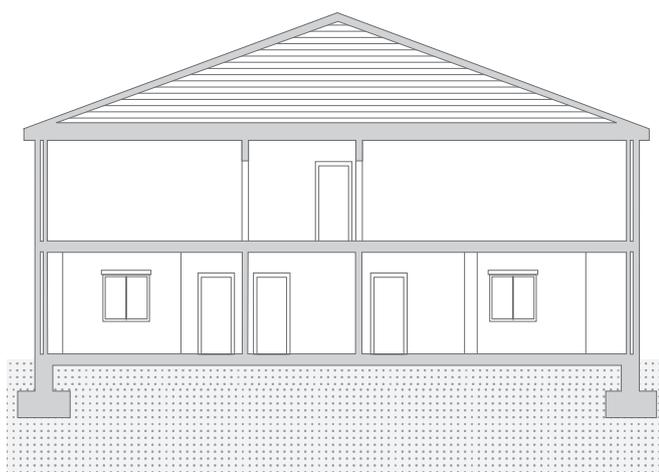


1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

- Uso: Residencial.
- Clasificación del municipio según el DB HS6 en función del potencial de radón: Zona II.
- Superficie construida: 150 m².
- Superficie en contacto con el terreno: 75 m².
- Superficie construida bajo rasante: No.
- Tipo de ventilación: Natural a través de huecos de ventanas.
- Plantas y distribución: Dos plantas (Figura 1). En la planta baja se sitúan el garaje y un local habitable de usos diversos. En la planta primera se encuentran el resto de los locales habitables.
- Construcción: Estructura metálica. Fachadas de fábrica de ladrillo con enfoscado de cemento y mampostería. Solera en toda la superficie en planta.
- Tipo de terreno: Capa de relleno heterogénea, de espesor variable y poco compacta. Sustrato natural de granito alterado y rocas graníticas.
- Promedio anual de concentración de radón previo a la intervención: 660 Bq/m³.



▼ Figura 1 - Sección y planta baja de la vivienda

2. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Las soluciones de protección más apropiadas según la tabla 2¹ de la **Guía de rehabilitación frente al radón** en el caso de la existencia de una **solera** para una concentración de radón existente mayor de 600 Bq/m³ son:

- barrera frente a radón con despresurización;
- sellado de fisuras, grietas, encuentros y juntas de la envolvente en contacto con el terreno con despresurización; o
- barrera frente al radón con disposición de una cámara de aire ventilada.

Según la propia Guía, estas soluciones se pueden complementar con la mejora de la ventilación de los locales habitables



El buen estado del cerramiento en contacto con el terreno y la limitación de altura libre en la vivienda, entre otros, conducen a la elección de una solución basada en el **sellado** de puntos críticos y **despresurización del terreno**.

Entre estas posibilidades se considera el **sellado de fisuras, grietas, encuentros y juntas (Solución A2)** del cerramiento en contacto con el terreno **con despresurización (Solución B3)** como la opción más adecuada por los siguientes motivos:

- el estado de la solera existente es bueno, por lo que no se considera necesaria su sustitución. El uso de barrera frente al radón sobre la solera existente se descarta por criterios económicos y dificultad de implementación;
- la despresurización con el sellado ofrecen una alta eficiencia por lo que podría compensar su coste y dificultad técnica;
- la disposición de una cámara de aire por el interior de la solera existente se descarta por la limitada altura disponible;
- la mejora de la ventilación de los locales habitables se descarta puesto que la ventilación existente se

considera suficiente para asegurar la calidad del aire interior sin tener en cuenta el radón. Además, se quiere evitar el posible incremento de la demanda energética de climatización consecuencia de un aumento excesivo de la ventilación.

3. DIAGNÓSTICO

El objetivo de la **despresurización del terreno** es garantizar que la diferencia de presiones entre el terreno y la vivienda sea negativa en toda la extensión del edificio en contacto con el terreno. Para poder lograr este objetivo se realiza un diagnóstico de la capacidad de movilidad del aire en el sustrato bajo la solera.

El objetivo del **sellado de fisuras, grietas, encuentros y juntas** del cerramiento en contacto con el terreno es limitar la penetración del radón a través de puntos en los que se de alguna discontinuidad y favorecer además la efectividad de la despresurización. Para poder lograr este objetivo se realiza un diagnóstico de la situación existente basado en su inspección y evaluación identificando los puntos críticos en los que el cerramiento presenta discontinuidades.

Movilidad del aire en el sustrato

El diagnóstico de la movilidad al aire en el sustrato incluye el estudio de la composición del sustrato para verificar que exista una capa que pueda ser potencialmente permeable al aire, la evaluación de la presencia de obstáculos y la estimación del radio de acción de la despresurización (a qué distancia puede asegurarse la extracción de los gases del terreno).

Para poder estudiar la **composición del sustrato** se practican dos perforaciones en la solera observándose la siguiente composición de arriba hacia abajo (Figura 2):

- baldosa de terrazo y mortero de cemento;
- solera de hormigón pobre (60 mm);
- capa de relleno de grava (100 mm de diámetro) mezclada con tierras, sin espesor regular (0 a 150 mm); y
- terreno natural con presencia de roca en algún punto.

(1) Tabla 2. Soluciones orientativas de protección frente al radón en caso de solera en función de la concentración de radón existente de la Guía de rehabilitación frente al radón.

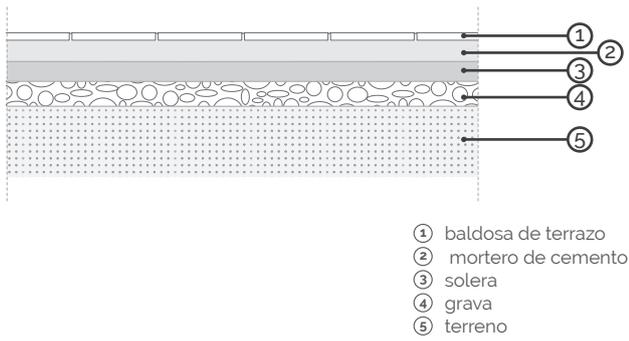


Figura 2 - Sección de la solera y el sustrato (arriba.) y perforación en solera y sustrato (abajo)

Además, se observa la presencia de un pilar situado en la zona central de la planta, por lo que se prevé que su zapata suponga un obstáculo al flujo del aire en el sustrato.

De la observación se concluye que el sustrato cuenta con una capa que puede ser potencialmente permeable al aire, como es la capa de grava, pese a que la zapata de cimentación del pilar pueda suponer un obstáculo puntual al flujo del aire.

Mediante un procedimiento experimental basado en la medida de la diferencia de presiones en distintos puntos del sustrato se estima que el **radio de acción** para una despresurización de -5 Pa es de 5 m.

Puntos críticos en el cerramiento

Fruto de la inspección de la situación existente del cerramiento en contacto con el terreno se identifican como puntos críticos la junta perimetral de la solera y la presencia de un pilar.

4. DISEÑO

Con los resultados del diagnóstico y un modelo de simulación² se diseña un sistema de despresurización siguiendo las directrices indicadas en la **Solución B3** que consta de los siguientes elementos, tal y como se muestra en la Figura 3:

- un elemento de captación bajo la solera formado por un tubo perforado de 100 mm de diámetro con una longitud de 5 metros (Figura 4);

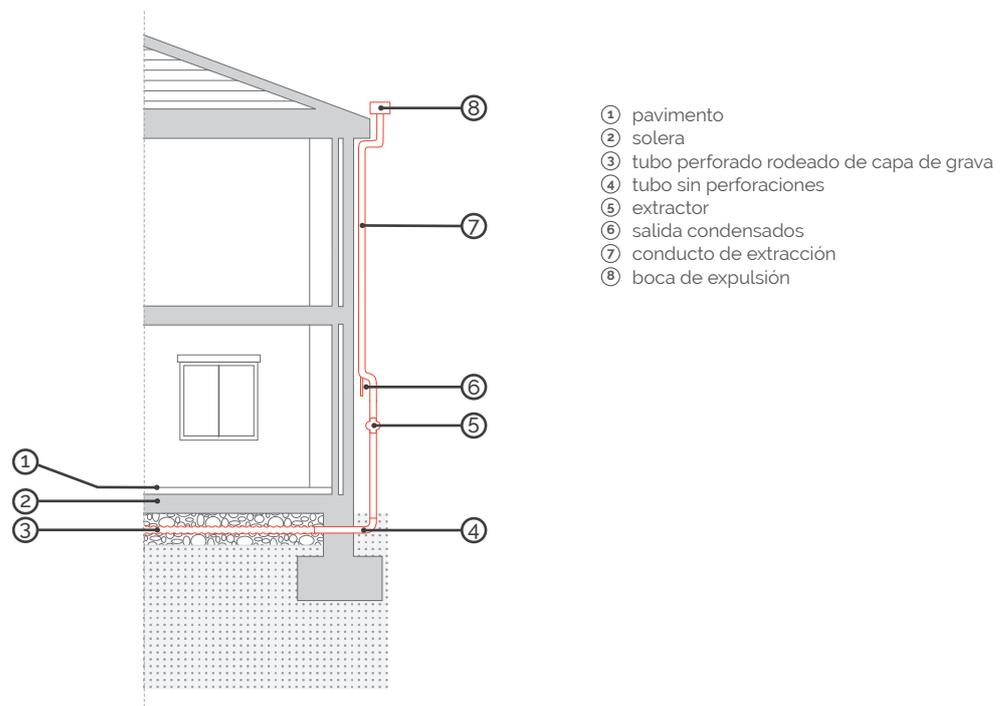


Figura 3 - Sección de la solución

(2) E. Muñoz, B. Frutos, M. Olaya, J. Sanchez "A finite element mode development for simulation of the impact of slab thickness, joints, and membranes on indoor radon concentration" *Journal of Environmental Radioactivity* 177 (2017) 280e289.

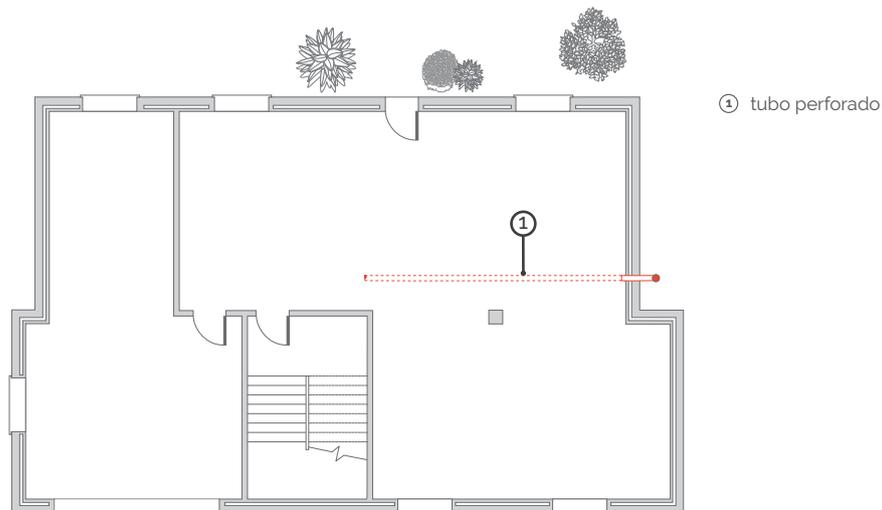


Figura 4 - Ubicación del tubo perforado

- una capa de grava de 20-30 cm que envuelve el tubo perforado situada en zanja excavada;
- un tubo sin perforaciones de 100 mm de diámetro para atravesar la fachada, conectado al tubo perforado;
- un conducto exterior vertical de extracción de 100 mm de diámetro, conectado al tubo que atraviesa la fachada y con la boca de expulsión situada en la cubierta;
- un extractor centrífugo de potencia aproximada 70 W situado en un punto intermedio del conducto exterior vertical; y
- un by-pass del extractor o derivación del conducto para evitar que el agua de condensación o filtración entre en contacto con el mismo.



Se opta por un sistema despresurización del terreno con un **tubo perforado bajo solera** para intentar conseguir una extensión adecuada de la despresurización con un diseño y ejecución más sencillo que la disposición de varias arquetas.

Además, se prevé el sellado de la junta perimetral y el encuentro con el pilar siguiendo las directrices indicadas en la [Solución A2](#).

5. EJECUCIÓN

Las siguientes figuras muestran las etapas más relevantes de la ejecución de la obra:

- la excavación de una zanja para la disposición del tubo perforado y la capa de grava (Figura 5);
- la instalación de la capa de grava, el tubo perforado y el tubo sin perforaciones para atravesar la fachada (Figura 6); y
- el conducto de extracción y el extractor ya colocados con la expulsión en cubierta (Figura 7).

El sellado de la junta perimetral y de los encuentros con el pilar y el conducto del sistema de despresurización se realiza con un producto elástico en base poliuretano.



Figura 5 - Zanja para la instalación del tubo perforado y la capa de grava



Figura 6 - Instalación de la capa de grava, el tubo perforado y el tubo pasamuros

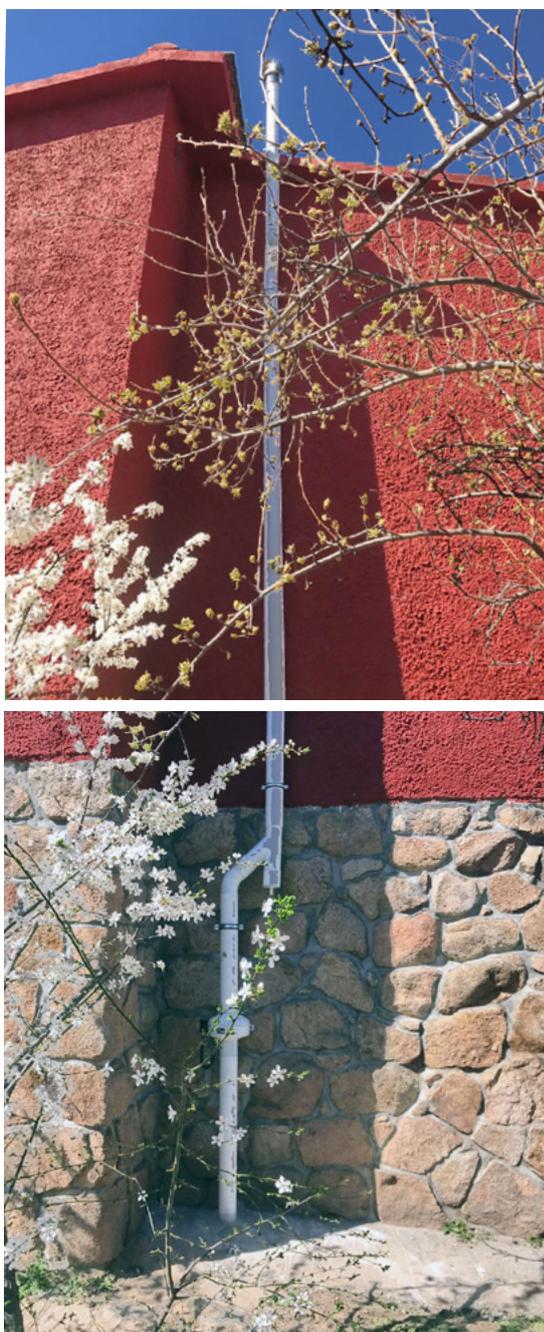


Figura 7 - Conducto de extracción, extractor y expulsión en cubierta

6. EFECTIVIDAD

Después del sellado de los puntos críticos detectados y de la implementación del sistema de despresurización, el promedio de concentración de radón se reduce de 660 a 79 Bq/m³.



Reducción de la concentración media del 88% frente a la concentración previa a la intervención.



Esta ficha forma parte de una serie de documentos englobados en una misma publicación, cuyo objetivo es constituir una herramienta de ayuda para el diseño de soluciones de protección frente al radón:

- Guía de rehabilitación frente al radón

Fichas de soluciones:

A: De aislamiento del edificio

- Solución A1. Barrera frente al radón
- Solución A1-1. Barrera frente al radón. Encuentros
- Solución A2. Sellado de fisuras, grietas, encuentros y juntas
- Solución A3. Puertas estancas
- Solución A4. Creación de sobrepresión

B: De reducción del radón antes de que penetre en los locales a proteger

- Solución B1. Ventilación del espacio de contención: cámara de aire
- Solución B2. Ventilación del espacio de contención: locales no habitables
- Solución B3. Despresurización del terreno

C: De reducción del radón tras penetrar en los locales a proteger

- Solución C1. Ventilación de los locales habitables

Fichas de ejemplos:

- Ejemplo A1+B3. Barrera frente al radón + despresurización con red de tubos
- Ejemplo A2+B1. Sellado + ventilación de la cámara sanitaria
- Ejemplo A2+B3. Sellado + despresurización con red de tubos
- Ejemplo A2+C1. Sellado + ventilación mecánica de los locales habitables

Publicación completa:

ISBN: 978-84-498-1045-9

NIPO: 796-20-136-5

1ª edición: septiembre 2020

Edición actual: septiembre 2020

Este documento ha sido elaborado por el Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc) bajo la supervisión de la Dirección General de Agenda Urbana y Arquitectura del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).

El IETcc, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), es el centro de investigación en edificación de referencia en España. La Unidad de Calidad en la Construcción del IETcc asesora al MITMA en la elaboración del Código Técnico de la Edificación que, desde el año 2019, cuenta con la sección HS6 Protección frente a la exposición al radón.

Dirección y Coordinación:

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Isabel Marcos Anasagasti

Raquel Lara Campos

Eduardo González de Prado

Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja CSIC

Pilar Linares Alemparte

Autores:

Carmen Alonso Ruiz de Rivas

Borja Frutos Vázquez

Pilar Linares Alemparte

Sonia García Ortega:

Diagnóstico y diseño de la solución:

Borja Frutos Vázquez

Eduardo Muñoz Lorenzo

Ángel Sánchez Malo · Geomnía Natural Resources SLNE

Ejecución material de la obra:

Geomnía Natural Resources SLNE

Edita:

Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana®

Entidad colaboradora:

Consejo Superior de Investigaciones Científicas · CSIC

Ministerio de Ciencia e Innovación

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado: publicacionesoficiales.boe.es

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana: www.mitma.gob.es

Página web del Código Técnico de la Edificación: www.codigotecnico.org

Maquetación y diseño gráfico:

Lapizmente. Estrategia · Diseño Gráfico

Los contenidos o ideas recogidas en este documento pertenecen a sus autores. Este documento está basado en el conocimiento disponible en el momento de su publicación. No se aceptará por las instituciones ni los autores implicados responsabilidad de ningún tipo por el uso de estas recomendaciones. Las figuras tienen carácter ilustrativo y no deben interpretarse como detalles constructivos.

Se permite la reproducción total o parcial del contenido de este documento siempre y cuando se cite la fuente original y a sus autores.