



ANEXO TÉCNICO

RADÓN - Guía de recomendaciones de mitigación
en viviendas existentes

Versión 1 _noviembre 2018

XUNTA DE GALICIA

ANEXO TÉCNICO

A continuación se desarrollan en forma de fichas técnicas las medidas de mitigación definidas en la Guía.

Cada una de las fichas está estructurada en los siguientes apartados:

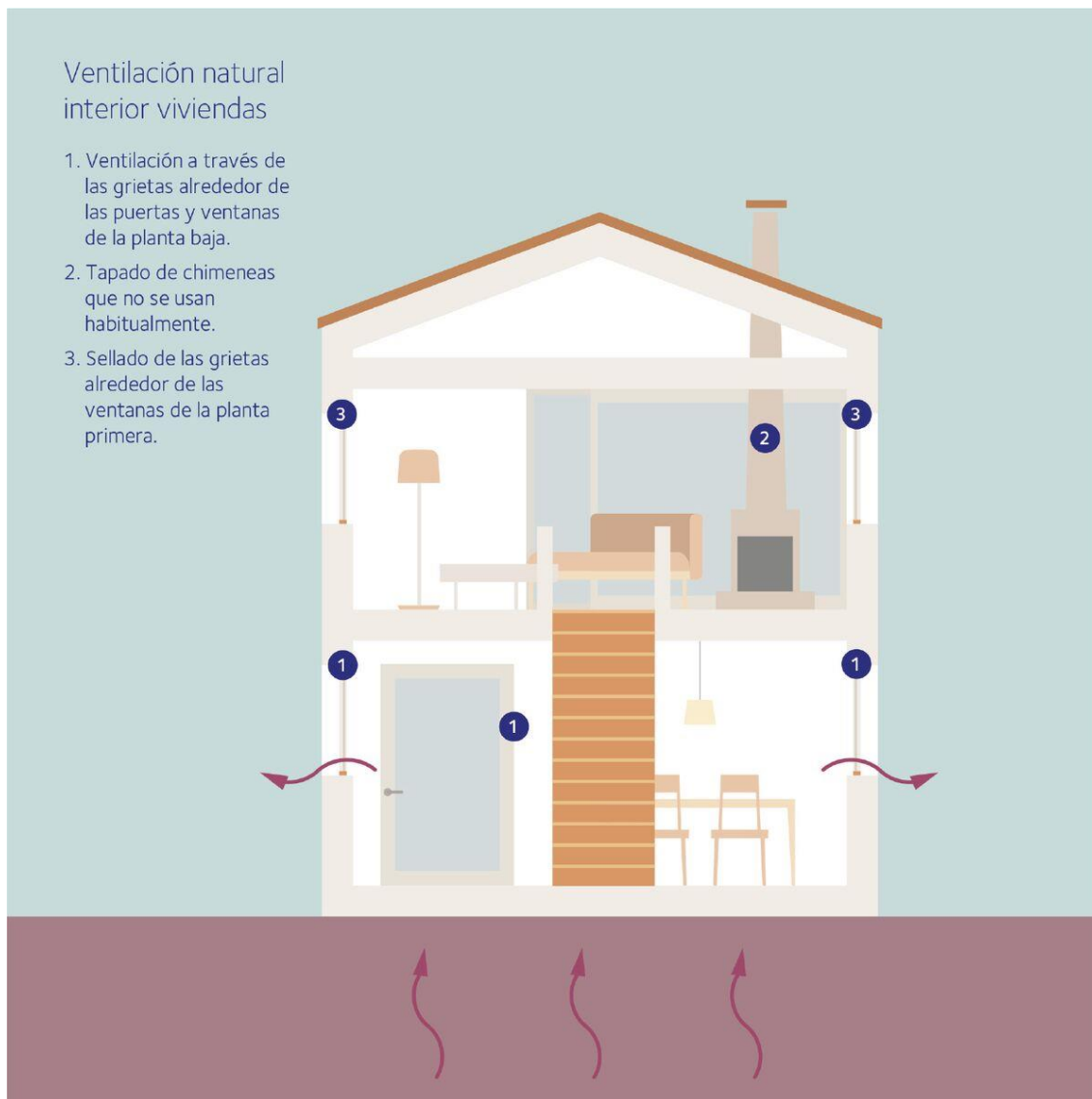
- Descripción
- Componentes
- Proceso de Ejecución
- Consideraciones a tener en cuenta
- Ventajas e inconvenientes: con respecto al resto de medidas
- Coste aproximado: los costes de las medidas se calculan para una vivienda unifamiliar aislada de 100 m² de superficie en planta y compuesta de planta baja y primera planta y tomando para su elaboración unidades de obra existentes en la Base de Precios de la Construcción de Galicia (BDCG 15ª edición), y en caso necesario se redactan nuevas unidades de obra.

Indice

A.	VENTILACIÓN	4
A.1.	VENTILACIÓN NATURAL EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA	4
A.2.	VENTILACIÓN FORZADA EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA	8
A.3.	VENTILACIÓN NATURAL EN CÁMARA DE AIRE DE FORJADO SANITARIO	11
A.4.	VENTILACIÓN FORZADA EN CÁMARA DE AIRE DE FORJADO SANITARIO	13
B.	SELLADO DE GRIETAS Y FISURAS	16
C.	BARRERAS DE PROTECCIÓN ANTI-RADÓN	19
D.	DESPRESURIZACIÓN DEL TERRENO	25
D.1.	DESPRESURIZACIÓN NATURAL EN UN LATERAL DE LA VIVIENDA	25
D.2.	DESPRESURIZACIÓN NATURAL BAJO SOLERA O FORJADO SANITARIO	30
D.3.	DESPRESURIZACIÓN FORZADA EN UN LATERAL DE LA VIVIENDA	34
D.4.	DESPRESURIZACIÓN FORZADA BAJO SOLERA O FORJADO SANITARIO.	38
E.	PRESURIZACIÓN POSITIVA	42
E.1.	PRESURIZACIÓN POSITIVA EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA	42
E.2.	PRESURIZACIÓN POSITIVA MEDIANTE BULBO DE PRESIONES	44

A. VENTILACIÓN

A.1. VENTILACIÓN NATURAL EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA



DESCRIPCIÓN

La ventilación natural de una vivienda se basa en la renovación de aire que se produce únicamente por la acción del viento o debido a la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

Por tanto, se trata de un sistema de mitigación pasivo, ya que se consigue mediante la abertura de ventanas.

En todo caso es necesario que los locales habitables dispongan de un nivel de ventilación interior que cumpla con la reglamentación en vigor de calidad del aire, tal y como se recoge en el Código Técnico de la Edificación.

Además, en el Anejo II del Documento Básico HS Salubridad, en la sección HS6 referente a la protección frente a la exposición al radón, se habla de un espacio de contención ventilado como uno de los sistemas adicionales de mitigación a tener en cuenta.

Dicho espacio de contención en el interior de la vivienda podrá ser un local no habitable, por ejemplo, un sótano. Éste siempre deberá disponer de ventilación natural o forzada. La ventilación natural de estos espacios se consigue mediante aberturas que se han de mantener libres de obstáculos.

COMPONENTES

No es necesario ningún elemento para la realización de esta medida.

PROCESO DE EJECUCIÓN

En la mayoría de los casos no resulta necesario recurrir a un sistema constructivo para utilizar la ventilación como medida de mitigación, puesto que se consigue a través de las ventanas existentes en la vivienda.

Sin embargo, cuando hablamos de un espacio de contención constituido por un local no habitable, como se comenta anteriormente, éste deberá contar con ventilación que se podrá realizar a través de huecos destinados a este fin que se tendrán que ejecutar en el caso de que no existan

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

El hecho de que hoy en día se dé mayor importancia al concepto de ahorro energético en la construcción de viviendas, lleva consigo que las viviendas cada vez sean más estancas y tengan menos filtraciones. Esto puede provocar que los niveles de radón se incrementen en el interior de las mismas debido a una escasa ventilación. Incluso cuando se emplean sistemas de extracción de aire viciado tal como recomienda el Código Técnico de la Edificación, si no se cuenta con aberturas de inmisión suficientes en número y tamaño, puede darse una depresión interior que facilite la entrada de radón.

Por este motivo, aunque la ventilación de los espacios interiores con niveles de radón es una técnica de fácil implantación, que mediante la renovación de aire puede conseguir disminuir la concentración de radón en la vivienda a un bajo coste, es sumamente importante tener en cuenta que cuando la entrada de aire exterior en la vivienda es menor o igual a la cantidad de aire expulsado, puede no resultar suficiente, produciendo una depresión en el interior de la misma que provocará el efecto contrario al deseado. Es decir, una succión de aire que en parte procederá del terreno, y que hará que aumenten

los niveles de concentración de radón. Esta situación supondría un grave problema ya que, en lugar de conseguir una mitigación de los niveles existentes, hará que estos aumenten.

Existen otras medidas complementarias que pueden mejorar la ventilación en una vivienda, mediante su aplicación de forma única o combinada:

- Sellado de cualquier pequeña grieta o fisura, ya que puede actuar como vía de entrada del radón.
- Sellado alrededor de tuberías y conductos de las distintas instalaciones, por el mismo motivo.
- Sellado de grietas alrededor de las ventanas de la planta superior, cuando la vivienda cuente con varias plantas.
- Sellado de las chimeneas que se encuentran fuera de uso.
- Renovación del aire para asegurar una combustión adecuada cuando en la vivienda existan chimeneas, aparatos de combustión de gas o carbón, calefacción de gasóleo o cualquier otro sistema similar. El sistema de calefacción debe contar con un conducto con tiro adecuado.
- Uso intermitente de extractores en cocina y baños para la reducción de la condensación o los olores. Se debe evitar su uso continuo y su tamaño ha de ser el adecuado a cada estancia. En caso de que resulte necesario un extractor durante un período largo de tiempo para evitar la condensación, posiblemente sea conveniente complementarlo con otros métodos de ventilación.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Aunque la reducción en los niveles de radón que se puede alcanzar mediante la ventilación natural suele ser baja, esta medida presenta la ventaja de la mejora en el ambiente interior de la vivienda. Por tanto, siempre resulta recomendable que las viviendas se ventilen de forma adecuada.

La ventilación natural es un tipo de medida de mitigación que no requiere actuaciones arquitectónicas, y en caso de requerirlas, éstas simplemente consistirán en la apertura de huecos de ventilación, por tanto su coste resulta bajo o moderado.

Sin embargo, para conseguir cambios que resulten medianamente eficaces, la ventilación en el interior de la vivienda debe ser permanente.

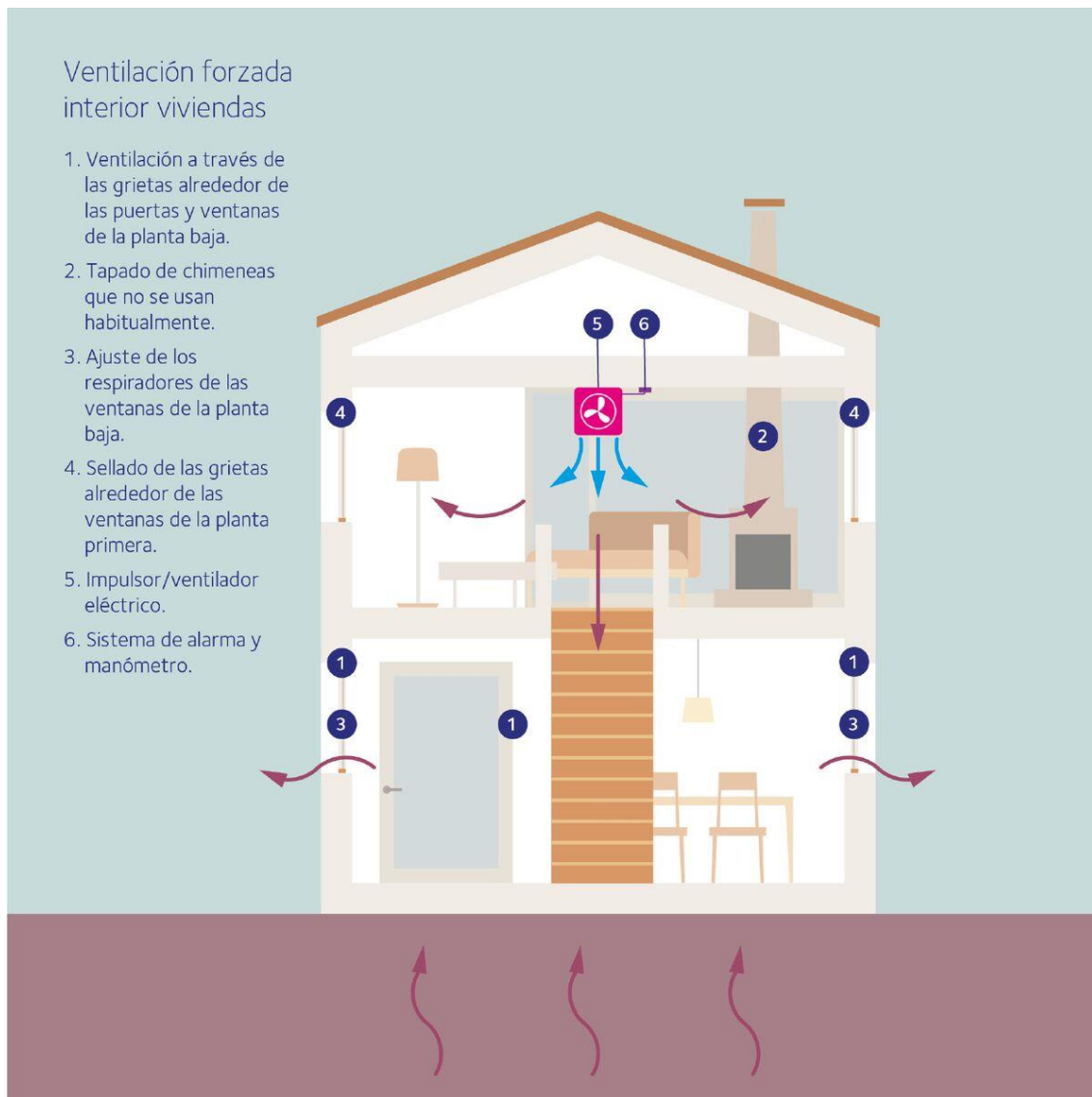
Además habrá que tener en cuenta que puede suponer una repercusión negativa en lo referente a la eficiencia energética. Por este motivo, resulta conveniente analizar las consecuencias que puede tener su aplicación en el confort térmico de los espacios interiores de la vivienda.

COSTE APROXIMADO

Ud Ventilación natural en espacio de captación (sótano) consistente en: Apertura de huecos en cerramiento exterior compuesto por hoja exterior de LHD, aislamiento, cámara de aire y hoja interior de LHS, y colocación de 6 rejillas de ventilación de aluminio de 20x10 cm en cada uno de los huecos practicados, i/ carga y transporte de escombros a vertedero.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Apertura de huecos y colocación de rejillas	193,21
	13% Gastos Generales	25,12
	6% Beneficio Industrial	11,59
	TOTAL	229,92 €

A.2. VENTILACIÓN FORZADA EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA



DESCRIPCIÓN

La ventilación forzada es un sistema de mitigación activo en el que mediante un dispositivo mecánico o ventilador se consigue suministrar y extraer aire de la vivienda, en este caso con el objeto de suministrar aire no contaminado del exterior y extraer el radón presente en el aire interior de la edificación. Suele recurrirse a este sistema cuando la ventilación natural no resulta suficiente.

COMPONENTES

Los componentes del sistema son:

- Impulsor o ventilador mecánico

PROCESO DE EJECUCIÓN

Su ejecución sólo requiere la instalación de un sistema de ventilación formado por un ventilador, cuya colocación se suele llevar a cabo en el techo de la planta superior de la vivienda.

Además, en los casos en los que la vivienda cuente con un espacio de contención, como por ejemplo un sótano, será necesario abrir una serie de huecos de ventilación con sus correspondientes rejillas de protección, siempre y cuando la vivienda no disponga de ellos.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

A continuación se detallan una serie de medidas complementarias que aplicadas de forma individual o combinada, pueden mejorar la eficacia de la ventilación en la vivienda:

- Sellado de cualquier pequeña grieta o fisura que pueda actuar como vía de entrada del radón.
- Sellado alrededor de tuberías y conductos de las distintas instalaciones.
- Sellado de grietas alrededor de las ventanas de la planta superior, cuando la vivienda cuente con varias plantas.
- Sellado de las chimeneas que se encuentran fuera de uso.
- Renovación adecuada del aire para asegurar una combustión adecuada cuando en la vivienda existan chimeneas, aparatos de combustión de gas o carbón, calefacción de gasóleo o cualquier otro sistema similar. El sistema de calefacción debe contar con un conducto con tiro adecuado.
- Uso intermitente de extractores en cocina y baños para la reducción de la condensación o los olores. Se debe evitar su uso continuo y su tamaño ha de ser el adecuado a cada estancia. En caso de que resulte necesario un extractor durante un período largo de tiempo para evitar la condensación, posiblemente habrá que complementarlo con otros métodos de ventilación.

Resulta muy recomendable realizar un estudio previo a la utilización de un sistema de ventilación forzada, para valorar su idoneidad con respecto a otras posibles medidas de mitigación, en principio más costosas, pero que resultarían más eficientes e incluso supondrían un ahorro a largo plazo.

Tampoco nos podremos de olvidar de su mantenimiento, efectuando unas revisiones periódicas que garanticen su buen funcionamiento.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

El coste de un sistema de ventilación forzada suele resultar más bajo que el de otras medidas de mitigación, aunque es conveniente analizar su repercusión en la eficiencia energética y el confort térmico.

Su instalación en viviendas existentes resulta relativamente sencilla en comparación con otras medidas de mitigación.

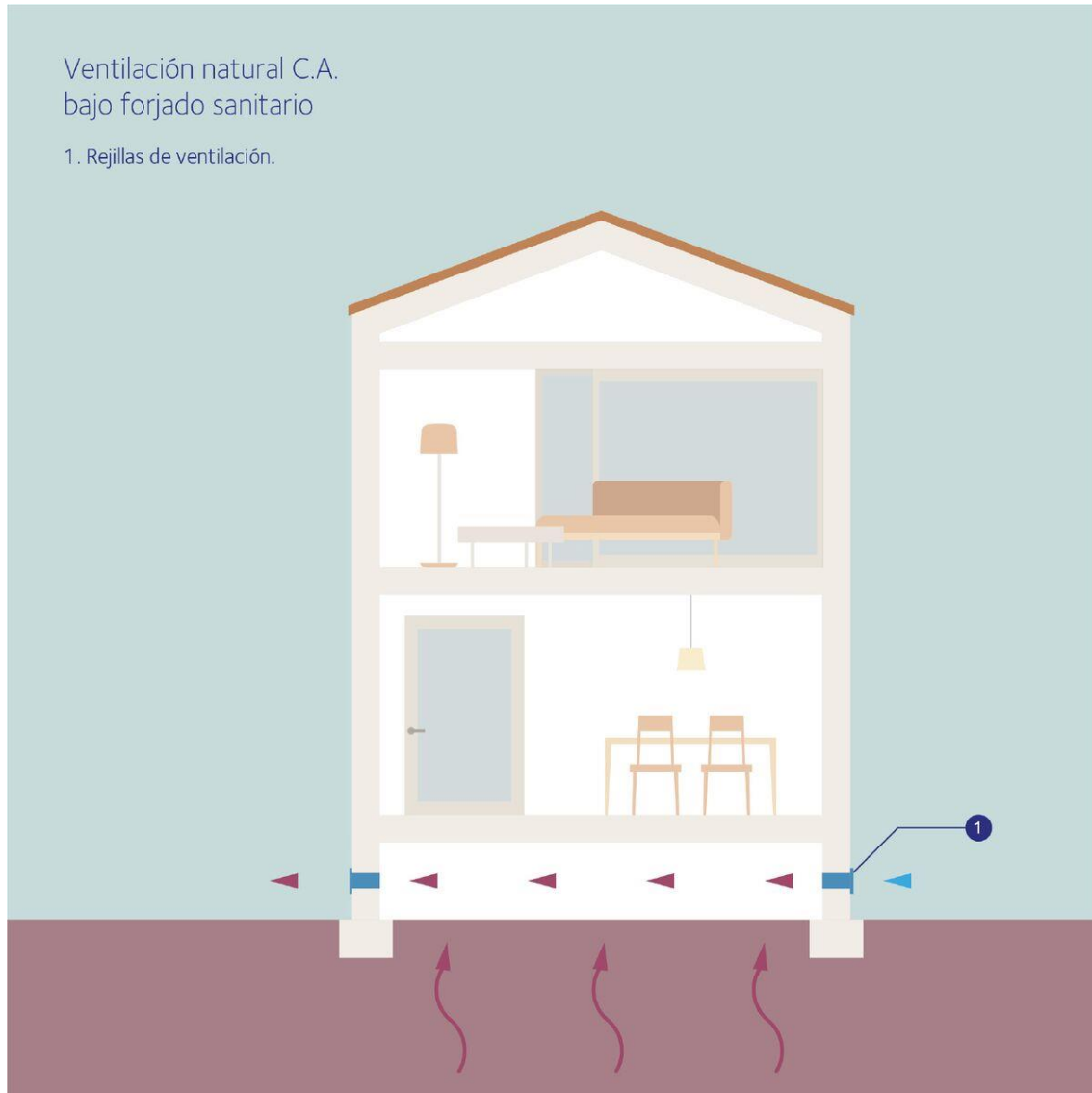
La ventilación forzada es más eficaz que la ventilación natural, por este motivo se suele recurrir a su instalación cuando ésta resulta insuficiente.

COSTE APROXIMADO

Ud Sistema activo de mitigación de radón en el interior de la vivienda a base de ventilación forzada mediante la instalación de un sistema de ventilación compuesto por un ventilador helicoidal monofásico, mural o tubular con hélice de plástico reforzada de 1250 m³/h de caudal y 1450 r/min, potencia absorbida 87W, nivel de presión sonora de 52 dB, motor IP65, con protección térmico incorporado, según UNE 100210; no incluye instalación eléctrica.

<u>Ud</u>	<u>Descripción</u>	<u>Importe</u>
Ud	Instalación de sistema de ventilación	286,47
	13% Gastos Generales	37,24
	6% Beneficio Industrial	17,19
	TOTAL	340,90 €

A.3. VENTILACIÓN NATURAL EN CÁMARA DE AIRE DE FORJADO SANITARIO



DESCRIPCIÓN

La cámara de aire de un forjado sanitario puede constituir un espacio de contención del radón, debido a que la ventilación de los espacios comprendidos entre el terreno y el espacio habitado consigue reducir 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 realizar a través de aberturas en los muros de apoyo del forjado sanitario para generar una ventilación suficiente para evacuar el radón en su mayor parte y conseguir que éste no penetre en la vivienda.

COMPONENTES

Los componentes del sistema son:

- Forjado sanitario con cámara de aire
- Rejillas de ventilación en huecos.

PROCESO DE EJECUCIÓN

En primer lugar, se deberá hacer un estudio de los huecos teniendo en cuenta el volumen de aire a renovar, las corrientes naturales producidas por diferencias de temperatura entre las fachadas y los vientos de la zona.

Es recomendable disponer aberturas de ventilación en todas las fachadas de forma homogénea. El área de la totalidad de las aberturas ha de ser de al menos 10 cm² por metro lineal del perímetro de la cámara. Aunque dichas aberturas podrían disponerse en una única fachada siempre que ningún punto de la cámara diste más de 10 m de alguna de ellas.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

La ventilación natural de la cámara de aire del forjado como única medida de mitigación sólo se debería usar cuando los niveles de concentración de radón son bajos.

Si los niveles de radón son elevados, se podrá usar como medida complementaria, generalmente de una barrera anti-radón.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Esta medida de mitigación cuenta con la ventaja de que en caso de no resultar suficiente se puede complementar con la instalación un extractor mecánico que mejore la reducción de los niveles de radón.

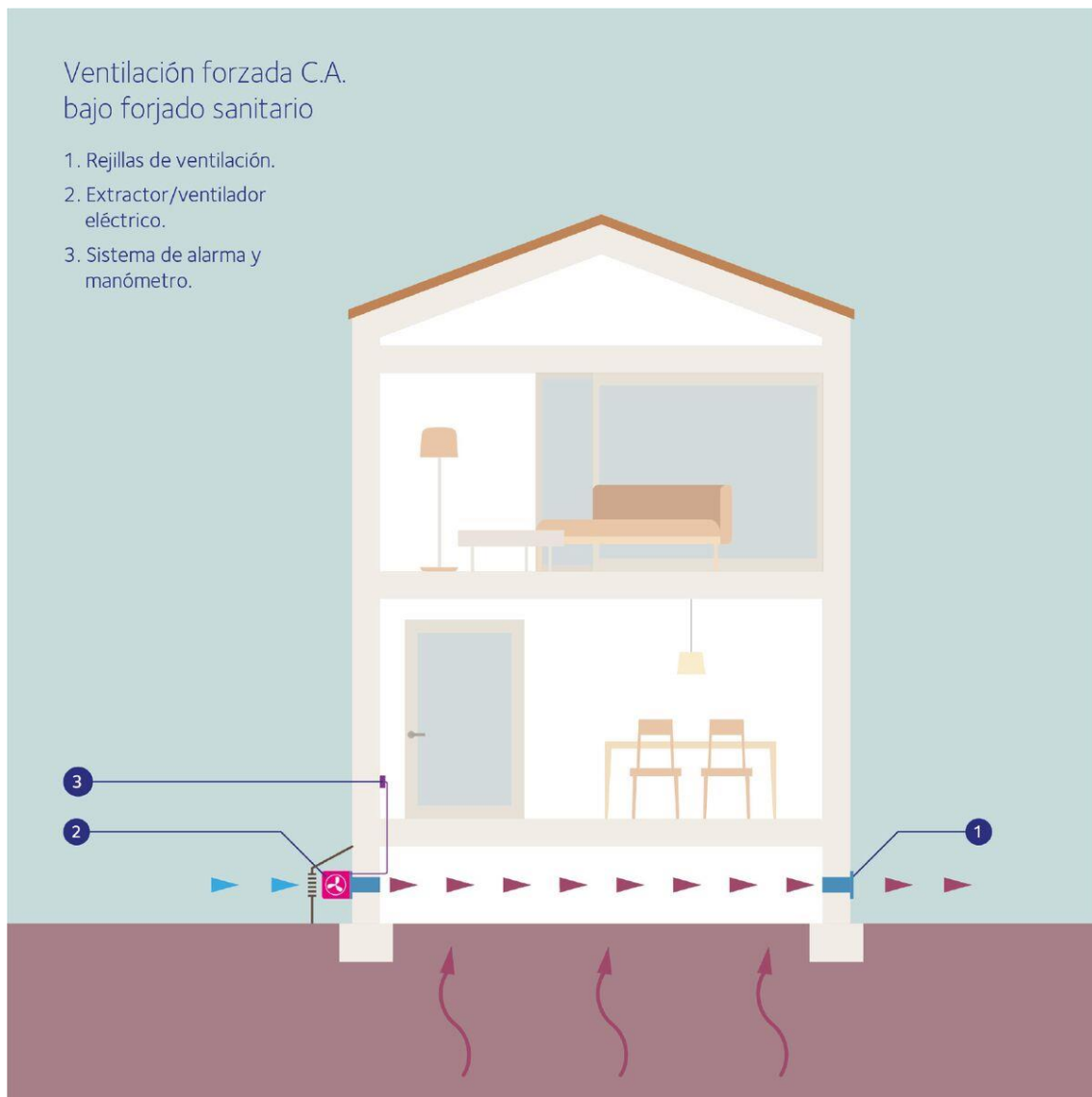
Como inconveniente es importante mencionar que esta medida resulta inviable cuando el sótano de la vivienda es habitable, debido a que la ventilación destinada en un principio a evacuar el radón existente en la misma, puede provocar el efecto contrario succionando radón desde el terreno y aumentando así los niveles de radón.

COSTE APROXIMADO

Ud Ventilación natural bajo forjado sanitario a base de aberturas de 200x100 mm realizadas en cerramiento exterior compuesto por hoja exterior de LHD, aislamiento, cámara de aire y hoja interior de LHS y colocación de 6 rejillas de ventilación de aluminio, i/ carga y transporte de escombros a vertedero.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Apertura de huecos y colocacion de rejillas	193,21
	13% Gastos Generales	25,12
	6% Beneficio Industrial	11,59
	TOTAL	229,92 €

A.4. VENTILACIÓN FORZADA EN CÁMARA DE AIRE DE FORJADO SANITARIO



DESCRIPCIÓN

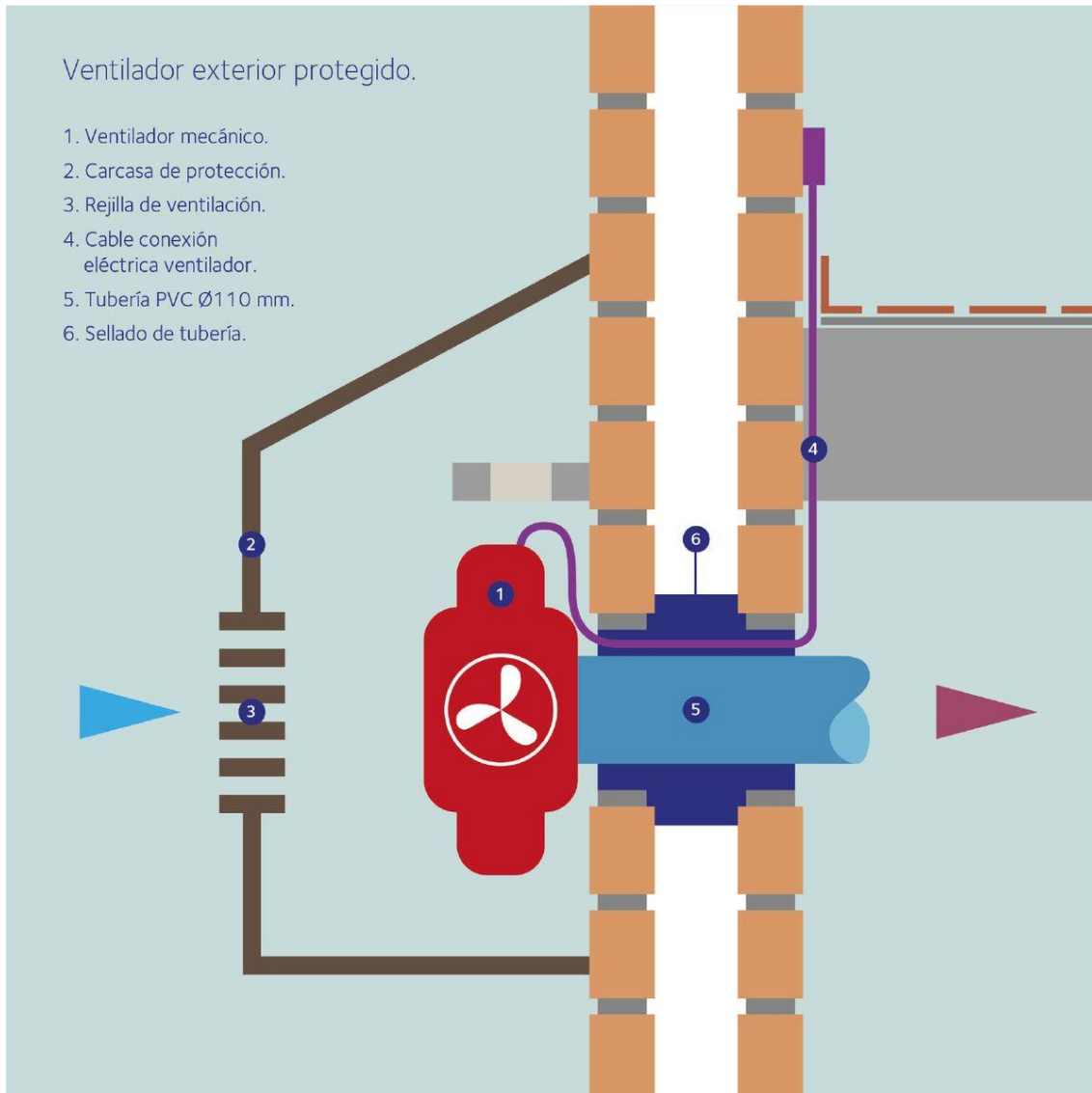
La ventilación forzada de la cámara de aire de un forjado sanitario es una medida de mitigación activa, en la que mediante la apertura de una serie de huecos en uno de los muros de apoyo y la instalación de un extractor en el muro opuesto, se consigue generar una ventilación suficiente para evacuar el radón existente en este espacio, y evitar así su entrada en la vivienda.

COMPONENTES

Los componentes de este sistema son:

- Forjado sanitario con cámara de aire
- Rejilla de ventilación en huecos
- Extractor mecánico de 80 W de potencia

- Carcasa de protección con rejilla de ventilación (cuando el ventilador se coloque en el exterior de la vivienda)
- Tubería de PVC de 110 mm de diámetro.



PROCESO DE EJECUCIÓN

A la hora de llevar a cabo una ventilación forzada de la cámara de aire de un forjado sanitario será necesario, como se comenta anteriormente, abrir una serie de huecos provistos de rejillas de protección en uno de los muros de apoyo del mismo e instalar un extractor en el muro opuesto.

Cuando se recurra a la ventilación forzada, el ventilador podrá estar colocado debajo del forjado o en el exterior. Aunque en el caso de viviendas existentes siempre es más recomendable su colocación en el exterior, ya que el proceso de ejecución resulta mucho más sencillo.

Si se opta por esta segunda opción, el ventilador ha de contar con protección frente a la intemperie. De no ser así, su montaje se realizará dentro de un módulo estanco provisto de una rejilla de ventilación.

A la hora de su colocación se evitará la proximidad a dormitorios y salas de estar, debido al ruido. Además ha de estar situado a una distancia mayor de 1,5 m de cualquier rejilla de ventilación y lejos de cualquier fuente de calor o combustión.

Si se colocase bajo el forjado sanitario se deberán aislar las tuberías que discurran bajo el mismo con el fin de evitar su congelación. Incluso se le podría acoplar un silenciador para mitigar el ruido.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

La ventilación forzada de la cámara de aire del forjado aumenta la efectividad con respecto a la ventilación natural aunque se sigue recomendando para niveles de concentración de radón bajos o moderados.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

El sistema de ventilación forzada de la cámara de aire bajo forjado sanitario cuenta con la ventaja de poder mejorar un sistema de ventilación natural bajo el mismo, cuando ésta no resulta suficiente, simplemente acoplado un extractor a uno de los huecos de ventilación.

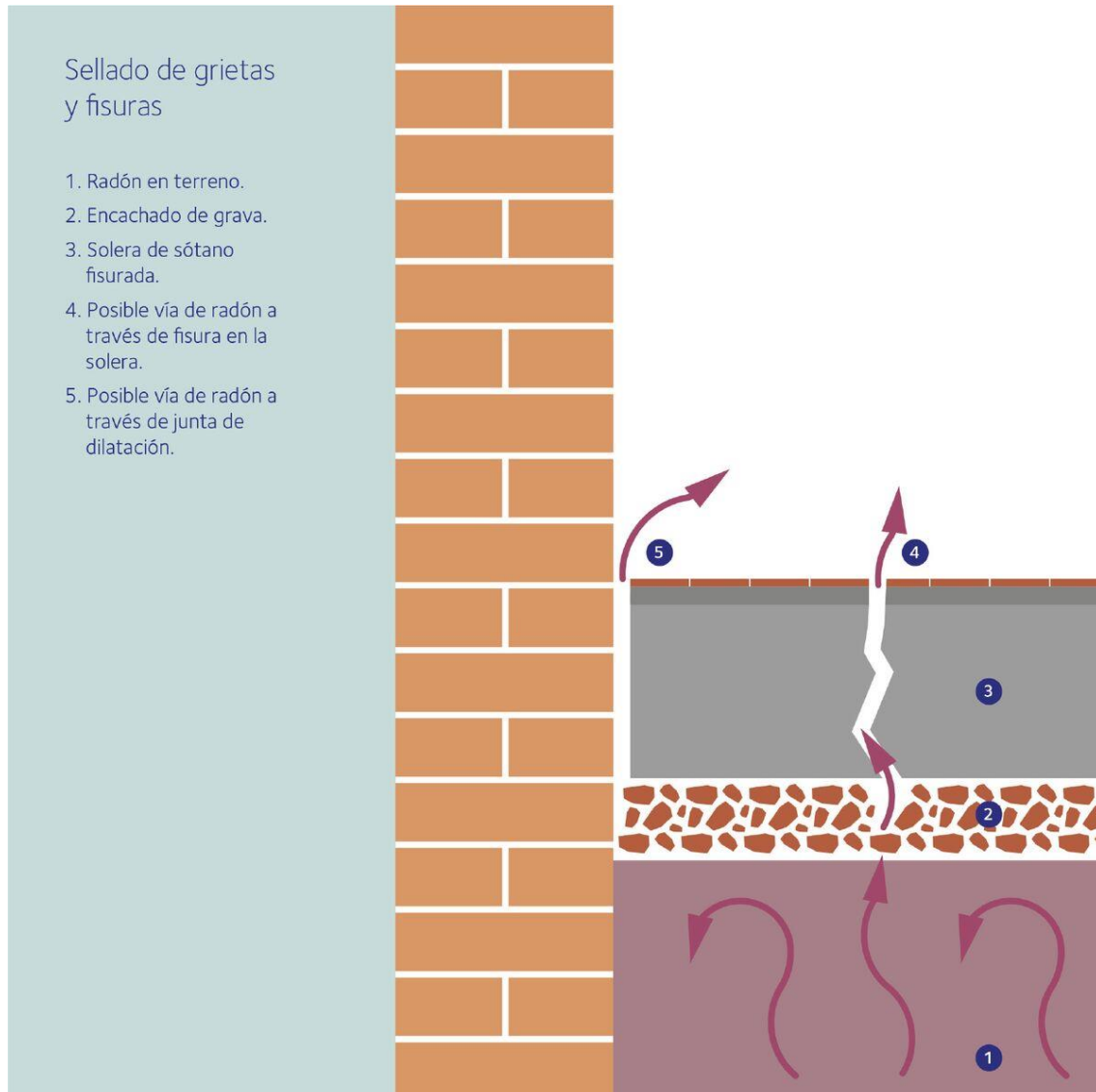
Un posible inconveniente de este sistema aparece cuando el sótano de la vivienda es un espacio habitable, ya que en este caso la medida sería inviable debido a que la ventilación puede provocar una succión de radón hacia dicho espacio.

COSTE APROXIMADO

Ud Instalación de un sistema de ventilación de cámara de aire bajo forjado sanitario compuesto por extractor helico-centrífugo de 80 W de potencia, IP44, clase B, con rodamientos a bolas de engrase permanente y protector térmico, tensión de alimentación 230V-50/60Hz y 3 rejillas de ventilación de aluminio de 200x100 mm, i/apertura de huecos. No incluye instalación eléctrica ni protección de extractor.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Apertura de huecos y colocacion de rejillas	144,11
Ud	Colocación extractor	299,88
		443,99
	13% Gastos Generales	57,72
	6% Beneficio Industrial	26,64
	TOTAL	528,35 €

B. SELLADO DE GRIETAS Y FISURAS



DESCRIPCIÓN

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

El sellado de grietas y pequeños huecos alrededor tanto de elementos estructurales como de tuberías y conductos de instalaciones se suele realizar con silicona acrílica.

El sellado de grietas y juntas en soleras o forjados sanitarios y cerramientos de los espacios situados entre el terreno y los locales habitables, hará que dichos espacios funcionen como barrera frente a la entrada de radón, sobre todo en el caso de viviendas existentes donde la colocación de una barrera anti-radón resulte difícil.

Esta situación se podría dar en una vivienda compuesta por sótano y planta baja, en la que mediante el sellado de las grietas y fisuras de los distintos elementos constructivos del sótano en contacto con el terreno, podríamos conseguir que éste funcionase como espacio de contención del radón.

COMPONENTES

El componente principal de este sistema es el sellador. Su elección se basará en el tipo de actuación a realizar.

A continuación se nombran los tipos de selladores más habituales:

- Selladores acrílicos: Son adecuados para pequeñas grietas, bastantes flexibles, se pueden pintar y su curado puede tardar uno o dos días.
- Selladores de silicona: Adecuados para pequeñas grietas, más flexibles que los anteriores, suelen ser más caros que los selladores acrílicos y no se pueden pintar fácilmente.
- Selladores expansivos de poliuretano: Se utilizan para grandes huecos.
- Morteros de cemento modificado: Al igual que los selladores de poliuretano, se utilizan para sellar grandes huecos.
- Masilla elastomérica: Se usa principalmente para el sellado alrededor de tuberías y conductos de instalaciones.

PROCESO DE EJECUCIÓN

Resulta muy importante la limpieza de huecos o fisuras, eliminando el material suelto, antes de proceder a la aplicación del sellado.

Una vez realizada la limpieza se llevará a cabo el sellado de los posibles espacios existentes alrededor de las conducciones de las distintas instalaciones. Así como el sellado mediante junta continua entre el suelo y la pared. Este último a veces resulta difícil debido a la presencia de zócalos y guarniciones que pueden obstaculizar su continuidad.

El sellado se realizará mediante la aplicación de masilla con la ayuda de una pistola cuando se trata de fisuras o grietas pequeñas. Cuando los huecos son de mayor tamaño será necesario rellenarlos en primer lugar con mortero de cemento o espuma expansiva.

En las juntas de dilatación entre distintos elementos constructivos se suelen utilizar masillas elastoméricas que permitan desligar los materiales, para que de esta manera sus movimientos tengan lugar de forma independiente.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

El sellado de fisuras y grietas resulta muy importante como medida complementaria de otros sistemas de mitigación o corrección, como la presurización tanto natural como forzada del terreno, para garantizar la eficacia del funcionamiento de estos últimos.

Por este motivo, es necesario prestar especial atención al sellado de las zonas de unión de distintos elementos constructivos, en el perímetro de conducciones de instalaciones, y en el encuentro de un pavimento y un cerramiento, sobre todo cuando está situado encima de un pozo o arqueta de captación.

Medidas como la ventilación natural o forzada, así como la presurización del terreno deben acompañarse de un sellado, para que sean lo más efectivas posibles. En algunas tipologías de vivienda, incluso se puede usar para crear espacios de contención de radón en plantas de la vivienda no habitables, como por ejemplo un sótano.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

El principal inconveniente es su baja efectividad si no se utiliza un sistema de mitigación complementario. No resulta recomendable como medida única de corrección.

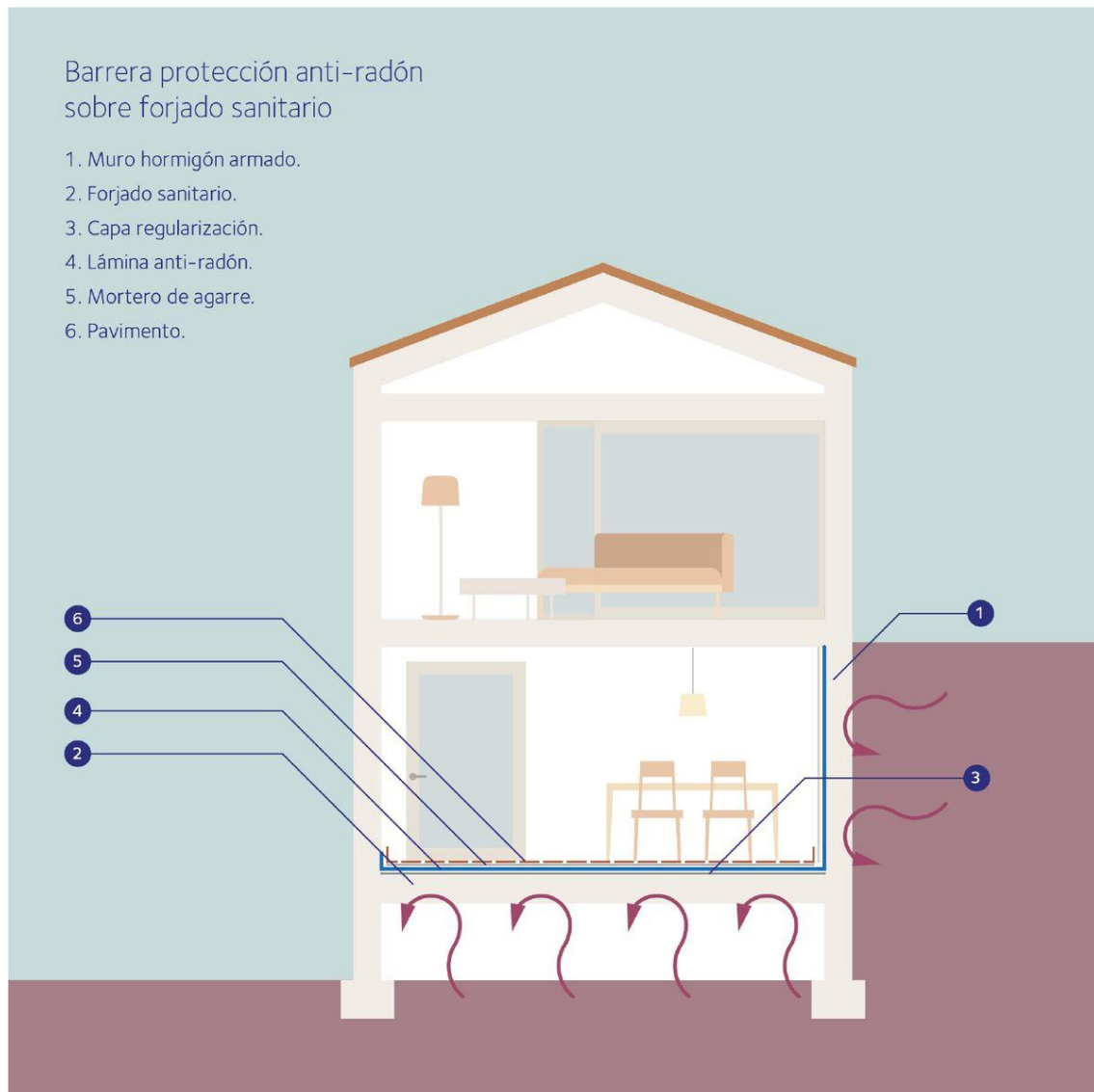
Otro de los posibles inconvenientes en viviendas ya existentes sería su coste, relativamente alto al tener que incluir, en la mayoría de los casos, el levantado y posterior reposición del pavimento de toda la superficie a sellar.

COSTE APROXIMADO

Ud Sistema de mitigación pasiva de entrada de radón a base de sellado de grietas y fisuras en los elementos constructivos en contacto con el terreno a base de emulsión bituminosa tipo EA 25 kg aplicada en toda la superficie de dichos elementos para cubrición de las grietas existentes, y de masilla elastomérica alrededor de los elementos pasantes (elementos estructurales y tuberías) y en las juntas entre pavimento y paramento, i/ aplicación pintura de acabado.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Limpieza y nivelado de superficie	702,76
Ud	Aplicación material de sellado	373,87
Ud	Aplicación masilla elastómerica en juntas perimetrales	93,64
Ud	Aplicación pintura acabado pavimento	769,59
		1.939,86
	13% Gastos generales	252,18
	6% Beneficio Industrial	116,39
	TOTAL	2.308,43 €

C. BARRERAS DE PROTECCIÓN ANTI-RADÓN



DESCRIPCIÓN

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.

Resulta indispensable que la barrera sea impermeable frente al paso del radón, además deberá presentar altas resistencias al punzonamiento, a la tracción y al desgarro, para evitar que se produzcan fisuras durante su ejecución o vida útil.

Por este motivo, la barrera que se vaya a utilizar ha de estar homologada con respecto a características como la estanqueidad al aire, la durabilidad, la resistencia y la difusión.

COMPONENTES

El principal componente es la propia lámina o membrana anti-radón. En el mercado existen distintos tipos.

Con independencia del tipo al que pertenezcan, ha de ser un material que cumpla todas las características especificadas en el punto anterior, por este motivo, las empresas que se dedican a su comercialización, añaden a las láminas o membranas diferentes capas (plásticas para la impermeabilidad, mallas de refuerzo y films de aluminio para una mayor estanqueidad, etc).

A continuación, se citan los distintos tipos de membranas o láminas anti-radón:

- Láminas de polietileno: Cuando las láminas son de polietileno de baja densidad es necesario reforzarlas con malla de poliéster y lámina de aluminio, malla de polietileno de alta densidad o mediante la incorporación de flexibilizantes.
- Láminas bituminosas: Suelen llevar refuerzos, ya que son muy dúctiles y presentan bajas resistencias mecánicas.
- Láminas de PVC: Incorporan plastificantes en su masa, puesto que el PVC es demasiado rígido, lo que hace que con el tiempo pueden partirse o fisurarse.
- Láminas de caucho: Muy flexibles y duraderas. A veces las láminas se refuerzan con láminas de aluminio. Tienen un mayor coste económico.
- Membranas continuas: Consisten en sistemas líquidos a base de poliuretanos, acrílicos, etc, que al catalizar forman una membrana continua. Tienen la ventaja de no presentar solapes, por tanto se evita el sellado entre láminas. A veces se incorpora una malla de refuerzo para aumentar su resistencia mecánica.

PROCESO DE EJECUCIÓN

Aunque la colocación idónea de la barrera anti-radón sería por la cara exterior de la solera o forjado sanitario y/o de los muros de contacto con el terreno, ya que así también actuaría como barrera antihumedad, en viviendas existentes se coloca o proyecta sobre la cara interior, puesto que resulta imposible colocarla por el exterior.

La primera acción que se llevará a cabo será la preparación de la superficie de apoyo, de forma que al final ésta resulte una superficie limpia y estable. A veces resultará necesaria la aplicación de una capa de mortero de regularización. En viviendas existentes conllevará el previo levantado de solado, en la mayoría de los casos.

Una vez preparada la superficie, y cuando optemos por el sistema de barrera anti-radón a base de láminas solapadas, se procederá a la colocación de las láminas, poniendo especial cuidado con el fin de evitar posibles roturas durante su manipulación.

La lámina se presenta en rollos, por este motivo para conseguir el sellado de una superficie es necesario realizar solapes de unos 15 mm aproximadamente e

impermeabilizar las uniones con cintas especiales. El tratamiento de dichos solapes resultará fundamental a la hora de conseguir una buena efectividad de la medida.

La barrera ha de presentar continuidad, por este motivo se pondrá especial cuidado en el sellado en las esquinas y rincones, en los encuentros con otros elementos, en los puntos de paso de conducciones, así como en los solapes y las uniones entre láminas, para de esta manera evitar discontinuidades entre los distintos tramos o elementos.

En caso de que existan juntas de dilatación, es muy importante desligar la membrana de los posibles movimientos del soporte, para así evitar su rotura. Existen dos técnicas diferentes para conseguirlo. O bien, mediante la superposición de capas que absorban el movimiento del forjado o solera; o bien mediante el plegado de la lámina en dichas juntas.

Por tanto, se recomienda reforzar la membrana en los puntos en los que pueda existir una reducción de sus propiedades, como los nombrados anteriormente. Así como en los puntos que soporten cargas extras mediante otros materiales o aumentando su espesor.

En el tratamiento alrededor del paso de tuberías u otros elementos verticales que atraviesen la solera o forjado se recomienda el uso de piezas prefabricadas, garantizando de este modo una unión limpia y eficaz.

En algunos casos habrá que proteger la membrana interponiendo capas separadoras antipunzonamiento con el fin de evitar la aparición de fisuras.

En los puntos de sobrecarga resultará necesaria la colocación de refuerzos mediante una o más capas. Además las láminas una vez colocadas han de resistir el peso del solado.

En caso de producirse algún daño en las mismas durante las obras se reparará con trozos del mismo material.

Cuando utilizemos el sistema continuo, éste se realizará mediante la proyección de una membrana elastomérica, generalmente de poliuretano bicomponente (poliol e isocianato), con un espesor comprendido entre 3 y 5 mm según los puntos de aplicación, y una densidad de 1000 kg/m³ aproximadamente.

Los dos componentes de la membrana se mezclan en la boquilla de la máquina de proyección. Una vez en contacto con el aire cataliza en cuestión de segundos, de forma que se solidifica consiguiendo una membrana continua, flexible y resistente al punzonamiento y a las tracciones, que se adhiere a las superficies sobre las que se proyecta.

La barrera continua es impermeable al paso del radón, además garantiza el sellado de los puntos singulares, difícil de conseguir cuando utilizamos membranas prefabricadas en rollo.

Su espesor se consigue mediante la aplicación de varias capas de 1 mm de espesor, a las que se añade un colorante para tener como referencia el punto de aplicación de las sucesivas capas. De esta manera, se consigue controlar el espesor total de la membrana, que suele estar comprendido, como se comenta anteriormente, entre los 3 y 5 mm.

La membrana, ya sea mediante láminas o continua, ha de cubrir la totalidad de la superficie de los elementos en contacto con el terreno.

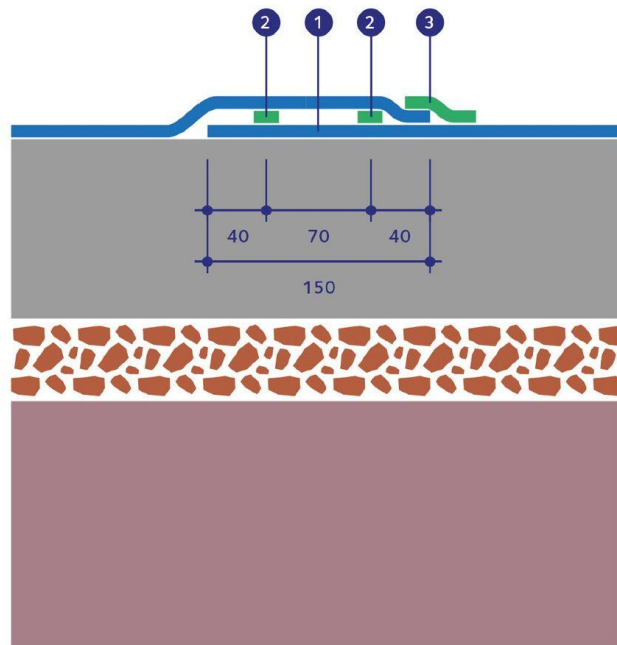
Siempre se prolongará hasta sobrepasar los muros, teniendo especial cuidado en las juntas de encuentro entre la solera o forjado sanitario y los muros perimetrales.

Las puertas de paso que interrumpan la continuidad de la barrera anti-radón deben contar con un mecanismo de cierre automático que limiten el paso de aire.

Por último, es fundamental seguir las instrucciones del suministrador del material empleado en el momento de la puesta en obra, para conseguir la estanqueidad buscada y que la solución sea eficaz.

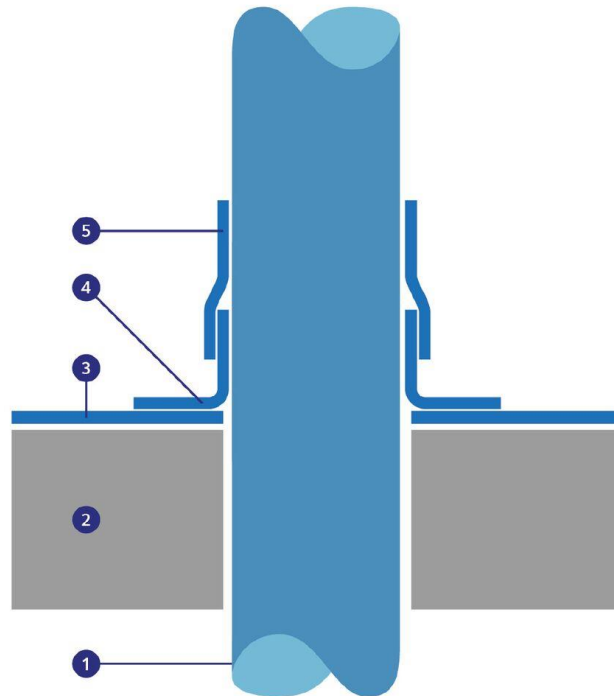
Solape barrera anti-radón

1. Barrera contra el gas radón.
2. Cinta adhesiva de solape.
3. Cinta adhesiva refuerzo de barrera en juntas.



Sellado tubo pasante

1. Tubo pasante.
2. Solera de sótano.
3. Solape de membrana.
4. Pieza única para sellado.
5. Solape de membrana.



CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

Al tratarse de una medida pasiva, su efectividad no depende del buen funcionamiento de un extractor, con lo que su mantenimiento será menor y resultará una solución más económica con respecto a otras medidas de mitigación.

Además su efectividad no dependerá de las condiciones atmosféricas como en el caso de otras medidas.

Como medida complementaria a este sistema se podría usar un sistema de despresurización o un sistema de ventilación.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Si comparamos la utilización de un sistema de membrana anti-radón continua con un sistema mediante láminas solapadas, podemos decir que la utilización de la primera frente a la segunda presenta la ventaja de la ausencia de solapes entre láminas, lo que conlleva su buen comportamiento en los puntos conflictivos, garantizando el sellado de los mismos. Mientras que en el caso de las membranas solapadas su efectividad se verá reducida por la complejidad que las juntas y solapes causan en el montaje de la misma.

Como inconveniente se puede citar el coste de ejecución en viviendas existentes, al conllevar el levantado y posterior reposición del pavimento en toda la superficie a tratar.

COSTE APROXIMADO

Barrera anti-radón mediante láminas solapadas

Ud Sistema pasivo de mitigación de radón mediante la colocación de barrera anti-radón a base de lámina multicapa anti-radón formada por dos capas de polietileno reforzado, una malla interior de fibra de poliéster y una lámina de aluminio, suministrado en rollos de 50x2 m, de 0,4 mm de espesor, con un peso de 363 gr/m² y una resistencia a rotura > 500 n/5cm, adherida al soporte y solapadas entre sí 15 mm mediante cinta de juntas, i/ limpieza y nivelación de solera o forjado sanitario mediante mortero autonivelante y colocación de pavimento de baldosa de gres una vez colocadas las láminas anti-radón.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Limpieza y nivelado de superficie	702,76
Ud	Colocación lámina anti-radón	2.650,84
Ud	Colocación pavimento gres porcelánico	4.118,21
		7.471,80
	13% Gastos Generales	971,33
	6% Beneficio Industrial	448,31
	TOTAL	8.891,45 €

Barrera anti-radón continua

Ud Sistema pasivo de mitigación de radón mediante barrera anti-radón continua a base de membrana elastomérica de poliuretano bicomponente proyectada, i/ limpieza y nivelación de solera o forjado sanitario mediante mortero autonivelante y colocación de pavimento de baldosa de gres una vez proyectada la membrana anti-radón.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Limpieza y nivelado de superficie	702,76
Ud	Proyección membrana anti-radón continua	1.525,05
Ud	Colocación pavimento gres porcelánico	4.118,21
		6.346,02
	13% Gastos Generales	824,98
	6% Beneficio Industrial	380,76
	TOTAL	7.551,76 €

D. DESPRESURIZACIÓN DEL TERRENO

D.1. DESPRESURIZACIÓN NATURAL EN UN LATERAL DE LA VIVIENDA



DESCRIPCIÓN

Sistema pasivo de extracción compuesto por uno o varios pozos de captación situados en el exterior de la vivienda, en una zona lo más próxima posible a la misma, y una tubería de extracción. Con esta medida de mitigación se consigue una despresurización del aire existente bajo los cimientos, actuando como vía de escape del radón y consiguiendo reducir el flujo del mismo hacia el interior de la vivienda.

COMPONENTES

Los componentes de este sistema son los siguientes:

- Pozos de captación: También llamados puntos de aspiración. Pueden ser de distintos tipos, oquedad excavada en el propio terreno, arqueta construida “in situ” o arqueta prefabricada diseñada para dicha finalidad. Cuando se trate de pozos excavados en el propio terreno, la oquedad que se realice ha de tener un radio aproximado de 20 cm. Si utilizamos una arqueta construida “in situ”, sus dimensiones serán de aproximadamente 60x60 ó 70x70 cm y se realizará mediante hileras de ladrillos dejando huecos regulares entre ellos.
- Tubería de extracción o ventilación: Suele emplearse un tubo de PVC de 110 mm de diámetro, con sus accesorios correspondientes. Las tuberías deben ser lo más rectas posibles y sólo se colocarán las curvas o codos que resulten indispensables.
- Chimenea: Se colocará por encima del nivel de cubierta, para evitar que el gas vuelva a entrar en la vivienda. La chimenea también impedirá la entrada de agua de lluvia.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

El primer paso consistirá en realizar un agujero de aproximadamente 120 mm de diámetro en la pared externa justo por debajo del nivel de la solera o forjado. Para a continuación vaciar un espacio más o menos cúbico de entre 8 y 10 dm³ en un lateral de la vivienda para formar el pozo o arqueta de captación.

Seguidamente se instalará la tubería vertical de 110 mm anclándola a uno de los cerramientos exteriores de la vivienda. Se prolongará hasta superar la línea de aleros, para evitar que el radón vuelva a entrar en la vivienda y para, al mismo tiempo, conseguir un tiro natural mayor debido a la diferencia de presión. Se rematará con una chimenea que la protegerá de la acción de la lluvia.

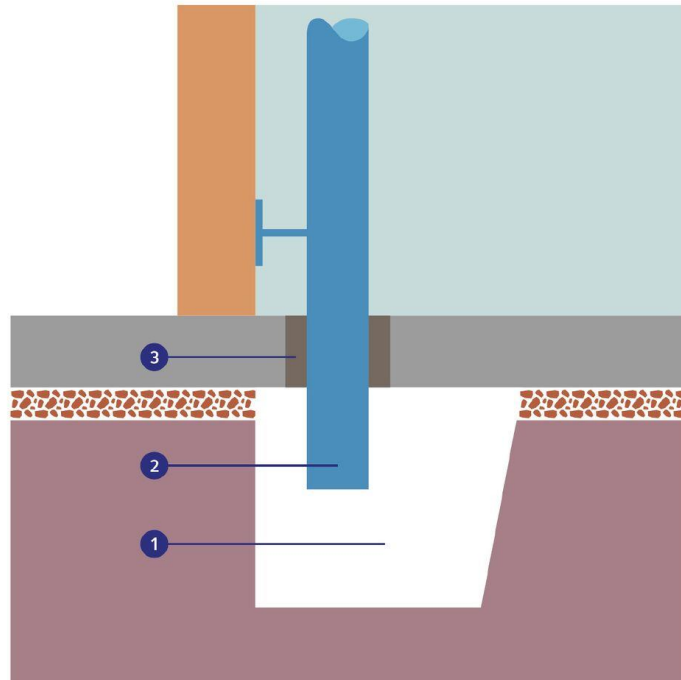
Los puntos de captación se deben colocar de forma que los radios de acción de los mismos puedan cubrir la superficie de la planta en su totalidad. La cantidad de pozos o arquetas de captación, así como su colocación, dependerá de la permeabilidad del terreno, de la superficie de la planta y de si el tiro es natural o forzado.

Los pozos de captación siempre deben estar situados lejos de ventanas y rejillas de ventilación. Tampoco se colocarán próximos a ningún aparato de combustión, caldera, chimenera, etc, puesto que podría aspirar el aire para combustión de la estancia.

Además se debe prever un espacio suficiente para el posterior montaje de un ventilador en caso necesario, de forma que éste nunca se apoye o se ancle en paredes ligeras que puedan transferir vibraciones a otros elementos o dependencias de la vivienda.

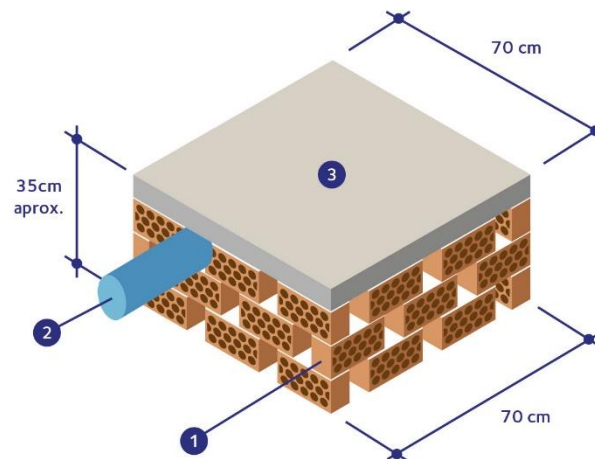
Oquedad excavada en el terreno

1. Pozo de captación mediante oquedad en el terreno.
2. Tubería PVC Ø110 mm.
3. Reposición de hormigón alrededor del tubo y sellado.

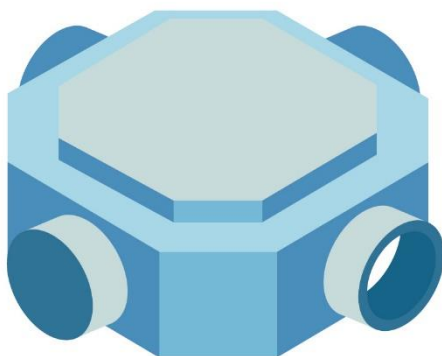


Arqueta construida "in situ" con ladrillo perforado

1. Fábrica de ladrillo perforado.
2. Tubo de PVC de 110mm de diámetro.
3. Tapa de hormigón



Arqueta prefabricada PVC



CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

Es una de las medidas más recomendables en caso de aplicación en viviendas existentes, debido a su gran fiabilidad y eficacia en la reducción de los niveles de radón existentes.

VENTAJAS O INCONVENIENTES

Como se comenta anteriormente la despresurización del terreno es uno de los métodos más fiables y utilizados. Aunque a veces la despresurización natural no resulta suficiente, siendo necesario recurrir a la despresurización forzada, detallada en las fichas correspondientes.

La ventaja que presenta la despresurización natural del terreno desde un lateral de la vivienda con respecto a la despresurización natural realizada desde un pozo de captación situado bajo la solera o forjado sanitario es que su ejecución resulta mucho más sencilla y por tanto, menos costosa.

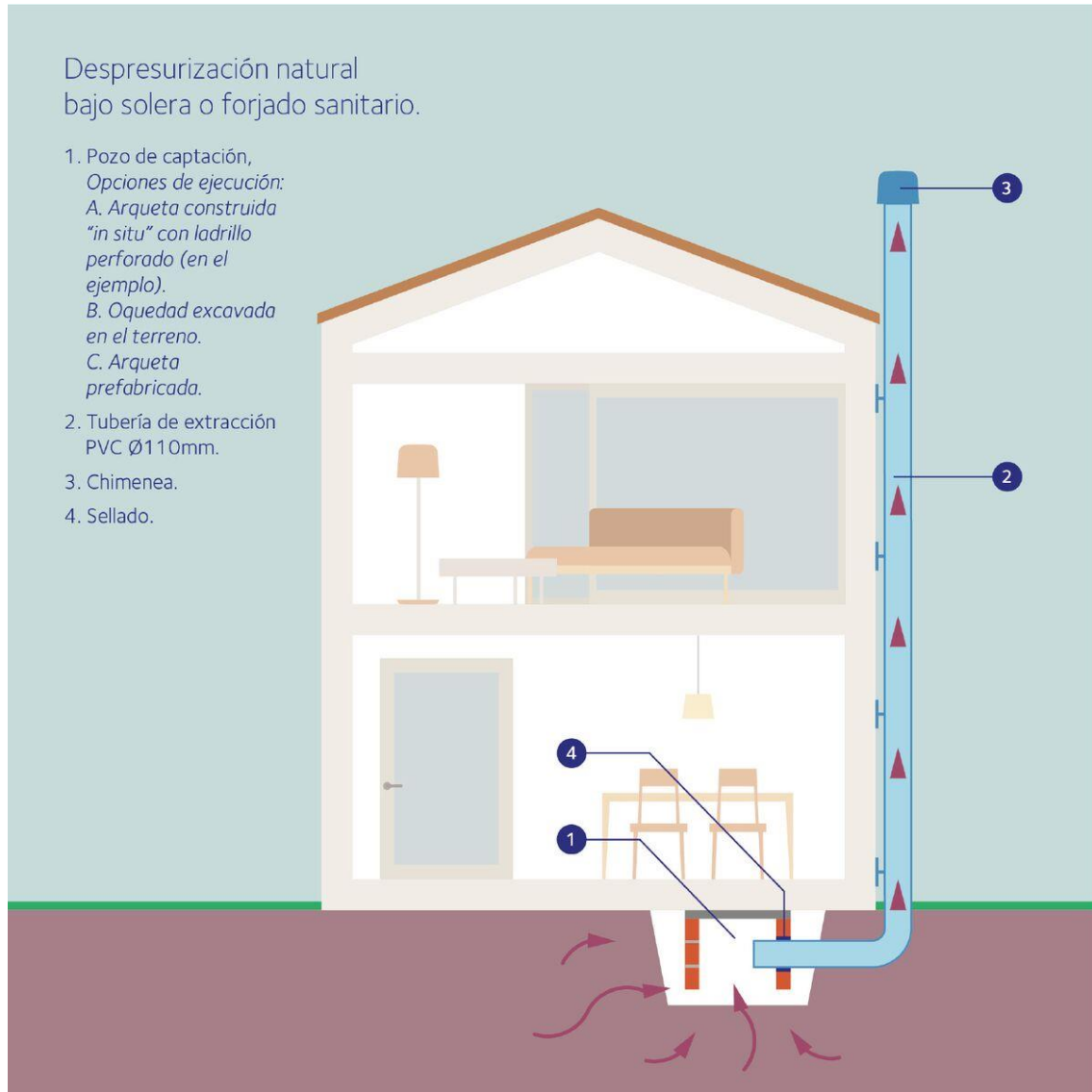
COSTE APROXIMADO:

Ud Sistema de despresurización natural del terreno en un lateral de la vivienda compuesto por arqueta de captación construida "in situ" de ladrillo hueco perforado de 25x12x10 cm colocado a medio pie dejando huecos regulares entre las piezas, tubería de PVC de 110 mm de diámetro anclado a paramento vertical mediante abrazaderas metálicas, i/ accesorios tubería y chimenea, así como la excavación previa necesaria para la ejecución de la arqueta y sellado de tubería en el paso a través de la misma; no se incluye colocación de andamios.

DESPRESURIZACIÓN NATURAL EN UN LATERAL DE LA VIVIENDA

Ud	Descripción	Importe
Ud	Arqueta construida "in situ" ladrillo perforado	132,27
Ud	Colocación tubería extracción PVC Ø 110 mm	244,72
		<hr/> 376,99
	13% Gastos Generales	49,01
	6% Beneficio Industrial	22,62
	TOTAL	<hr/> 448,62 € <hr/>

D.2. DESPRESURIZACIÓN NATURAL BAJO SOLERA O FORJADO SANITARIO



DESCRIPCIÓN

Sistema pasivo de extracción compuesto por uno o varios pozos de captación situados bajo la solera o forjado sanitario y una tubería de ventilación, diseñado para la extracción del aire contaminado existente bajo los cimientos y la consiguiente reducción de flujo de radón hacia el interior de la vivienda.

COMPONENTES

Los principales componentes del sistema son:

- Pozo/s de captación: También llamados puntos de aspiración. Pueden ser de distintos tipos, oquedad excavada en el propio terreno, arqueta construida "in situ" o arqueta prefabricada diseñada para dicha finalidad. Cuando se trate de

pozos excavados en el propio terreno, la oquedad que se realice ha de tener un radio aproximado de 20 cm. Si utilizamos una arqueta construida “in situ”, sus dimensiones serán de aproximadamente 60x60 ó 70x70 cm y se realizará mediante hileras de ladrillos dejando huecos regulares entre ellos.

- Tubería de extracción o ventilación: Suele emplearse un tubo de PVC de 110 mm de diámetro, con sus accesorios correspondientes. Las tuberías deben ser lo más rectas posibles y sólo se colocarán las curvas o codos que resulten indispensables.
- Chimenea: Se colocará por encima del nivel de cubierta, para evitar que el gas vuelva a entrar en la vivienda. La chimenea también protegerá a la tubería de ventilación de la entrada de agua de lluvia.

PROCESO DE EJECUCIÓN

Cuando se recurre a esta variante y el pozo de captación se excava bajo la superficie de la vivienda, el primer paso consistirá en realizar un hueco en la solera o el forjado sanitario. A la hora de realizar dicha perforación, será necesario tener especial cuidado, con el fin de evitar posibles daños en la estructura, así como en las tuberías de calefacción, gas, agua o en el cableado eléctrico.

En la mayoría de los casos, cuando se trata de viviendas existentes, habrá que llevar a cabo un levantado previo del solado existente en la zona donde se vaya a realizar la de la arqueta o pozo.

A continuación, se vaciará el espacio para el pozo de captación, recurriendo a uno de los tres tipos descritos en la variante anterior: una oquedad en el terreno, una arqueta de ladrillo construida “in situ” o una arqueta prefabricada.

Se instalará un tramo de tubería vertical que se unirá al pozo, o bien directamente, o utilizando un empalme formado por un tramo de tubería con una pequeña inclinación y un codo. Siendo de suma importancia realizar de forma adecuada el sellado alrededor de la tubería a nivel de la solera o forjado, para evitar posibles fugas de gas. Para ello puede utilizarse un sellador aplicado con pistola.

A continuación se procederá a la reposición del pavimento sobre el pozo de captación, eliminado anteriormente.

En este caso, es decir, cuando el pozo se encuentre bajo un espacio habitable, también se sellará la unión entre el pavimento y la pared adyacente, para minimizar la aspiración de aire desde dicho espacio.

Se rematará la tubería vertical mediante una chimenea.

Los puntos de captación se deben colocar de forma que los radios de acción de los mismos puedan cubrir la superficie de la planta en su totalidad. La cantidad de

captadores, así como su colocación, dependerá de la permeabilidad del terreno, de la superficie de la planta y de si el tiro es natural o forzado.

Éstos siempre deben estar situados lejos de ventanas y rejillas de ventilación.

Tampoco se colocarán próximos a ningún aparato de combustión, caldera, chimenea, etc. puesto que podría aspirar el aire para combustión de la estancia.

Se debe prever un espacio suficiente para el posterior montaje de un ventilador en caso necesario, de forma que éste nunca se apoye o se ancle en paredes ligeras que puedan transferir vibraciones a otros elementos o dependencias de la vivienda. Sobre todo cuando se opta por la instalación de la tubería en el interior de la vivienda.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

Este sistema de extracción natural suele tener una eficacia mayor que otros sistemas de mitigación como la ventilación, tanto natural como forzada, o la colocación de barreras anti-radón.

Cuando resulte suficiente el uso de un sistema de extracción natural, siempre será preferible a un sistema de extracción forzada, ya que su ejecución es más fácil, más barata y su funcionamiento más silencioso.

Además, en caso de que este sistema de mitigación no resulte suficiente y no reduzca adecuadamente el nivel de radón, siempre se podrá añadir un ventilador, consiguiendo de este modo transformarlo en un sistema de extracción forzada.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Este sistema de mitigación cuenta con la ventaja de poder ser usado como medida complementaria de un sistema de barrera anti-radón en viviendas con una elevada concentración de gas.

Por tanto, el principal inconveniente que puede presentar es que a veces no resulta suficiente, ya que el promedio de reducción de los niveles de radón con este sistema es del 50%, mientras que con los sistemas que incorporan un ventilador se pueden lograr reducciones de hasta el 90%.

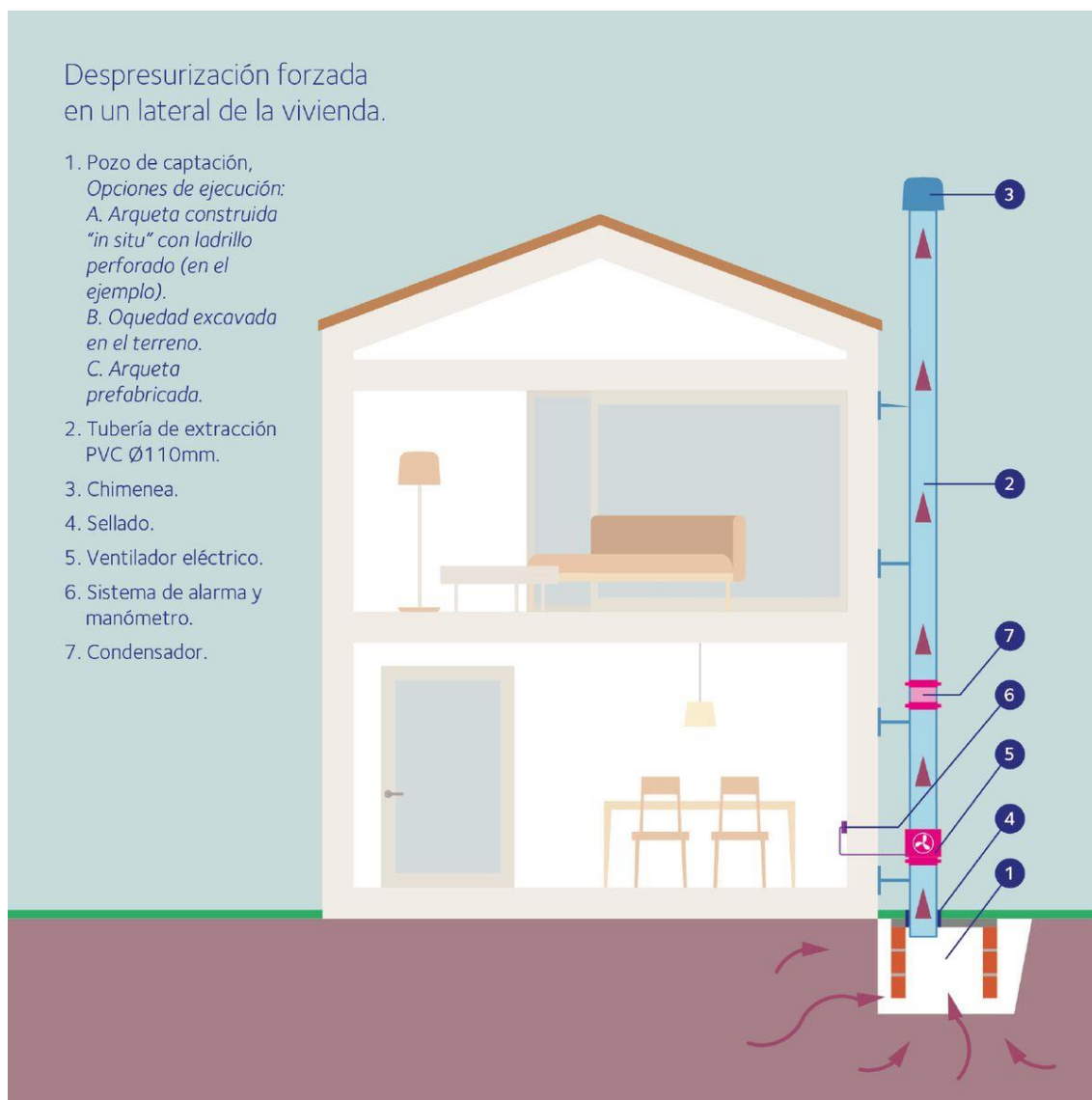
Por otro lado, la despresurización natural del terreno mediante un pozo excavado en un lateral de la vivienda resulta más recomendable que esta variante, en la que el pozo se excava bajo la solera o forjado sanitario, para viviendas de nueva construcción, puesto que en viviendas existentes el proceso constructivo resulta más costoso y en ocasiones, difícil de llevar a cabo.

COSTE APROXIMADO

Ud Sistema de despresurización natural del terreno bajo solera o forjado sanitario compuesto por arqueta de captación construida "in situ" de ladrillo hueco perforado de 25x12x10 cm colocado a medio pie dejando huecos regulares entre ladrillos, tubería de PVC de 110 mm de diámetro anclado a paramento vertical mediante abrazaderas metálicas, i/ accesorios tubería y chimenea, levantado de pavimento, apertura de hueco en solera o forjado sanitario y excavación de terreno bajo la misma previa a la construcción de la arqueta, sellado de paso de tubería y reposición de pavimento; no se incluye colocación de andamios.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Demolición pavimento existente y apertura hueco	34,14
Ud	Construcción arqueta "in situ" ladrillo perforado	131,53
Ud	Colocación tubería extracción Ø 110 mm	244,72
Ud	Pavimento baldosa gres porcelánico	72,17
		482,56
	13% Gastos Generales	62,73
	6% Beneficio Industrial	28,95
	TOTAL	574,25 €

D.3. DESPRESURIZACIÓN FORZADA EN UN LATERAL DE LA VIVIENDA



DESCRIPCIÓN

Sistema de extracción activo formado por uno o varios pozos de captación situados en un lateral de la vivienda, una tubería de ventilación y un ventilador o aparato de extracción que fuerza el tiro de evacuación.

COMPONENTES

Los componentes de este sistema son:

- Pozos de captación o puntos de aspiración: Al igual que en el sistema de extracción natural, la ejecución de los pozos puede realizarse de distintas maneras.

Para una vivienda tipo suele ser suficiente la instalación de un único pozo de captación, su área de influencia suele ser de 250 m² aproximadamente, a una distancia de alrededor de 15 m del pozo. Hay que tener en cuenta que las posibles obstrucciones bajo la solera pueden reducir su efectividad.

- Tubería de ventilación: Tubería de PVC de 110 mm, con sus accesorios correspondientes. Si se coloca en el interior de la vivienda, se puede reducir el impacto visual haciendo un cajeadado en la esquina de una habitación o colocándola dentro de un armario.
- Extractor o ventilador: Se suelen utilizar ventiladores compactos con carcasa hermética de potencia comprendida entre 50 y 100 W, y un caudal aproximado de 180 m³/h.
- Condensador: Evitará las posibles condensaciones que se puedan producir y así el posible daño en la tubería y el ventilador.
- Indicador del sistema (manómetro de tubo en U) y sistema de alarma: Ambos muy importantes, ya que al tratarse de un sistema que se suele usar cuando las concentraciones de radón son elevadas, si debido a algún motivo fallase el aporte de energía necesario para el correcto funcionamiento del extractor, se elevarían de manera alarmante los niveles de radón en el interior de la vivienda. El primero nos permitirá controlar el correcto funcionamiento del sistema y el segundo nos avisará en caso de que esto no ocurra.
- Chimenea de ventilación: En este caso, suele ser necesaria, ya que es aconsejable que la tubería de extracción supere el nivel de los aleros. Por una parte para evitar una posible entrada del radón que se extrae en la vivienda, y por otra, porque se consigue una mayor diferencia de presión y con ello una mayor reducción del nivel de radón.

PROCESO DE EJECUCIÓN

Cuando el sistema de extracción se realice desde un pozo de captación situado en el exterior, se vaciará un espacio más o menos cúbico de material de entre 8 y 10 dm³, en un lateral de la vivienda y lo más cercano posible a ésta. Dicho pozo podrá ser de tres tipos dependiendo, en gran medida, de las características del terreno. Se podrá optar por excavar una oquedad en el terreno a la que se conectará directamente la tubería, o bien construir una arqueta de ladrillo perforado “in situ” o en su lugar, colocar una arqueta prefabricada de PVC.

Una vez excavado el pozo, se realizará un agujero de 120 mm de diámetro en la pared externa, justo por debajo del nivel de la solera o forjado. A través de dicho agujero, se instalará un empalme formado por un tramo de tubería con una pequeña inclinación y un codo, que conectará el pozo de captación con la tubería vertical que irá anclada a un lateral de la vivienda. Se sellará el paso de la tubería a través de la pared mediante un sellador impermeable.

Se instalará un ventilador centrífugo, utilizando un reductor de acoplamiento de goma para la unión del mismo a la conducción vertical. Además, se instalará un condensador

que evitará posibles condensaciones, un manómetro de tubo en U que actuará como indicador del buen funcionamiento del sistema y una alarma que avisará si esto no ocurre. El ventilador se apoyará sobre un soporte fijado a la vivienda. Nunca se atornillará directamente a la pared, ya que podría producir vibraciones.

Se coronará la tubería de ventilación sobre la cubierta mediante una chimenea, que evitará la entrada de lluvia.

La colocación de la tubería se podría realizar también por el interior de la vivienda. Aunque en viviendas existentes, el proceso constructivo resultaría más complicado, además de más costoso. Por tanto, tratándose de viviendas ya construidas, lo más recomendable es que las tuberías discurran por el exterior.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Es uno de las medidas de mitigación más utilizadas debido a su alta efectividad. Además, en este caso en el que la arqueta o pozo de captación se sitúa en el exterior, el proceso constructivo resulta mucho más sencillo y económico, especialmente en viviendas existentes.

El mayor inconveniente sería su coste de ejecución, más elevado que el de otros sistemas, como los métodos de ventilación. Además al coste de ejecución habría que sumar el coste de funcionamiento y mantenimiento.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

Al igual que en el caso de la despresurización natural del terreno, pero incluso en mayor medida, es uno de los métodos de mitigación más recomendables debido a su alta eficacia.

Además presenta un coste de ejecución bastante moderado.

Al tratarse de un sistema de mitigación pasivo se requiere un buen mantenimiento del mismo para que su efectividad no se vea reducida.

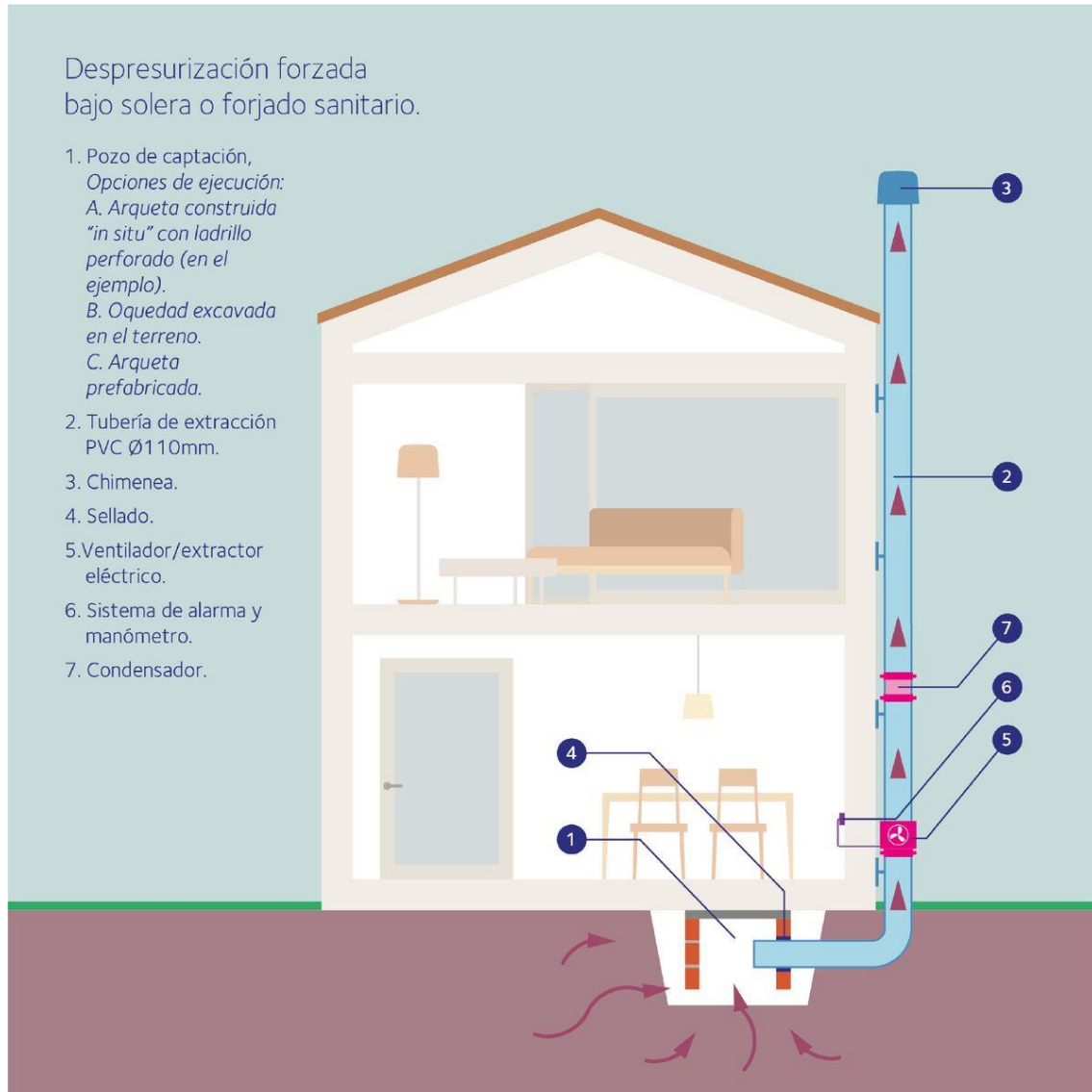
COSTE APROXIMADO

Ud Sistema de despresurización forzada del terreno en un lateral de la vivienda compuesto por arqueta de captación construida "in situ" de ladrillo hueco perforado de 25x12x10 cm colocado a medio pie dejando huecos regulares entre las piezas, tubería de PVC de 110 mm de diámetro anclado a paramento vertical mediante abrazaderas metálicas, ventilador helico-centrífugo de 80 W de potencia, i/ accesorios tubería y chimenea, así como la excavación previa necesaria para la ejecución de la arqueta y sellado de tubería en el paso a través de la misma; no se incluye colocación de andamios.

DESPRESURIZACIÓN FORZADA EN UN LATERAL DE LA VIVIENDA

Ud	Descripción	Importe
Ud	Construcción arqueta "in situ" ladrillo perforado	131,53
Ud	Colocación tubería extracción Ø 110 mm	244,72
Ud	Colocación extractor helico-centrífugo 80W	299,88
		<hr/>
		676,13
		<hr/>
	13% Gastos Generales	87,90
	6% Beneficio Industrial	40,57
		<hr/>
	TOTAL	804,60 €
		<hr/>

D.4. DESPRESURIZACIÓN FORZADA BAJO SOLERA O FORJADO SANITARIO.



DESCRIPCIÓN

Sistema de extracción activo formado por uno o varios pozos de captación excavados bajo la solera o forjado sanitario, una tubería de ventilación y un ventilador o aparato de extracción que fuerza el tiro de evacuación.

COMPONENTES

Los componentes de este sistema son:

- Pozos de captación o puntos de aspiración: la ejecución de los pozos puede realizarse de distintas maneras.

- Para una vivienda tipo suele ser suficiente la instalación de un único pozo de captación, su área de influencia suele ser de 250 m² aproximadamente, a una distancia de alrededor de 15 m del pozo. Hay que tener en cuenta que las posibles obstrucciones bajo la solera pueden reducir su efectividad.
- Tubería de ventilación: Tubería de PVC de 110 mm, con sus accesorios correspondientes. Si se coloca en el interior de la vivienda, se puede reducir el impacto visual haciendo un cajeadado en la esquina de una habitación o colocándola dentro de un armario.
- Extractor o ventilador: Se suelen utilizar ventiladores compactos con carcasa hermética de potencia comprendida entre 50 y 100 W, y un caudal aproximado de 180 m³/h.
- Condensador: Evitará las posibles condensaciones que se puedan producir y así el posible daño en la tubería y el ventilador.
- Indicador del sistema (manómetro de tubo en U) y sistema de alarma: Ambos muy importantes, ya que al tratarse de un sistema que se suele usar cuando las concentraciones de radón son elevadas, si debido a algún motivo fallase el aporte de energía necesario para el correcto funcionamiento del extractor, se elevarían de manera alarmante los niveles de radón en el interior de la vivienda. El primero nos permitirá controlar el correcto funcionamiento del sistema y el segundo nos avisará en caso de que esto no ocurra.
- Chimenea de ventilación: En este caso, suele ser necesaria, ya que es aconsejable que la tubería de extracción supere el nivel de los aleros. Por una parte para evitar una posible entrada del radón que se extrae en la vivienda, y por otra, porque se consigue una mayor diferencia de presión y con ello una mayor reducción del nivel de radón.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

En primer lugar, se realizará un hueco en la solera o forjado, no dañando ni la estructura ni las conducciones de las distintas instalaciones. Hueco que será necesario para realizar la excavación del espacio donde se ubicará el pozo de captación y que posteriormente se volverá a tapar. El pozo podrá ser de distintos tipos, al igual que cuando se sitúa en el exterior de la vivienda.

A continuación, se perforará un agujero de 120 mm de diámetro en la pared externa, justo por debajo del nivel de la solera o forjado, para dar paso a la tubería vertical exterior.

Una vez excavado el pozo, y cuando éste se encuentre bajo un espacio habitable, se sellará la unión entre el pavimento y la pared adyacente, para minimizar la aspiración de aire desde dicho espacio. Del mismo modo, se procederá al sellado del paso de la tubería mediante la pared mediante un sellador impermeable.

En el tramo de tubería vertical se colocará un ventilador centrífugo, además de un manómetro y un sistema de alarma que garantizarán el buen funcionamiento del sistema. También se colocará un condensador con el fin de evitar que se produzcan condensaciones que puedan dañar la tubería o el extractor.

Finalmente, se procederá a la colocación de una chimenea, que protegerá la tubería de la entrada de agua de lluvia.

La colocación de la tubería se podría realizar también por el interior de la vivienda. Aunque en viviendas existentes, el proceso constructivo resultaría más complicado, además de resultar más costoso. Por tanto, tratándose de viviendas ya construidas, lo más recomendable es que las tuberías discurran por el exterior.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

La mayor ventaja que presenta el sistema de mitigación mediante extracción forzada es la elevada efectividad que se consigue mediante su aplicación.

El mayor inconveniente sería su coste de ejecución, más elevado que el de otros sistemas, al que habría que sumar el coste de funcionamiento.

Con respecto al mismo sistema de mitigación, pero en el exterior de la vivienda, presentaría la desventaja de un proceso constructivo más complejo y costoso.

Al igual que la variante anterior es un método de mitigación muy utilizado, aunque en este caso, si se implanta en viviendas existentes, el proceso de ejecución será más complicado y el coste un poco mayor que si la arqueta de captación se sitúa en el exterior de la vivienda.

Es importante realizar un buen mantenimiento del sistema, para mantener su efectividad.

COSTE APROXIMADO

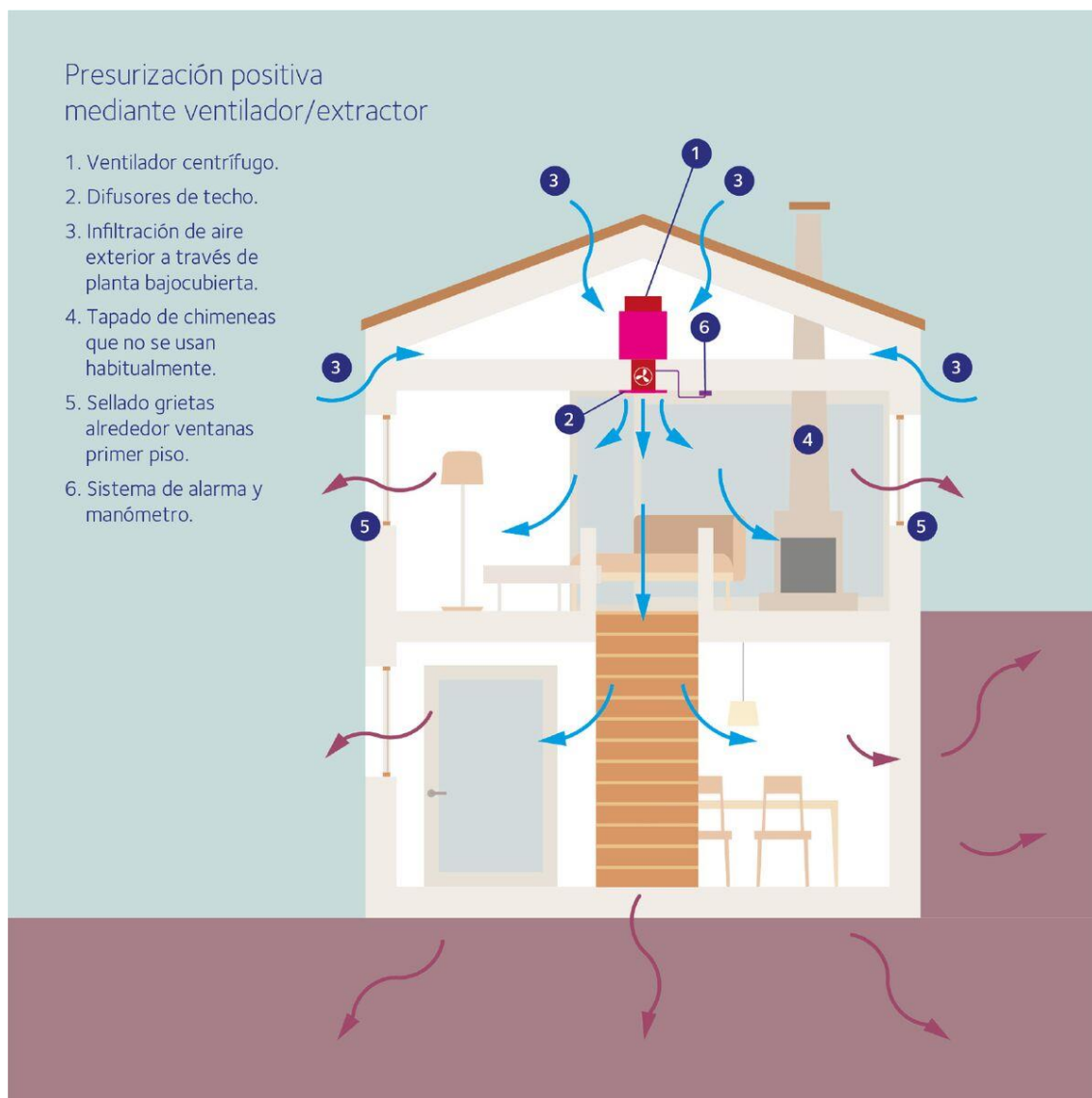
Ud Sistema de despresurización forzada del terreno bajo solera o forjado sanitario compuesto por arqueta de captación construida "in situ" de ladrillo hueco perforado de 25x12x10 cm colocado a medio pie dejando huecos regulares entre ladrillos, tubería de PVC de 110 mm de diámetro anclado a paramento vertical mediante abrazaderas metálicas y ventilador helico-centrífugo de 80 W de potencia, i/ accesorios tubería y chimenea, levantado de pavimento, apertura de hueco en solera o forjado sanitario y excavación de terreno bajo la misma previa a la construcción de la arqueta, sellado de paso de tubería y reposición de pavimento, no se incluye colocación de andamios.

DESPRESURIZACIÓN FORZADA BAJO SOLERA O FORJADO SANITARIO

Ud	Descripción	Importe
Ud	Demolición pavimento y apertura de hueco	34,14
Ud	Construcción arqueta "in situ" ladrillo perforado	131,53
Ud	Colocación tubería extracción Ø 110 mm	244,72
Ud	Reposición pavimento baldosa gres porcelánico	72,17
		<hr/> 482,56
	13% Gastos Generales	62,73
	6% Beneficio Industrial	28,95
		<hr/>
	TOTAL	574,25 €

E. PRESURIZACIÓN POSITIVA

E.1. PRESURIZACIÓN POSITIVA EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA



DESCRIPCIÓN

Este sistema de mitigación se basa en la introducción de aire exterior dentro de la vivienda mediante la inversión del flujo de un extractor, consiguiendo que impulse aire desde el exterior que diluirá el radón que ya se encuentra en el interior de la vivienda y al mismo tiempo, conseguirá una presurización en el interior de la misma, que hace que el radón procedente del terreno busque otra vía de escape hacia el exterior, en lugar de introducirse en la vivienda.

COMPONENTES

Los componentes de este sistema:

- Extractor mecánico de 80 W de potencia, colocado de forma inversa, generalmente en el espacio bajo-cubierta.
- Difusores de techo.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

Se basará simplemente en la instalación de un extractor en sentido inverso y de una serie de difusores de techo.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

La ventaja que presenta este sistema es su sencillez a la hora de realizar la instalación, puesto que no requiere de ningún proceso de ejecución, exceptuando la instalación de un sistema de extracción inverso y de los difusores de techo.

Otra de las ventajas que presenta esta medida de mitigación es que, además de estar creando una presurización para evitar que el radón entre en el espacio interior, se está introduciendo aire de la atmósfera con lo que se produce cierta ventilación y por tanto menos concentración de radón.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

A la hora de conseguir un buen funcionamiento del sistema es de especial importancia el sellado de grietas alrededor de las ventanas, así como el tapado de las chimeneas en desuso. También se deberán mantener las puertas cerradas durante su uso.

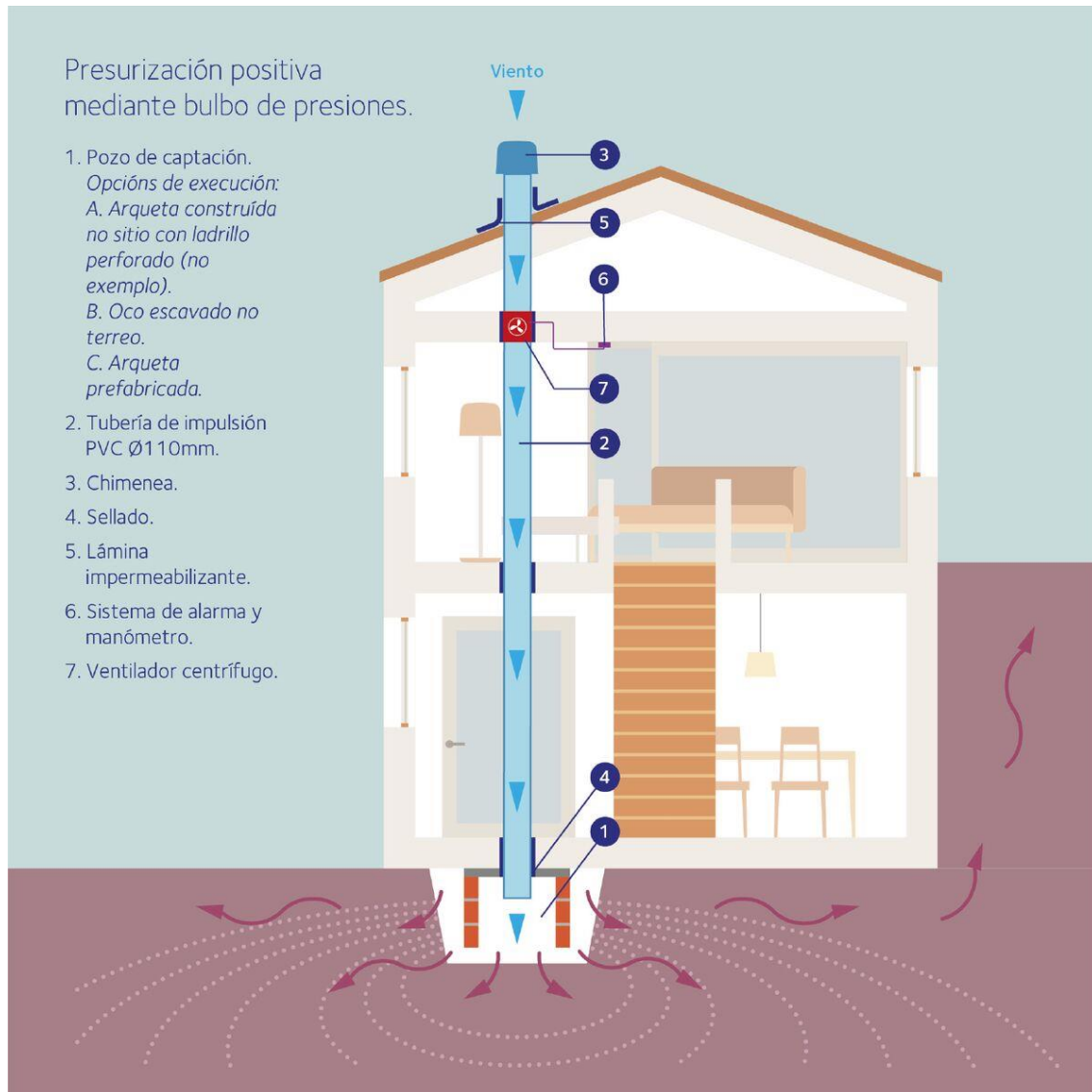
Además resultará de especial importancia el mantenimiento del sistema de ventilación para poder garantizar la efectividad de la medida.

COSTE APROXIMADO:

Ud Sistema de despresurización positiva a base de la instalación de un sistema de ventilación compuesto por un ventilador helico-centrífugo de 80 W de potencia con funcionamiento inverso y difusores de techo, no incluye instalación eléctrica ni desmontaje y reposición de techos y acabados.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Suministro y colocación extractor y difusores techo	315,13
	13% Gastos Generales	40,97
	6% Beneficio Industrial	18,91
	TOTAL	375,00 €

E.2. PRESURIZACIÓN POSITIVA MEDIANTE BULBO DE PRESIONES



DESCRIPCIÓN

Este sistema de presurización positiva mediante la creación de bulbo de presiones se consigue mediante la inversión del funcionamiento de un sistema de despresurización o extracción forzada del terreno mediante pozo de captación, tubería de extracción y extractor. Al invertir su funcionamiento, en lugar de extraer el aire existente bajo la vivienda, se consigue el efecto contrario, impulsar aire bajo la misma creando un bulbo de presiones que desviará el flujo del radón, haciendo que tome un recorrido distinto hasta alcanzar la atmósfera.

COMPONENTES

Los componentes de este sistema son:

- Arqueta o pozo de captación enterrado bajo la solera o forjado sanitario de la vivienda, lo más centrado posible con respecto a la planta de la misma y construido “in situ” mediante ladrillo perforado.
Si se coloca una capa de encachado, el gas se moverá con mayor facilidad y el bulbo de presiones generado será más grande.
- Tubería de conducción de PVC de 110 mm de diámetro, que conecte la arqueta con el exterior, atravesando para ello la solera o forjado sanitario, el forjado de las distintas plantas y la cubierta.
- Chimenea
- Extractor mecánico de tipo helico-centrífugo de 80 W de potencia, colocado de forma inversa.
- Sistema de alarma y manómetro

PROCESO DE EJECUCIÓN:

Una vez construida la arqueta o pozo de captación e instalada la tubería que la conectará con la cubierta, como se detalla en fichas anteriores, se colocará el extractor en sentido inverso para que introduzca el aire exterior en la arqueta a través de la tubería. La boca de instalación suele tener un diámetro mayor que el de la tubería, normalmente de 200 mm, por lo que será necesario instalar algún elemento de reducción del mismo material que la tubería.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

Al tratarse de una medida activa que necesita el uso de un ventilador, su mantenimiento es fundamental para que el sistema resulte efectivo. En caso de fallo del ventilador, el sistema se comportará como si no existiese ninguna medida de mitigación. Por este motivo resulta sumamente importante que la medida cuente con un sistema de alarma que pueda avisar de un posible fallo.

Para que la presurización sea lo más eficiente posible se deberán mantener las puertas cerradas durante su funcionamiento.

VENTAJAS E INCONVENIENTES

Esta medida requiere un estudio de las condiciones térmicas que podrían influir en su rendimiento.

Su principal inconveniente, sobre todo en viviendas existentes, es la dificultad que presenta a la hora de su ejecución.

Al tratarse de un sistema de mitigación activo, es muy importante un buen mantenimiento del mismo, puesto que si el ventilador dejase de funcionar por cualquier motivo, el sistema dejaría de ser efectivo.

COSTE APROXIMADO:

Ud Sistema de despresurización positiva mediante creación de bulbo de presiones compuesto por arqueta de captación construida "in situ" de ladrillo hueco perforado de 25x12x10 cm colocado a medio pie dejando huecos regulares entre ladrillos, tubería de PVC de 110 mm de diámetro instalada en el interior de la vivienda y ventilador helicocentrífugo de 80 W de potencia con funcionamiento inverso, i/ accesorios tubería y chimenea, levantado de pavimento, apertura de hueco en solera o forjado sanitario, forjado primera planta y forjado de cubierta, excavación de terreno bajo la solera o forjado sanitario previa a la construcción de la arqueta, sellado de paso de tubería en los distintos forjados y reposición de pavimento y cubierta, no se incluye colocación de andamios.

Ud	Descripción	Importe
Ud	Demolición pavimento y apertura de hueco	71,96
Ud	Construcción arqueta "in situ" ladrillo perforado	131,53
Ud	Colocación tubería extracción Ø 110 mm	244,72
Ud	Reposición pavimento baldosa gres porcelánico	72,17
Ud	Retejado cubierta	40,94
		561,31
	13% Gastos Generales	72,97
	6% Beneficio Industrial	33,68
	TOTAL	667,96 €

