

BUENAS PRÁCTICAS PARA
UNA VIVIENDA CONFORTABLE,
SALUDABLE Y EFICIENTE.

1

Calidad del aire interior, ventilación, condensaciones y envolvente del edificio.



Universidad de Valladolid



**GRUPO DE TERMOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

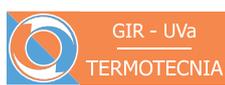
Edita:

Grupo de Investigación Reconocido de Termotecnia de la Universidad de Valladolid.

Valladolid, 2022

ISBN: 978-84-09-43041-3

Este trabajo se ha desarrollado gracias al proyecto de investigación cofinanciado por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional ERDF, titulado “Análisis de tecnologías energéticamente eficientes para la sostenibilidad de los edificios” [Ref.: VA272P18]



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

NOS
IMPULSA



Guía

BUENAS PRÁCTICAS PARA UNA VIVIENDA
CONFORTABLE, SALUDABLE Y EFICIENTE.

VOLUMEN 1

Calidad del aire interior, ventilación, condensaciones y envoltente del edificio.

¿Cuánto tiempo conviene abrir las ventanas? ¿Por qué aparecen condensaciones en casa y cómo puedo evitarlas? Seguro que alguna vez te has hecho estas y otras muchas preguntas

En este documento encontrarás recomendaciones que te ayudarán a tomar las mejores decisiones a la hora de ventilar y acondicionar tu vivienda

CÓMO CONSULTAR ESTA GUÍA

Cada capítulo se basa en una pregunta habitual y consta de tres partes:

- En la primera página, encontrarás respuestas generales y algunas recomendaciones básicas.
- Si quieres comprender el porqué de las mimas, en las páginas siguientes del capítulo encontrarás la justificación a dichas recomendaciones.
- Al final de cada capítulo, tienes un anexo con información más técnica que apoya las explicaciones.

Índice

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

¿Es saludable el aire que tengo dentro de mi casa? 7

VENTILACIÓN

¿Cuándo, cómo y durante cuánto tiempo debo ventilar? 15

CONDENSACIONES

¿Cómo evito la aparición de humedad en las paredes? 23

ENVOLVENTE

¿Cómo puedo proteger mi casa del frío y del calor? 31

Calidad del Aire interior

¿ES SALUDABLE EL AIRE QUE TENGO DENTRO DE MI CASA?



Una adecuada calidad del aire en la vivienda es muy importante porque es un espacio en el que pasamos mucho tiempo.



La principal fuente de contaminación del aire en una vivienda somos las propias personas; esta la controlamos con la ventilación*, pero...



El aire exterior también puede presentar niveles elevados de contaminación, por lo que conviene tener cuidado al decidir cuándo ventilar.



También hay otras fuentes contaminantes interiores, muchas de las cuales podrían evitarse.

 **GRUPO DE TERMOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

Visita nuestra web: termotecnia.gir.uva.es

 @DeTermotecnia

 @Grupo Termotecnia Uva

POR TODO ELLO, ATIENDE A LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:



Procura ventilar cuando hay menos tráfico, obras cercanas, etc.



Evita fumar en casa.



Escoge acabados de paredes, suelos y mobiliario que sean poco contaminantes y evita en lo posible aquellas superficies que puedan absorber los contaminantes (moquetas, tapicerías,...)



Utiliza productos de limpieza poco agresivos.



Controla la humedad relativa de tu casa, manteniéndola en índices confortables y saludables. Para ello, asegúrate de que tienes una extracción adecuada en la cocina (campana) y en el baño. Ventila asiduamente, sobre todo cuando generes humedad adicional (cocinado, planchado, ducha). Pero en ocasiones también puede ser necesario humidificar; para ello puedes usar pequeños humidificadores o simples recipientes con agua.



Si vives en vivienda unifamiliar o planta baja en una localización de riesgo de contaminación por radón, infórmate para medir la concentración de este gas en tu vivienda.

*Para más información, revisa el apartado de esta guía "¿Cuándo, cuánto y cómo debo ventilar?".

¿Quieres saber más...? ¡Adelante! >>>

¿QUÉ CONTAMINANTES PUEDE HABER EN EL AIRE DE CASA?

Aunque la ventilación es nuestro principal recurso para eliminar los posibles contaminantes del aire interior de la vivienda, diluyéndolos con la entrada de aire exterior, debemos recordar que ese aire exterior también puede presentar concentraciones importantes de contaminantes críticos; por ello es importante elegir el momento más adecuado de ventilar nuestras casas. No obstante, nuestro primer paso debe ser siempre eliminar todas aquellas fuentes de contaminación interior que sean evitables.

Para ello, **debemos identificar los contaminantes esperables en las viviendas y su procedencia.** Los más habituales y/o críticos, son:

- **Partículas**, procedentes principalmente del aire exterior.
- **Dióxido de carbono**, vapor de agua y olores emitidos por los ocupantes.
- **Monóxido de carbono**, procedente principalmente de la mala combustión de calderas atmosféricas o en cocinas y hornos de gas o leña, cuando la extracción de humos no es apropiada.
- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs).** Dentro de estos, se presta especial atención al formaldehído. Pueden proceder de los acabados del mobiliario y las superficies del edificio, pero también de productos de limpieza y mantenimiento.
- **Humo de tabaco.** Se trata del contaminante principal en viviendas de fumadores.
- **Dióxido de nitrógeno**, procedente principalmente del aire exterior.
- **Contaminantes biológicos:** virus, bacteria, ácaros del polvo, hongos, caspa y pelo de animales domésticos, secreciones y otros restos de ciertos insectos, polen.



Una adecuada limpieza e higiene del hogar permitirán por lo tanto evitar polvo y restos orgánicos que favorezcan la presencia de contaminantes biológicos, pero a la vez deben seleccionarse productos de limpieza que no sean tóxicos.

La humedad, aunque en sí misma no es tóxica, tiene un efecto relevante en las enfermedades respiratorias y alergias, así como en la proliferación de ciertos contaminantes biológicos. Por lo tanto, es recomendable mantener unos niveles preferentemente entre el 40% y el 60%, pudiendo ampliarse hasta el 30% - 70%. El riesgo de alcanzar humedades relativas elevadas suele resolverse con una adecuada ventilación; sin embargo, en climas especialmente húmedos puede ser necesario recurrir a deshumidificadores. En el caso contrario en el que se tengan condiciones especialmente secas, puede recurrirse a pequeños humidificadores adiabáticos o por ultrasonidos, de

bajo consumo energético, o colocar recipientes con agua. Estos sistemas deben vaciarse y realizarse un cuidado mantenimiento para evitar la proliferación de microorganismos en el agua estancada.

En cuanto a la procedencia o causa de los contaminantes, pueden deberse tanto a la ocupación y la actividad en la vivienda, como a elementos del propio edificio, las condiciones de la propia vivienda y la calidad del aire exterior en la localización de esta (Tabla 1).

La Figura 1 ilustra las típicas fuentes de contaminantes en viviendas. Veamos un poco más en detalle algunas de estas fuentes contaminantes.

¹ Revisa el capítulo de esta guía sobre ventilación: "¿Cuándo, cuánto y cómo debo ventilar?".

² Los COVs son hidrocarburos que se encuentran en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Por lo tanto, pueden pasar a formar parte del aire respirado de forma espontánea; es decir, todos aquellos materiales o productos que los contengan, los emitirán al ambiente muy fácilmente.

TÍPICAS FUENTES DE CONTAMINANTES EN VIVIENDAS

Tabla 1. Fuentes contaminantes esperables en viviendas

FUENTES ASOCIADAS A LA LOCALIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO	FUENTES ASOCIADAS A LA ACTIVIDAD HUMANA	FUENTES ASOCIADAS A SITUACIONES EXTRAORDINARIAS
<p>Contaminación del propio aire exterior de renovación.</p> <p>Gases provenientes del terreno (radón, pesticidas, contaminantes transportados a través del terreno).</p> <p>Materiales, mobiliario y acabados de los edificios.</p> <p>Sistemas de climatización ventilación.</p>	<p>Ocupación.</p> <p>Humo de tabaco.</p> <p>Cocinado de alimentos.</p> <p>Humedades.</p> <p>Actividades de mantenimiento de la vivienda (limpieza, uso de ambientadores, pinturas, adhesivos, etc.)</p> <p>Mascotas y plantas.</p>	<p>Averías</p> <p>Tratamiento de plagas</p> <p>Mantenimiento inadecuado de la vivienda.</p> <p>Condiciones de insalubridad</p>



Figura 1. Fuentes típicas de contaminantes del aire interior en viviendas.

A) Contaminantes del aire exterior

Las fuentes contaminantes del exterior están asociadas a las industrias cercanas, tráfico, extracciones de sistemas de ventilación y torres de enfriamiento, etc.; pero también a la vegetación, actividad agrícola, vertederos, etc.

Si no hay fumadores en la vivienda, la procedencia principal de las partículas presentes en el aire interior es el aire exterior. Son especialmente peligrosas las partículas ultrafinas, por ser fácilmente inhalables. Además de estas, los principales contaminantes evaluados en el aire exterior son el dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), plomo (Pb), benceno (C₆H₆), Monóxido de carbono (CO), Ozono (O₃), arsénico (As), cadmio (Cd), níquel (Ni) o benzo(a)pireno (B(a)P). Salvo en el caso del ozono, los valores registrados en España en los últimos años son mucho menores que los niveles más exigentes de calidad del aire exterior, por lo que no deben ser estos nuestra principal preocupación. La presencia de ozono, sin embargo, superaba en 2018 el valor objetivo para la salud en más de un 25% de las zonas de estudio y el valor objetivo a largo plazo en más de un 63% de las zonas analizadas. Sin embargo, y al contrario que el resto de los contaminantes vistos, la presencia de ozono es más elevada en zonas rurales.

B) Ocupación humana

Los humanos emitimos al ambiente que nos rodea cientos de compuestos orgánicos, generados desde nuestro sudor y glándulas sebáceas, nuestra respiración, piel y gases intestinales. Algunos de estos compuestos son el vapor de agua, CO₂, diversos Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), amoníaco y nanopartículas. Más allá del posible efecto nocivo de estos bioefluentes sobre la salud, tienen un efecto directo sobre cómo percibimos el ambiente, generando discomfort

sensorial.

La ocupación humana también puede implicar presencia de humo de tabaco, el cual ya reconocemos como nocivo tanto para los fumadores activos como para los pasivos. Dado que la mayor parte del tiempo en el que personas no fumadoras se ven expuestas al humo de tabaco es en el ámbito residencial, es un contaminante clave a considerar en viviendas y debe evitarse. Además, las personas fumadoras siguen emitiendo contaminantes como el monóxido de carbono (CO) aunque no estén fumando.

Otras actividades domésticas como la cocina o las labores de limpieza y mantenimiento también suponen emisiones de vapor de agua y otros compuestos potencialmente contaminantes.

C) El cocinado de alimentos

Somos conscientes de que el uso de cocinas de gas (u otros modos de cocinado basados en la combustión) supone emisiones de contaminantes al ambiente, pero esta no es la única fuente contaminante en el cocinado de alimentos. Aun usando fuegos eléctricos o de inducción, aunque en menor proporción que en el uso de combustibles, también se emiten partículas y otros compuestos como aldehídos, ácidos grasos insaturados e hidrocarburos aromáticos policíclicos, entre otros, emitidos por el propio proceso de cocinado de los alimentos. Estas emisiones aumentan en el caso de alimentos más grasos y sobre todo cuanto mayor es el nivel térmico de cocinado, por lo que debe evitarse superar el punto de humo de las grasas. Por orden de mayor a menor generación de contaminantes se encuentra la fritura (que aumenta cuanto mayor es la cantidad de aceite utilizada), seguida de la cocción y del cocinado al vapor.

En todo caso, **los contaminantes generados durante la cocción de alimentos disminuyen exponen-**

cialmente al accionar la campana extractora, luego la clave es disponer de un buen sistema de extracción.

D) Productos de mantenimiento, limpieza y ambientadores

Aunque un adecuado mantenimiento de la vivienda permite mejorar notablemente la calidad del aire interior, los productos utilizados para este fin pueden suponer en sí mismos una fuente de contaminantes.

En la Tabla 2 del anexo de esta guía, pueden consultarse algunos de los contaminantes más comunes y sus principales fuentes de generación.

Muchos de estos productos son “fuentes contaminantes húmedas”; es decir, su emisión de contaminantes decae rápidamente en el tiempo, pero aun así pueden mantenerse en el ambiente durante largos períodos. La clave será por lo tanto **ventilar adecuadamente durante el uso de los productos de limpieza y mantenimiento**. Además, siempre será preferible una adecuada ventilación que camuflar olores con ambientadores que, en sí mismos, son una fuente contaminante.

E) Tapicerías, acabados del mobiliario, pinturas, barnices, etc.

Muchos materiales de construcción y mobiliario de viviendas contienen compuestos volátiles que pasan rápidamente a formar parte del ambiente. Se trata de ese comúnmente reconocido como “olor a nuevo” que, en realidad, es indecible.

En la Tabla 3 del anexo se recopilan los contaminantes junto con su pictograma de toxicidad, correspondientes a estas fuentes de procedencia (la Tabla 4 explica el significado de cada pictograma).

Aunque la emisión de estos compuestos se reduce con el paso del tiempo desde la adquisición o reparación del material (deja de “oler a nuevo”), siempre será preferible

recurrir a materiales poco contaminantes. Además, conviene **evitar materiales como tapicerías, moquetas, etc.**, ya que retienen los distintos contaminantes del aire para volverlos a emitir al ambiente con posterioridad.

F) Contaminantes biológicos en viviendas

Contaminantes biológicos no son solo los virus y bacterias, sino también esporas y hongos, algas, parásitos y alérgenos procedentes de la caspa de mascotas, ácaros del polvo, polen e insectos. Su presencia en interiores puede deberse a:

- La presencia y actividad de los ocupantes, tanto humanos como las mascotas.
- Las plantas domésticas.
- Un mantenimiento inadecuado de la vivienda, averías o situaciones extraordinarias que generen humedades (fugas, condensaciones, etc) o nutrientes para algunos contaminantes biológicos (suciedad, restos de comida, materiales y superficies dañadas, etc.).
- El propio aire exterior de renovación, según la localización de la vi-

vienda, la estación del año y el momento del día.

- Los depósitos de agua de humidificadores y las bandejas de condensados de los equipos de aire acondicionado.
- Los colchones, alfombras, tapicerías etc. en las que proliferan los ácaros del polvo y desde las que estos pueden incorporarse al aire respirado; se trata de alérgenos especialmente identificados con las viviendas.

Los ácaros del polvo se desarrollan preferentemente en entornos con humedad relativa superior al 50%-55% con un máximo desarrollo al alcanzar 75%-80%, mientras que la mayor parte de las especies de hongos se desarrollan con humedades relativas por encima del 60%.

Actuando sobre estas fuentes podremos evitar la presencia de contaminantes biológicos en la vivienda. Además, **debemos mantener la humedad relativa preferiblemente por debajo del 60%** y siempre por debajo del 70%, (aunque por cuestiones de salud debe cuidarse también que sea **superior al 40%**).

EL RADÓN

El radón es la principal fuente natural de radiación ionizante a la que está expuesta la mayor parte de la población mundial. Aunque es difícil aislar su efecto de otros factores de riesgo como el tabaco, esta exposición se ha relacionado con el cáncer de pulmón. Proviene de la desintegración del uranio en radio y del radio en radón; por lo tanto, lo encontraremos en terrenos con alta concentración en uranio, como los suelos silíceos, y penetrará en las viviendas a través de grietas e imperfecciones de los espacios en contacto con el terreno.

Por esta razón, solo hay riesgo de presencia de radón en aquellas viviendas en contacto con el terreno, preferentemente de tipo silíceo, y en el caso de que la vivienda esté poco ventilada. No obstante, la ventilación debe asegurar siempre que la vivienda se mantiene a una presión superior a la del ambiente exterior; de lo contrario resultaría contraproducente, ya que favorecería la entrada del gas radón desde el terreno.

La normativa española contempla actualmente disponer de barreras de protección o construir cámaras de aire entre el terreno y los locales habitables de ciertas zonas geográficas. Puedes consultar en distintas fuentes si en tu municipio existe cierto nivel de riesgo así como las posibles soluciones. Si es así, te interesa solicitar a una empresa acreditada la medición de la concentración de este gas en tu vivienda, para poder optar en su caso a ayudas de rehabilitación para protección frente al radón.



³ U En el apéndice B del Documento Básico HS, parte 6, del Código Técnico de la Edificación: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/Salubridad.html>
O a través del mapa del potencial de radón en España publicado por el Consejo de Seguridad Nuclear: <https://www.csn.es/mapa-del-potencial-de-radon-en-espana>
(fecha de último acceso: 24/11/2021)

Tabla 2. COVs emitidos por algunos productos de limpieza y mantenimiento de uso en viviendas.

FUENTE	COMPUESTO
Productos de limpieza y pesticidas	Cloroformo 1,2-Dicloroetano 1,1,1-Tricloroetano Tetracloruro de carbono m-Diclorobenceno p-Diclorobenceno n-Decano n-Undecano Limoneno Amoníaco Hipoclorito de sodio
Ambientador	Nonano Decano Etilheptano Limoneno
Antipolillas	p-Diclorobenceno
Ropa limpiada en seco	Tetracloroetileno
Cera de suelo líquida	COVT (trimetilpenteno, isómeros de dodecano)
Disolventes domésticos	Tolueno Etil benceno
Quitapinturas	Diclorometano Metanol Tolueno Propano

Tabla 3. Posibles contaminantes emitidos por materiales y acabados del edificio.

FUENTE	COMPUESTO
 <p>Formaldehído</p>	<p>Tableros de aglomerado, espumas y otros productos con resina urea-formaldehído</p> <p>Ciertos acabados arquitectónicos</p> <p>Pinturas</p> <p>Alfombras</p>
 <p>Aromáticos: Benceno, tolueno, xileno, estireno, etilbenceno, etiltolueno, naftaleno. Clorobenceno</p>	<p>Pinturas y otros productos en base disolvente</p> <p>Adhesivos para suelo</p> <p>Suelos vinílicos</p> <p>Alfombras</p> <p>Materiales impresos</p>
 <p>Hidrocarburos alifáticos Hexano, nonano, decano, undecano y dodecano</p>	<p>Ciertos acabados arquitectónicos</p> <p>Adhesivos para suelos</p> <p>Suelos vinílicos</p>
 <p>Hidrocarburos alifáticos (general) Acetato de etilo Acetato de butilo</p>	<p>Adhesivos antideslizantes para alfombras</p> <p>pinturas</p> <p>materiales de sellado</p>
 <p>Butanol</p>	<p>Ciertos acabados arquitectónicos</p>
 <p>Tricloroetileno</p>	<p>Pinturas en spray</p> <p>Adhesivos</p>
 <p>Ftalatos</p>	<p>Suelos vinílicos</p> <p>Adhesivos</p> <p>Baldosas de moqueta</p>

SIGNIFICADO DE LOS PICTOGRAMAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

 <p>Peligro para la salud Sustancias con este pictograma pueden tener una o más consecuencias serias para la salud: - Es cancerígeno. - Infiere en la fertilidad y el feto. - Causa cambios en el material genético. - Es un alérgeno por inhalación y puede causar alergia, asma o problemas de respiración si es inhalado. - Es tóxico para ciertos órganos. - Puede ser fatal o nocivo si es inhalado o ingerido.</p>	 <p>Corrosivo Sustancias con este símbolo son corrosivas y pueden causar quemaduras severas y daños en los ojos. La sustancia es también corrosiva a los metales.</p>	 <p>Irritante, sensibilizante y nocivo El significado de este símbolo de peligro puede variar de un producto a otro: - Causa de envenenamiento agudo. - Causa de hipersensibilidad de la piel, irritación de la piel y los ojos. - Irritación del tracto respiratorio. - Causa entumecimiento, somnolencia o mareos. - Nocivo para la capa de ozono.</p>
	 <p>Infamable Este símbolo de peligro es una alerta para gases inflamables, aerosoles, líquidos y sólidos.</p>	 <p>Venenoso Los químicos que contienen esta etiqueta son tóxicos y no deben ser puestos en contacto con la piel.</p>
	 <p>Nocivo para el medio ambiente Los productos que llevan este símbolo de peligro contienen químicos nocivos para el medio ambiente y pueden causar contaminación del agua.</p>	



 **GRUPO DE TERMOTECNIA**
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

termotecnia.gir.uva.es



@DeTermotecnia



@Grupo Termotecnia Uva



Ventilación

¿CUÁNDO, CÓMO Y DURANTE CUÁNTO TIEMPO DEBO VENTILAR?

En la mayoría de las viviendas, controlamos la calidad del aire con la apertura de ventanas. Pero, a la vez, la ventilación afecta al consumo energético.



Abrir las ventanas más tiempo del necesario es ineficiente energéticamente y puede ser más apropiado abrirlas más de una vez al día, durante un tiempo prudencial.



El proceso de ventilación también se ve afectado si la vivienda tiene o no más de una orientación y el viento que haga (tanto su velocidad como su dirección).



GRUPO DE TERMOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

Visita nuestra web: termotecnia.gir.uva.es



@DeTermotecnia



@Grupo Termotecnia Uva

POR LO TANTO, ATIENDE A LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:



Ventila más de una vez al día. Ventilar 15 minutos puede ser suficiente en la mayor parte de las ocasiones.



Si tienes opción, abre ventanas de fachadas con orientaciones distintas (¡cuidado con las puertas, un exceso de corriente puede hacer que se cierren bruscamente!).



En verano, aprovecha las primeras horas de la mañana y de la noche para ventilar. En invierno, las horas centrales del día pueden ser un buen momento para ventilar puntualmente.



Intenta cumplir lo anterior evitando las horas de mayor tráfico o presencia de polen en el ambiente exterior.



Recuerda ventilar también al volver a casa después de unos días, ya que hay otras fuentes contaminantes aparte de las personas.



Si decides recurrir a una sonda de medida de CO₂ para controlar cuándo es necesario ventilar y durante cuánto tiempo, escóglala bien y ubícala en una zona usualmente ocupada de la vivienda pero alejada de las ventanas y los pasos preferenciales del aire cuando estas están abiertas.

¿Necesitas más datos? ¡Echa un vistazo! >>>

En estas páginas encontrarás los resultados de algunas medidas experimentales realizadas para ilustrar las recomendaciones anteriormente propuestas. Vayamos por partes.

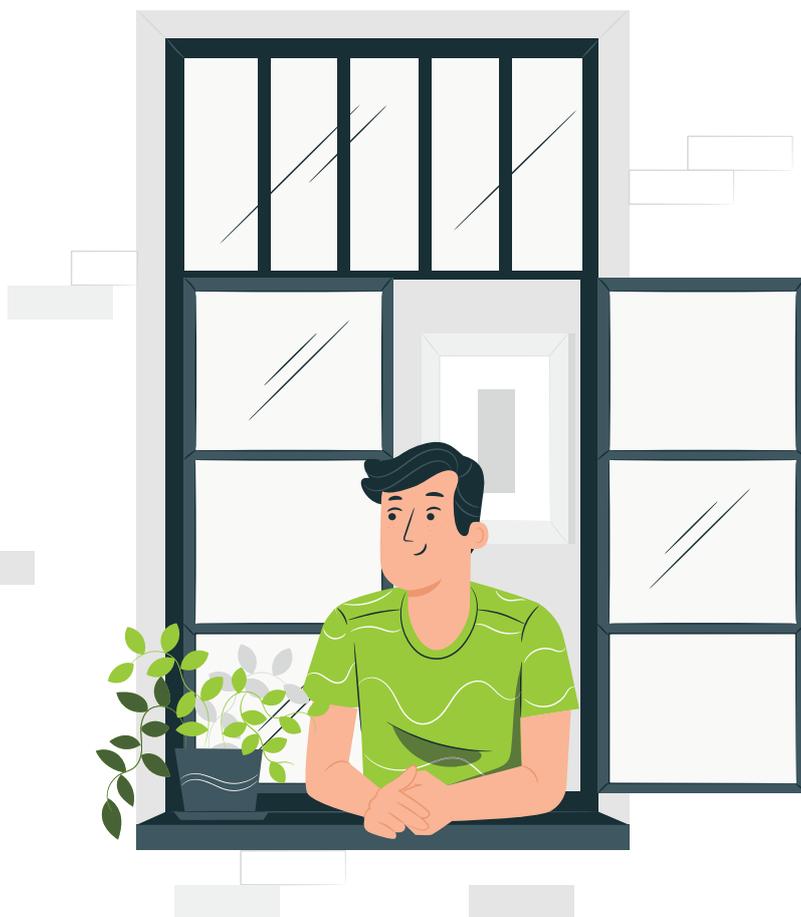
¿DURANTE CUÁNTO TIEMPO NECESITARÉ TENER LAS VENTANAS ABIERTAS?

Como se ha indicado anteriormente, dependerá del viento (dirección y velocidad) y de la orientación de la vivienda. Decimos que tenemos “ventilación unilateral” cuando todas nuestras ventanas tienen la misma orientación, y “ventilación cruzada” cuando estas se encuentran en fachadas con distintas orientaciones (Figura 1).

Para conocer cuánto tarda en renovarse el aire de una estancia desde el momento en el que se abre la ventana, vamos a medir cómo va disminuyendo la concentración de CO₂ en el interior.

Las medidas se toman en uno de los puntos peor ventilados¹ de un dormitorio mientras no está ocupado (es decir, no hay fuentes de CO₂ durante el tiempo en el que están las ventanas abiertas).

Utilizaremos esta medida como referencia porque la ocupación es la principal fuente contaminante del aire en viviendas y, como se explicará más adelante, el CO₂ es un buen indicador de los bioefluentes humanos.



VEREMOS VARIOS CASOS:

- ▶ Con y sin ventilación cruzada.
- ▶ Ventilando una única vez cada día, al levantarse, o si el día anterior se ha ventilado más de una vez.
- ▶ Variaciones observadas en días distintos con diferente velocidad del viento.



VENTILACIÓN CRUZADA



VENTILACIÓN UNILATERAL

Figura 1. Patrón de ventilación cruzada (izquierda) y ventilación unilateral (derecha).

¹ Una zona fuera del recorrido directo del aire al abrir las ventanas, sin llegar a ser un punto muerto

A) TENGO OPCIÓN DE VENTILACIÓN CRUZADA.

Observa la Figura 2: **La línea discontinua larga, gris**, muestra la concentración de CO₂ que hay en el ambiente exterior, por lo que será la concentración mínima hasta la que podamos disminuir la del aire interior. **La línea discontinua corta, negra**, muestra la concentración de CO₂ correspondiente a una calidad del aire interior óptima².

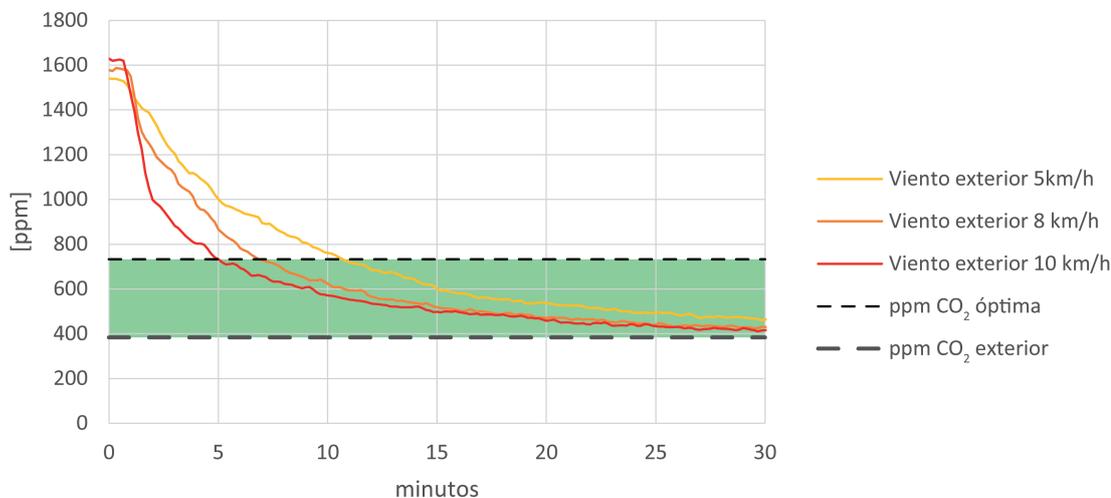


Figura 2. Evolución de la concentración de CO₂ en una habitación con ventilación cruzada al abrir ventanas una única vez al día.

En los casos en los que el viento es de 8 y 10 km/h, pasados 15 minutos ya se ha logrado una disminución de más de un 90% de la concentración de CO₂ en esa zona peor ventilada, mientras que si la velocidad del viento es de solo 5 km/h se requieren casi 20 minutos para alcanzar esa misma disminución. Si atendemos a los valores de concentración de CO₂ máximos recomendados para disponer de una calidad del aire interior óptima, estos se superan tras 5-10 minutos de ventilación, en todas las condiciones de viento estudiadas.

Pero lo más interesante es evitar alcanzar concentraciones tan elevadas de CO₂ en la vivienda (es decir, ventilar más de una vez al día). En la Figura 3, si observas la evolución de la línea verde, la cual parte de una concentración de CO₂ mucho menor, en 15 minutos se disminuye también un 90% la concentración de CO₂, pero alcanzando valores de esta mucho menores que los límites óptimos.

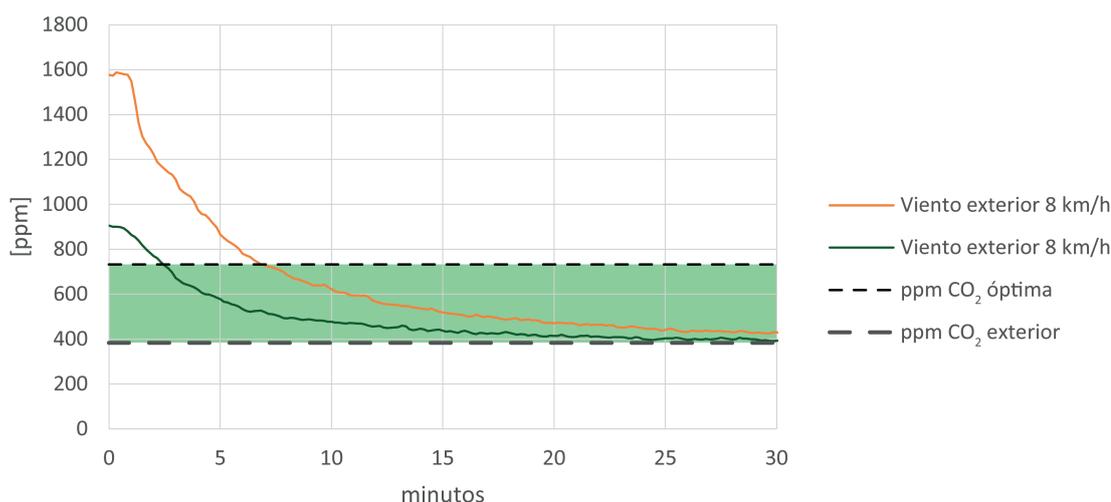


Figura 3. Comparación de la evolución de la concentración de CO₂ en una habitación con ventilación cruzada al abrir ventanas una única vez al día y habiendo abierto en ocasiones anteriores.

¡Cuidado! La concentración de CO₂ de partida será diferente en función de la ocupación y el uso que se le haya dado a la vivienda durante el día, no solo de cuántas veces y cuánto tiempo hayamos ventilado previamente. Estos gráficos son solo un ejemplo ilustrativo.

² Fijada, para edificios del sector terciario, en 350 ppm por encima de la concentración exterior de CO₂ para las aplicaciones más exigentes (según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios).

B) NO TENGO OPCIÓN DE VENTILACIÓN CRUZADA.

Como es de esperar, en el caso de tener ventilación unilateral en vez de cruzada, será preciso ventilar durante más tiempo.

Observa la Figura 4: con ventilación unilateral, se requieren 23 minutos para disminuir la concentración de CO₂ en un 90% respecto a la exterior, mientras que en ventilación cruzada, partiendo de una concentración semejante, bastan 14 minutos. Sin embargo, pasados 15 minutos también en el caso de ventilación unilateral se ha conseguido reducir la concentración interior a niveles considerablemente inferiores a la concentración establecida como óptima.

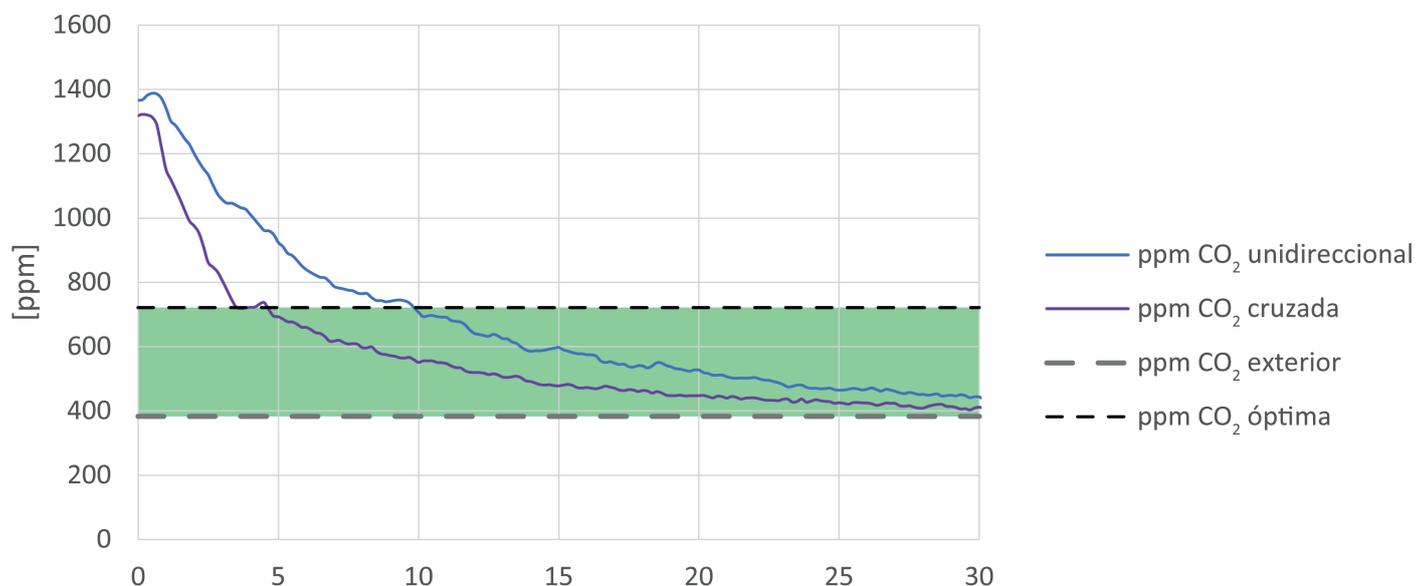


Figura 4. Evolución de la concentración de CO₂ en una habitación con ventilación unilateral frente a ventilación cruzada.

¿NECESITO COMPRARME UNA SONDA DE MEDIDA DE CO₂, O PUEDO FIARME DE MI OLFATO?

Es necesario tener presente que una baja concentración de CO₂ no está necesariamente asociada a una apropiada calidad del aire interior. Como se veía en capítulos anteriores de esta guía³, podemos esperar otros muchos contaminantes en el interior de las viviendas. Sin embargo, es un buen indicador de la emisión de biofluentes humanos y, dado que la ocupación humana es la principal fuente de contaminación del aire

en viviendas, también es un buen indicador del grado de ventilación. ¡Pero recuerda ventilar también después de un periodo de tiempo en el que la casa haya estado cerrada! (Por ejemplo, al volver de vacaciones); la medida de CO₂ será baja, pero el aire interior puede no ser tan saludable.

Por supuesto, muchas de estas ideas nos resultan intuitivas, ya que nuestro olfato es bastante buen indicador de la calidad del aire que respiramos. ¡Y eso que no percibe el CO₂, que es inodoro! Cuando volvemos de vacaciones, “huele a cerrado” (hay contaminantes procedentes del mobiliario y los acabados del edificio), también después de una reunión familiar o de amigos, “huele a hu-

manidad”. Por eso, si te retiras a una estancia distinta mientras se ventila un espacio y vuelves a él después de un rato, es muy probable que la sensación que tengas de renovación del aire sea bastante acertada (aunque debes tener presente que siempre un ambiente más fresco en temperatura nos tiende a resultar más saludable al olfato que uno más caluroso y húmedo).

Por lo tanto, se puede considerar que no es imprescindible comprar una sonda de CO₂ para controlar la ventilación de tu vivienda. Aunque, si recurres a esta opción, ten presente lo siguiente:

³ “¿Es saludable el aire que tengo dentro de mi casa?” (hace referencia al capítulo de ese nombre; igual puede llamarse: “Calidad del Aire Interior. ¿Es saludable el aire que tengo dentro de mi casa?”)

- Asegúrate de posicionar la sonda en una zona no excesivamente expuesta a la ventilación (es decir, fuera de las principales zonas por las que puede preverse el paso del aire al abrir las ventanas, como por ejemplo frente a estas) ni excesivamente estancada (por ejemplo, recodos de muebles), ya que la medida no será representativa.

- La precisión de muchas de las sondas ofertadas en el mercado no es muy buena; es decir, el valor dado de la concentración de CO₂ diferirá considerablemente del valor real. Pero, si dispones de ella, sí puede servirte para ver la concentración de CO₂ relativa durante la ventilación.

- Las mejores sondas son las que utilizan un sensor con tecnología de espectroscopía de infrarrojos.



¿PUEDO FIARME DE CÓMO CAMBIA LA MEDIDA DE LA TEMPERATURA?

Si estás pensando en guiarte por la medida de la temperatura del aire en la estancia ventilada, esta no será una opción muy fiable. Como puedes ver en la Figura 5, la medida de la temperatura se estabiliza con relativa rapidez, independientemente de las condiciones del viento, no resultando representativa para la caracterización de la ventilación (todos los casos se han realizado con una diferencia entre la temperatura interior y exterior de aproximadamente 10°C).

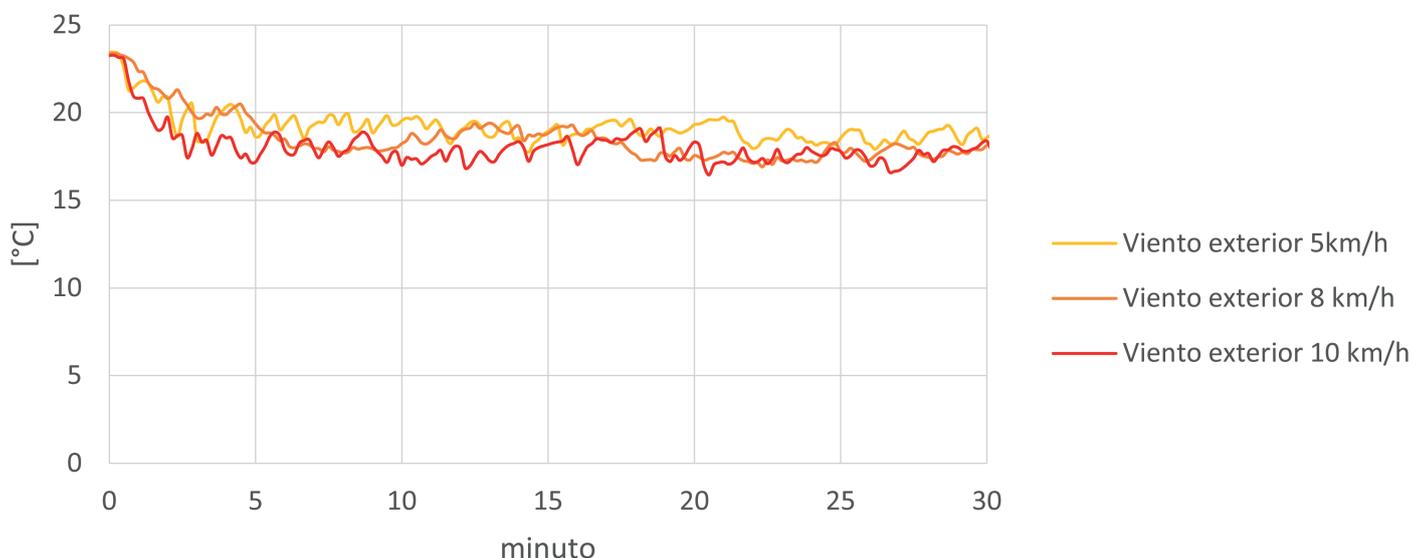
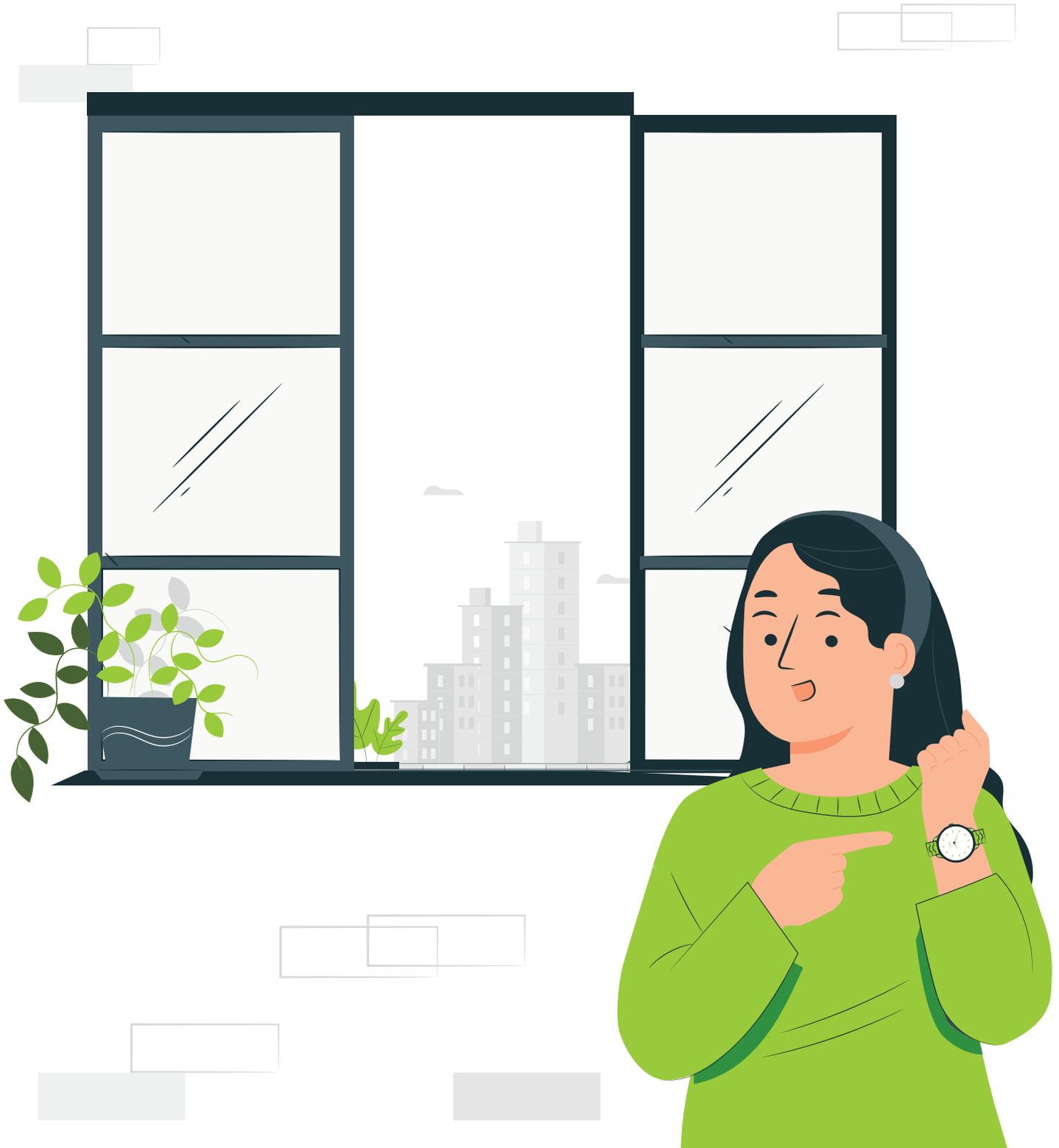


Figura 5. Evolución de la temperatura interior en una habitación con ventilación cruzada.

¿CUÁL ES EL MOMENTO IDÓNEO PARA VENTILAR?

En la recomendación inicial se indicaba la conveniencia de **evitar las horas de mayor tráfico**, pero eso dependerá de la localización de la vivienda. También convendrá **evitar aquellas horas en las que hay más polen**, si se es alérgico.

Otro factor importante, es la **estación del año** en la que nos encontremos. Así, **durante el verano, ventilar a primera hora de la mañana y última hora de la tarde, o incluso por la noche**, nos permitirá mejorar el ambiente térmico del hogar durante el día, si no tenemos aire acondicionado, o reducir el consumo energético de este, si disponemos de él. Esto no resulta tan evidente durante el invierno, ya que las temperaturas exteriores más suaves se producen durante las horas centrales del día, cuando seguramente ya tengamos en funcionamiento la calefacción. Además, siempre resulta agradable **ventilar al levantarnos, para mejorar nuestro bienestar**. Por lo tanto, **durante el invierno puede convenir ventilar un par de veces al día, al levantarnos y en las horas centrales del día**, durante tiempos más cortos.



Estas recomendaciones están planteadas solo para casos de ventilación natural en viviendas. Se trata de un pequeño estudio realizado sobre un único caso de una estancia de 14 m² con una ventana operable de 1,4 m², en una vivienda con opción de ventilación cruzada. Por lo tanto, los resultados son significativos solo a nivel cualitativo; los tiempos requeridos para la renovación del aire de una estancia cualquiera dependerán de la distribución particular de la vivienda en cuestión (patrones de flujo de aire), la ocupación y uso que se le ha dado previamente (concentración de CO₂ de partida) y las condiciones del viento de cada momento (velocidad y dirección, relativas a la orientación de la vivienda).

A continuación, se describen en detalle y se muestran los resultados de los ensayos realizados.

En todos los casos, la diferencia entre la temperatura interior y exterior era de aproximadamente 10°C. La velocidad del viento es la proporcionada por los servicios meteorológicos y se proporciona para servir de orientación; sin embargo, la velocidad del aire que entra a la vivienda no se corresponde necesariamente con esta, ya que es de esperar que la orientación de la vivienda no coincida con la dirección preferencial del viento. La Tabla 1 recoge las velocidades del aire registradas durante 2 minutos en cada uno de los casos mostrados en las figuras anteriores, así como las concentraciones de CO₂ de partida y exterior. Por claridad, en las figuras se ha representado solo la menor de las concentraciones de CO₂ exteriores.

Tabla 1. Concentraciones de CO₂ y velocidades del aire de referencia para cada ensayo mostrado.

CASO	Concentración de CO ₂		Concentración de CO ₂	
	Inicial (ppm)	Exterior (ppm)	Velocidad media (m/s)	Velocidad máxima (m/s)
Ventilación cruzada, 11 km/h (Figuras 2 y 5)	1630	394	0,36	0,72
Ventilación cruzada, 8 km/h (Figuras 2, 3 y 5)	1578	411	0,24	1,05
Ventilación cruzada, 8 km/h (Figura 3)	905	383	0,15	0,39
Ventilación cruzada, 5 km/h (Figuras 2 y 5)	1541	425	0,11	0,34
Ventilación cruzada (Figura 4)	1319	398	0,37	1,04
Ventilación unilateral (Figura 4)	1366	383	0,23	0,65

Las medidas se han realizado con las sondas indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de las sondas utilizadas en la medida de la ventilación.

VARIABLE	SONDA	PRECISIÓN	RANGO
Velocidad del aire	Anemómetro de molinete Testo 0635 9335	±(0,1 m/s + 1,5 % del v.m.)	0,25 - 20 m/s
Temperatura seca	Sonda Testo de IAQ 0632 1535	±0,5 °C	0 - 50 °C
Humedad relativa		±(1,8 %HR + 0,7 % del v.m.)	0 - 100%
Concentración de CO ₂		1 ppm	0 - 10000 ppm



 **GRUPO DE TERMOTECNIA**
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

termotecnia.gir.uva.es



@DeTermotecnia



@Grupo Termotecnia Uva

Condensaciones

¿CÓMO EVITO LA APARICIÓN DE HUMEDAD EN LAS PAREDES?

La humedad en diferentes puntos (paredes, suelo, techo) de un edificio puede originarse por factores externos y/o internos. Conocer estas causas nos permite evitarla.



Los factores externos son fenómenos naturales como el nivel freático, escorrentías, pluviometría, brisas marinas, etc.



Los factores internos se deben a cerramientos inadecuados para el aporte de vapor de agua interno de un edificio provocado por: la humedad en el aire exterior de ventilación, la presencia de personas, piscinas, duchas, etc.

 **GRUPO DE TERMOTECNIA**
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

Visita nuestra web: termotecnia.gir.uva.es

 @DeTermotecnia

 @Grupo Termotecnia Uva

PARA ACTUAR SOBRE LOS FACTORES EXTERNOS:



La normativa establece soluciones de impermeabilización, drenaje y evacuación (ver anexo al final del capítulo).

PARA CONTROLAR LOS FACTORES INTERNOS, ES NECESARIO:



Aislar térmicamente e impermeabilizar de forma adecuada al clima donde se ubica la vivienda.



Conocer qué actividades domésticas generan vapor, para evitar alcanzar condiciones en el aire interior próximas a saturación de humedad.



Ventilar adecuadamente los espacios para eliminar ese exceso de humedad. Esta solución sencilla es siempre viable en climas no excesivamente húmedos.



En todo caso, siempre puedes recurrir a un deshumidificador.

¿Necesitas más datos? ¡Echa un vistazo! >>>

REVISEMOS CÓMO EVITAR LA APARICIÓN DE CONDENSACIONES CAUSADAS POR LA HUMEDAD DEL INTERIOR DE LA VIVIENDA



Comencemos por el principio:

¿QUÉ ES LA CONDENSACIÓN?

El aire que nos rodea es “aire húmedo”; es decir, una mezcla de gases que no condensan a presión atmosférica (aire seco) y vapor de agua (humedad), que sí puede condensar. Normalmente, pensamos en la “cantidad de vapor” en el aire en términos de humedad relativa (HR), siendo una HR de 0% aire seco sin humedad y una HR de 100% aire saturado de humedad. Sin embargo, este parámetro no indica la “cantidad real” de vapor, ya que es relativo a la **máxima cantidad de vapor de agua** posible, que será mayor a mayores temperaturas. La cantidad real de vapor en el aire, son los gramos de agua por kilogramo de aire seco, para que se produzca niebla (aire saturado) en un clima cálido es mucho mayor que la cantidad que hay en el aire cuando la niebla aparece en invierno (si quieres profundizar en estas ideas, consulta el anexo).

Siempre, que el aire del interior de la vivienda no esté saturado de humedad (100% de humedad relativa), su contenido real de humedad se puede incrementar aportando vapor, como, por ejemplo: una ducha, la cocción de alimentos, planchado con vapor, ropa tendida en el interior, etc.

Cuanto mayor es la humedad relativa, más fácilmente puede condensar parte del vapor de agua en el aire cuando este se enfría. Es lo que observamos cuando el vapor condensa sobre la mampara de la ducha, la cual está más fría que dicho aire húmedo. Esto mismo es lo que sucede cuando aparecen condensaciones sobre los cerramientos: el aire con elevada humedad relativa entra en contacto con superficies más frías y parte del vapor del aire condensa sobre estas. La temperatura límite a la que tienen que estar las superficies para que el vapor condense al entrar en contacto con ellas se denomina “temperatura de rocío”, por analogía con el rocío en las plantas, que se produce por este mismo fenómeno.

La Tabla 1 proporciona la temperatura de rocío correspondiente a las condiciones del ambiente interior asociadas a espacios confortables.

TIPOS DE CONDENSACIONES EN CERRAMIENTOS: SUPERFICIALES E INTERSTICIALES

La condensación en un cerramiento puede ser superficial o intersticial:

La condensación superficial se produce cuando aparece agua en fase líquida **sobre la superficie** del cerramiento (suelo, pared o techo) que da al interior de la vivienda, procedente de la condensación del vapor de agua presente en el aire interior de la casa.

La condensación intersticial se produce cuando aparece agua en fase líquida **en cualquier parte interna del cerramiento**, procedente de la condensación del vapor de agua que se transfiere a través del cerra-

miento entre el interior y el exterior del edificio. En climas como los de Castilla y León, resulta crítica la transferencia de vapor desde el aire interior más cálido y húmedo hacia el exterior.



Figura 1: Condensación superficial sobre ventana.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

La condensación superficial en viviendas depende de los siguientes factores:

- El tipo de cerramiento.
- El aporte de vapor.
- La ventilación.

a) El tipo de cerramiento

Un cerramiento con buen aislamiento impide que la temperatura superficial interior se encuentre por debajo de la temperatura de rocío y, por tanto, evita que se produzcan condensaciones. Por esa razón se observa “vaho” sobre el espejo del cuarto de baño cuando nos duchamos o sobre el vidrio de ventanas de un cristal simple, pero no así sobre ventanas de vidrio doble con cámara de aire.

Puedes conocer más sobre el aislamiento de los cerramientos en el capítulo de esta guía “¿Cómo puedo proteger mi casa del frío y del calor?”.

¹ REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Tabla 1. Condiciones de temperatura y humedad de confort en los ambientes interiores y temperaturas de rocío correspondientes.

ESTACIÓN	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA ROCÍO (°C)
VERANO	23 - 25	45 - 60	10,4 - 16,7
INVIERNO	21 - 23	40 - 50	6,9 - 12,0

¿QUÉ TENEMOS QUE TENER CLARO HASTA AHORA?

► La condensación superficial sobre un cerramiento se produce si está muy frío (es decir, si su temperatura superficial se encuentra por debajo de la temperatura de rocío del aire del local), por lo que una solución es incrementar el aislamiento térmico del cerramiento.

Sin embargo, ciertas soluciones de aislamiento pueden implicar condensaciones intersticiales dentro del cerramiento, como se explicará más adelante.

b) El aporte de vapor

El aporte de vapor por actividad doméstica incrementa la humedad relativa del aire interior y por tanto favorece la condensación superficial. En la Tabla 2 se recogen valores de la aportación de vapor por actividad doméstica.

Al incrementarse la cantidad de vapor del aire dentro de los locales, este puede llegar a saturación. Si sucede esto, en invierno, como la cara interior de las fachadas y otros muros que lo separan del exterior siempre está a una temperatura inferior a la del ambiente interior, se producirán condensaciones.

Obsérvese este ejemplo: el aire a 23 °C y 50 % HR (para una altitud de 750 m sobre el nivel del mar, co-

rrespondiente a Palencia) contiene 9,6 gramos de agua por cada kg de aire seco, (la presión parcial de vapor en el aire húmedo es de 1,405 kPa, en estas condiciones). Para saturar este aire es necesario aportar 9,9 g agua/kg aire seco, (La presión parcial de vapor en el aire húmedo es de 2,810 kPa, cuando se satura).

El vapor de agua que se aporta en un local se supone que se difunde de forma homogénea por todo el local; para un aporte determinado,

la condensación es inversamente proporcional al volumen del local, de forma que los locales grandes tienen menos posibilidades de condensación que los pequeños para una misma actividad. En la figura 2 se puede ver lo que supone incrementar 100 g de vapor de agua en un local de 10 m³ y en uno de 20 m³, partiendo de unas condiciones iniciales de 23 °C y 50 %HR.

Tabla 2. Producción de humedad por actividades domésticas:

PRODUCCIÓN DE HUMEDAD POR ACTIVIDADES DOMÉSTICAS	
ACTIVIDAD DOMESTICA	TASA DE PRODUCCIÓN DE HUMEDAD
Cocinar (cocina eléctrica)	2.000 g/día
Cocinar (cocina gas)	3.000 g/día
Lavado de platos (a mano)	400 g/día
Baño/ducha/lavabo	200 g/día persona
Lavado de ropa (a mano)	500 g/día
Secado de ropa (en el interior)	1.500 g/día persona

PRODUCCIÓN POR NÚMERO DE MIEMBROS EN LA CASA			
NÚMERO DE PERSONAS	ÍNDICE DE PRODUCCIÓN KG/DÍA SEGUN TIPO DE OCUPACIÓN		
	SECA ¹	HÚMEDA ²	MOJADA ³
1	3,5	6	9
2	4	8	11
3	4	9	12
4	5	10	14
5	6	11	15
6	7	12	16

1- Ocupación seca. el hábito de los ocupantes limita la producción de humedad: incluye hogares desocupados, durante el día, da lugar a una presión de vapor interna de hasta 0,3 kPa sobre la presión de vapor exterior. **2- Ocupación húmeda.** es cuando la humedad interna es superior a lo normal, incluye una familia con niños, da lugar a una presión de vapor interna de entre 0,3 kPa y 0,6 kPa sobre la presión de vapor exterior. **3- Ocupación mojada** es cuando hay una alta generación de humedad: incluye una familia con hijos, ropa secándose en el interior, da lugar a una presión de vapor interna superior a 0,6 kPa sobre la presión de vapor exterior.

² UNE-CEN/tr 14788 IN, Ventilación de edificios, diseño y dimensionamiento de los sistemas de ventilación en viviendas. AENOR 2007.

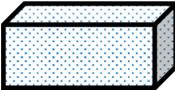
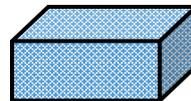
INICIAL	APORTE DE VAPOR DE AGUA	FINAL
Local de 10 m ³		
	+ 100 g de vapor de agua	
Local de 20 m ³		
	+ 100 g de vapor de agua	

Figura 2: Cómo varía la humedad relativa en función de la aportación y el volumen del local.

Siguiendo con el ejemplo anterior, el aire seco a 23 °C y 50 %HR tiene una densidad de 1,08 kg/m³, por lo que cada metro cubico del local admite casi 10,7 g_{agua}/m³_{aire}. Suponiendo una altura estándar del local de 2,5 m, se puede establecer el vapor de agua en gramos que se puede aportar por superficie del local para saturar el aire y que se produzcan condensaciones superficiales, tal y como se indica en la figura 2.

c) La ventilación

La ventilación es la forma natural y sencilla de eliminar la humedad del interior de las viviendas, incluso en aquellas zonas climáticas húmedas. Es importante, evitar zonas de remanso donde el aire no sea renovado por aire exterior. En las climatologías de Castilla y León la ventilación es un método efectivo de reducir la humedad del aire interior. De hecho, una situación habitual de aparición de condensaciones es tras la sustitución de ventanas; cuando esto sucede, es porque las ventanas originales eran poco estancas y permitían la infiltración de aire exterior, generando una ventilación adicional que las nuevas ventanas impiden.

En un edificio de viviendas nuevo que cumpla con los requerimientos legislativos actuales del Código Técnico de la Edificación (CTE), en cuanto a aislamiento de los cerramientos y ventilación, se garantiza que no se produce condensaciones superficiales siempre que la humedad relativa sea interior al 80%. El CTE considera que cuando dentro del local se superan el 80 % de hu-

medad relativa es porque dentro del local tiene lugar alguna actividad puntual, como duchas, baños, cocinado, etc. en estas situaciones puntuales, para evitar la condensación se debe utilizar la ventilación circunstancial (es decir, abrir las ventanas) para reducir la humedad relativa en la vivienda o cualquier otro método que reduzca la humedad en el local.

El estudio de la humedad relativa en el interior de un local ventilado, requiere realizar un balance de los flujos de vapor de agua que existen en el local. Se pueden considerar tres flujos: el vapor aportado en el aire entrante de ventilación, el vapor generado en el local y el vapor saliente por ventilación. La diferencia entre la masa de vapor entre el aire que sale del local y el que entra determina la cantidad de vapor que se puede generar sin que exista riesgo de incrementar la humedad relativa del local (figura 3).

Por lo tanto, el vapor de agua que puede extraer la ventilación depende de tres términos: a) el caudal de

aire de ventilación, b) la humedad relativa del aire exterior y c) las condiciones interiores del local.

Considera, a modo de ejemplo, un dormitorio con una ventilación de 8 l/s de aire exterior, ubicado en una zona con temperatura exterior de 10 °C y 40% HR; en este caso, el aire exterior se caracteriza por tener 3,3 g_{vapor de agua}/kg_{aire seco} y una densidad del aire es 1,1375 kg/m³. Esto supone introducir en la vivienda 0,03003 g_{vapor de agua}/s mientras se ventila.

Suponiendo una ocupación de 2 personas en una vivienda y suponiendo un aporte de vapor de 6 kg al día (según los datos de la tabla 2), resulta una aportación de 0,1042 g_{vapor de agua}/s. Si se admite que la temperatura interior de la vivienda es 23 °C, resultaría que el dormitorio alcanzaría en torno al 60 % HR.

Si quieres profundizar en la determinación de estos valores, te animo a que te adentres en el intrigante mundo de la psicrometría, en el anexo del final de esta guía.

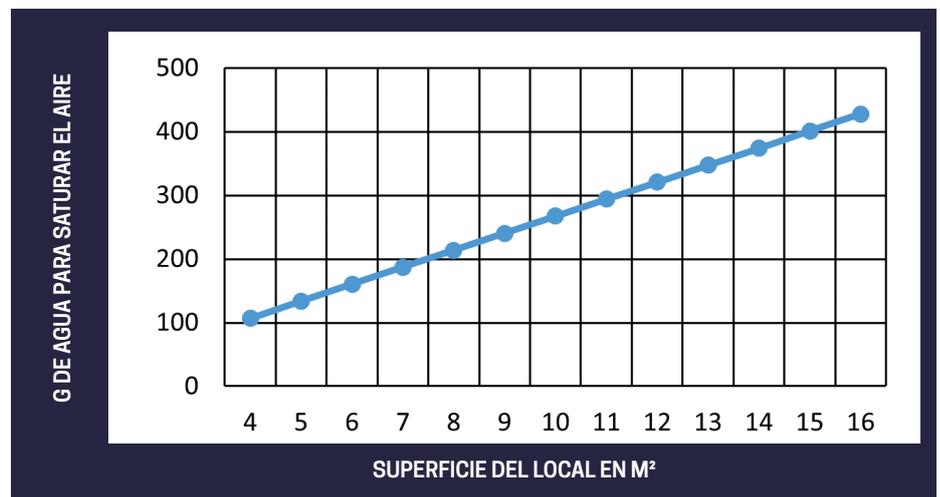


Figura 3: aporte de vapor al local para alcanzar la saturación frente a la superficie.

¿QUÉ CONCLUSIÓN PODEMOS EXTRAER DE ESTE APARTADO?

► Cuando en los locales se realizan actividades que supongan un incremento importante de vapor de agua, se debe incrementar la ventilación con la apertura puntual de ventanas, poner en funcionamiento extractores de aire; cuando el local donde se genere el vapor de agua no tenga ventanas (por ejemplo, un aseo), fomentar la transferencia de aire entre estancias, abriendo las ventanas de espacios próximos para favorecer que el aire salga por el shunt.

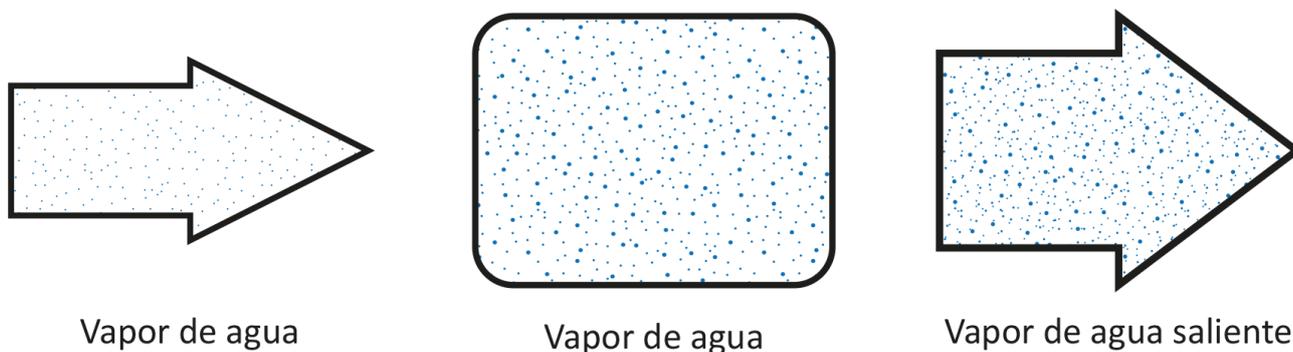


Figura 4: Balance de vapor de agua en la vivienda, considerando la ventilación.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA CONDENSACIÓN INTERSTICIAL

La condensación intersticial tiene lugar en el interior del cerramiento y se considera como algo negativo cuando causa alteraciones en los elementos que lo constituyen. De ahí la importancia de la resistencia de los diferentes aislantes a la humedad. Por ejemplo, si condensa agua sobre un aislante de poro abierto como el poliestireno expandido, se altera la conductividad térmica del material, empeorando la transmitancia térmica del cerramiento en su conjunto (“pierde capacidad de aislar”). Como consecuencia, en el interior se notarán más los cambios de temperatura externos.

La condensación intersticial depende de la permeabilidad al vapor de agua de las capas que forman el cerramiento y de la diferencia de presión de vapor entre el interior y el exterior. La permeabilidad al vapor es una característica de los materiales que indica la facilidad que tiene un material para dejar pasar

el vapor a través de él. En caso necesario, es posible colocar barreras de vapor para controlar la permeabilidad del cerramiento.

El estudio de la condensación intersticial es complejo y depende de cada edificio y climatología. La colocación de una barrera impermeable, como láminas de aluminio o papel impermeable, entre otras (figura 4), debe hacerse siempre sobre la

cara caliente del aislante. Como en Castilla y León el vapor condensado intersticialmente se debe al vapor que se transfiere por el cerramiento desde el interior al exterior en invierno, la barrera impermeable se colocará en la cara interior del aislante (hacia el interior de la vivienda). Sin embargo, esta actuación no es evidente en edificios ya existentes, por la limitación técnica de acceder a la capa de aislante.



Figura 5. Panel semirrígido de Lana de Vidrio ISOVER, no hidrófilo, revestido por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor (fuente de imagen: ISOVER).

Las condensaciones intersticiales se producen análogamente a las condensaciones superficiales: si en cierta capa del cerramiento la temperatura es inferior a la temperatura de rocío del aire; aunque, en este caso nos referimos a la temperatura de rocío del aire con la concentración de vapor que ha podido atravesar el cerramiento hasta esa capa. Por ejemplo, en un cerramiento típico con cámara de aire, cuando la temperatura exterior es de -3°C existe riesgo de condensación intersticial. Si se mejora el aislamiento mediante insuflado de fibra de vidrio en la cámara de aire o acoplando ese mismo espesor de aislamiento por el interior, sigue existiendo riesgo de condensación intersticial. Ese riesgo de condensaciones intersticiales tan solo desaparecerá si se aísla por el exterior.

CONCLUSIÓN QUE EXTRAEMOS DE ESTE APARTADO...



► Es necesario valorar los distintos escenarios para establecer soluciones de aislamiento diferentes, según el tipo de edificio y la climatología de la localidad donde se encuentre. Si existe condensación intersticial se debe introducir una barrera impermeable entre el elemento que sufra condensación y el interior del local, suponiendo que la transferencia de vapor es siempre del interior de la vivienda al exterior (esto es correcto en climas fríos, pero no así en climas tropicales).

SI QUIERES AMPLIAR TUS CONOCIMIENTOS SOBRE LA HUMEDAD EN EDIFICIOS, ECHA UN VISTAZO A LAS SIGUIENTES NORMATIVAS:

- El Documento Básico, Salubridad, Protección frente a la humedad establece los requerimientos que deben tener: los muros, suelos, fachadas y cubiertas, en función de las diferentes condiciones a las que pueden estar sometidos, marca las soluciones que agrupa en: construcción, impermeabilización, drenaje/evacuación y ventilación.
- El Documento Básico DB-HE-2, Ahorro Energético, Condiciones para el control de la demanda energética y el Documento de Apoyo DB-HE/2, Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos que establece el procedimiento para determinar este tipo de condensaciones, también es conveniente tomarlos en consideración.

³ CTE-DB-SH-1 "Protección frente a la humedad" Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Secretaría General de Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid, 20 diciembre 2019 <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>

⁴ CTE-DB-HE-2 "Condiciones para el control de la demanda energética" Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Secretaría General de Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid, 20 diciembre 2019. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>

⁵ CTE-DA-DB-HE-2 "Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos" Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Secretaría General de Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid, 20 diciembre 2019. https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-2_-_Condensaciones.pdf

Adentrémonos en el mundo de la Psicrometría

La rama de la ciencia que estudia las propiedades del aire húmedo, compuesto por la mezcla de aire seco y de vapor de agua, es la "Psicrometría".

EL AIRE HÚMEDO Y SUS PROPIEDADES

El aire húmedo está compuesto por una mezcla de gases como el Oxígeno (O_2), Nitrógeno (N_2) y, en menor proporción, gases nobles (como el argón, Ar), dióxido de carbono (CO_2), y vapor de agua. Exceptuando al vapor de agua, todos los componentes del aire se encuentran prácticamente en proporción invariable, ya que no condensan en las posibles presiones atmosféricas.

Para caracterizar el aire húmedo necesitamos conocer tres propiedades: una es la presión (P), que viene dada por la altitud de la localidad en la que nos encontremos; habitualmente proporcionamos también la temperatura del aire (estrictamente se denomina "temperatura seca" del aire), T_s ; y, finalmente necesitaremos conocer una tercera variable que caracterice la cantidad o proporción de vapor en la mezcla aire húmedo.

Para esta tercera variable, podemos recurrir a distintas propiedades; en este documento hemos hablado de estas tres:

- **Humedad relativa (HR):** relaciona la presión que ejerce el vapor en la mezcla, frente a la que ejercería si el aire estuviera saturado de humedad; o, a efectos, la proporción de humedad en el aire frente a la máxima que podría contener.
- **Humedad específica (w):** es lo que hemos denominado "cantidad real de humedad", ya que indica los gramos de vapor de agua por cada kilogramo de aire seco.
- **Temperatura de rocío (Tr):** Es la mínima temperatura a la que se puede enfriar el aire, manteniendo la humedad específica constante; o, lo que es lo mismo, sin que se produzca condensación del vapor. Es decir, es la temperatura seca del aire saturado de humedad (HR 100%) para una humedad específica determinada (w).

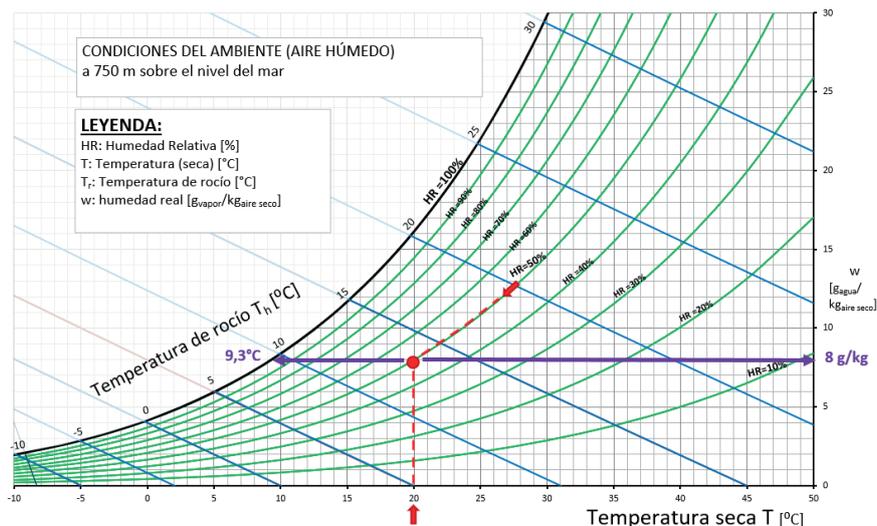
Cuando aumenta la T_s , para mantener la HR fija es necesario incrementar la cantidad de vapor en el aire; es decir, la humedad específica. Observa los siguientes ejemplos para una altitud de 800 metros sobre el nivel del mar:

- Aire a 10 °C y 50 % HR tiene 4,1 g de agua por kg de aire seco ($w=4,1 \text{ g/kg}_{\text{gas}}$)
- Aire a 25 °C y 50 % HR tiene 10 g de agua por kg de aire seco ($w=10 \text{ g/kg}_{\text{gas}}$)

Como se ha visto, puede disminuirse la cantidad de vapor (humedad específica) poniendo en contacto el aire con una superficie fría que se encuentre por debajo de la temperatura de rocío (T_r):

- Un aire a 20 °C y 50 % HR, tiene una temperatura de rocío de 9,3 °C; con la misma humedad específica ($w=8 \text{ gagua/kgaire seco}$), el aire a 9,3 °C tiene 100 % HR.

Para "navegar" por la psicrometría, puedes usar este diagrama:



Fíjate que es fácil de usar: busca la temperatura sobre el eje horizontal y la humedad relativa sobre las curvas; desde el punto resultante, muévete hasta el límite izquierdo para leer la temperatura de rocío y hasta el derecho para obtener el contenido de humedad.

¡Cuidado! Este diagrama es válido para localidades que se encuentren aproximadamente a 750 m sobre el nivel del mar. Sería óptimo para Palencia y válido para Salamanca, Valladolid e incluso Burgos, León o Zamora; el error cometido para Ávila, Soria o Segovia sería muy pequeño. Para la altitud de Ávila, a 1130 msnm, la temperatura de rocío en esas condiciones sigue siendo aproximadamente la misma, mientras que el contenido de humedad sería ligeramente superior: 8,3g/kg.



 **GRUPO DE TERMOTECNIA**
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

termotecnia.gir.uva.es



@DeTermotecnia



@Grupo Termotecnia Uva

Mejoras de la envolvente

¿CÓMO PUEDO PROTEGER MI CASA DEL FRÍO Y DEL CALOR?



El aislamiento del hogar puede ayudar de manera efectiva a reducir el consumo energético y disminuir el impacto de la huella de carbono. Las directivas europeas promovidas en materia de eficiencia energética en edificios se orientan hacia la rehabilitación energética de los edificios existentes.



Se puede mejorar la envolvente (el aislamiento) del hogar sustituyendo las ventanas o añadiendo un aislante en muros exteriores y cubiertas.



En muros exteriores se puede actuar sobre la superficie exterior, la interior o, de existir, sobre la cámara de aire.



Una propuesta alternativa puede ser recurrir al sombreado de ventanas en verano.



GRUPO DE TERMOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

Visita nuestra web: termotecnia.gir.uva.es

 @DeTermotecnia

 @Grupo Termotecnia Uva

POR LO TANTO, ATIENDE A LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:



Respecto a añadir aislante a los muros y cubiertas, y aunque cada opción tiene sus ventajas e inconvenientes, en viviendas y desde el punto de vista térmico conviene actuar sobre el exterior.



“Aislar más” permite reducir las necesidades de calefacción en invierno, pero su efecto favorable en verano no es tan evidente; un exceso de aislamiento puede provocar sobrecalentamiento o puede impedir la disipación de calor durante la noche en verano.



En verano, conviene disponer de elementos de sombra.
Pero recuerda que las cortinas o persianas interiores no impiden la entrada de radiación en la casa.



En invierno, cerrar las persianas contribuye a reducir las pérdidas de calor por las ventanas.
En verano, durante el día es preferible que no estén bajadas del todo y que por la noche estén levantadas.

¿Quieres entender por qué? ¡Sigue leyendo! >>>

MEJORAS EN VENTANAS Y PUERTAS

La Figura 1 recopila las opciones de actuación sobre huecos (ventanas y puertas), reflejando sus ventajas e inconvenientes. Se distingue entre actuaciones que afectan al aislamiento que suponen dentro de la envolvente y aquellas que buscan reducir la radiación solar incidente en verano (sombreamiento).

Dentro de las opciones de sombreadamiento, ten presente lo siguiente:

- Las cortinas y otros elementos de sombra interiores, aunque evitan que la radiación directa afecte a los espacios ocupados, no impiden la entrada de la radiación a la vivienda, transformándose esta en una carga térmica (ganancia de calor) en el interior.

- Las persianas exteriores habituales, presentan ventajas e inconvenientes. En invierno, las persianas cerradas reducen las pérdidas de calor por transmisión y por disipación radiante. Conviene por lo tanto mantenerlas cerradas fuera de las horas de luz.

- En verano, al cerrar las persianas totalmente durante las horas de más calor no se permite la renovación del aire estancado entre la persiana y la ventana, creando una cámara de aire caliente. Conviene por lo tanto que no estén totalmente bajadas.

- Por la noche, mantener las persianas levantadas favorece la disipación de calor por radiación hacia la bóveda celeste. Sucede lo mismo con los toldos: conviene recogerlos durante la noche para favorecer la disipación de calor desde la vivienda por radiación. Es la misma idea que el hecho de que refresque más durante las noches despejadas que nubladas: los toldos, al igual que las nubes, actúan como apantallamiento, reduciendo la llegada de la radiación del sol durante el día, pero también limitando la disipación por



calor radiante desde la fachada durante la noche.

- Durante el día, los toldos tienen un efecto similar a las antiguas persianas alicantinas enrollables, ya que impiden la entrada de la radiación directa sin impedir el movimiento de aire (también cuando este supone un flujo de aire fresco hacia el interior de la vivienda).

- Aunque habitual (a menudo con fines acústicos), la instalación de segundas ventanas puede resultar perjudicial en verano si se trata de fachadas con gran insolación, ya que genera “efecto invernadero”, transmitiéndose gran cantidad de calor desde el aire entre ventanas hacia el interior de la vivienda.

A la hora de sustituir las ventanas completas, considera:

- La mejora en la eficiencia energética se debe tanto al aislamiento de la ventana como a la estanqueidad de la misma. Aperturas correderas son más permeables y suponen infiltraciones de aire incontroladas, con las consiguientes pérdidas energéticas.

- Las carpinterías de madera aíslan bien, pero también son muy permeables al aire

- Las carpinterías metálicas pueden competir en aislamiento con las de PVC, pero deben disponer de Rotura de Puente Térmico (RPT). Una ven-

taja de la carpintería metálica es su posible reciclado futuro, lo cual es clave en un contexto de economía circular.

- El vidrio es un punto crítico ya que conforma el mayor porcentaje de la ventana y su conductividad térmica es muy elevada. Por eso se recurre a vidrios dobles con cámara de aire. El vidrio puede mejorarse aún más, utilizando cámaras de argón en vez de aire y mediante tratamientos del vidrio para controlar el paso de la radiación térmica. Se denominan “vidrios bajo emisivos” a los que permiten la entrada de la radiación solar pero no la salida de la radiación térmica que emiten las superficies del interior de la vivienda; por lo tanto, interesan en climatologías frías. La opción contraria en la que el tratamiento del vidrio reduce la entrada de la radiación solar, puede ser interesante para ventanas muy expuestas a la radiación solar en climas calurosos.

- Otro punto crítico es la caja de persiana: debe estar debidamente aislada y ser suficientemente estanca.

Dispones de más detalles en el anexo de este capítulo.

SOMBREAMIENTO

ELEMENTOS DE SOMBRA DEL EDIFICIO, FIJOS Y MÓVILES RETRANQUEOS, VOLADIZOS, SALIENTES LATERALES, LAMAS ORIENTABLES

- Normalmente se incorporan en el diseño del edificio, siendo compleja su incorporación posterior

INSTALACIÓN DE TOLDOS Y SOMBRILLAS

+ Instalación sencilla
+ Ajustables según necesidad

PERSIANAS EXTERIORES

+ Puede intervenir sólo en el exterior.
- Estando totalmente bajadas, crean una cámara de aire caliente estanca.

CORTINAS Y PERSIANAS INTERIORES

+ Actuación simple.
- No evita la ganancia de calor.

AISLAMIENTO

SUSTITUCIÓN DE CARPINTERÍAS Y VIDRIOS

- Instalación
+ Aislamiento térmico y acústico

INSTALACIÓN DE SEGUNDA VENTANA

- Instalación
+ Aislamiento térmico y acústico
- Impacto estético y limitación de mantenimiento
- Desfavorable en verano para fachadas soleadas

SUSTITUCIÓN DE VIDRIOS

(Usualmente sólo en el caso de vidrios rotos o dañados)
+ Más económico que sustituir el hueco
- Limitado por la carpintería

REDUCCIÓN DE FILTRACIONES

- Sellado de rendijas (carpintería-pared)
- Colocación de burletes de espuma o caucho (carpintería)



Figura 1. Opciones de actuación sobre ventanas y puertas



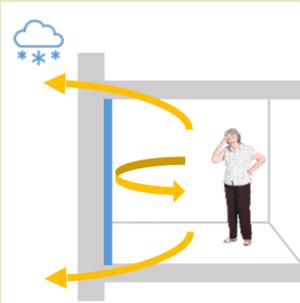
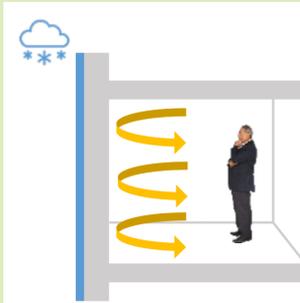
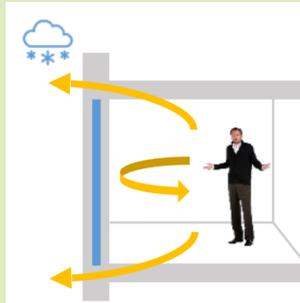
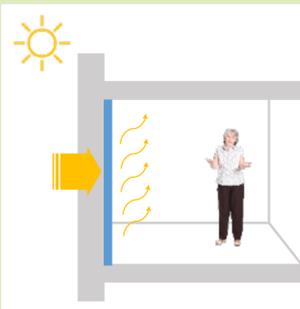
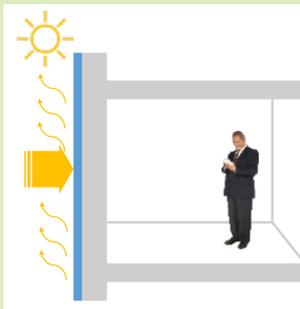
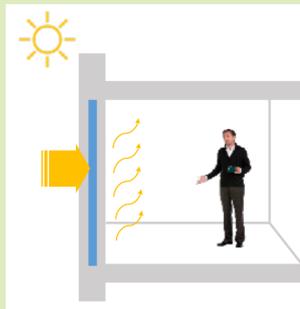
Figura 2. Efecto de toldos instalados en vivienda.

AISLAMIENTO ADICIONAL DE MUROS EXTERIORES Y CUBIERTAS

De forma global, existen tres opciones de mejora del aislamiento de los muros exteriores (lo que se llama “envolvente” del edificio): según se coloque un aislamiento adicional sobre la superficie interior, sobre la superficie exterior, o se inyecte en una cámara de aire existente. En cubiertas, el aislamiento también puede realizarse tanto por el interior como por el exterior. Todas las opciones tienen ventajas e inconvenientes, por lo que debe estudiarse cada caso de forma particular según las características del muro, la climatología y las circunstancias de los vecinos implicados.

Sin embargo, salvo por el coste y el hecho de que, en bloques de viviendas, precisa de acuerdo entre los

Tabla 1. Mejoras del aislamiento de fachadas

	POR EL INTERIOR	POR EL EXTERIOR	EN CÁMARA DE AIRE
GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> + Es rápido + Es económico - Disminuye la superficie útil de la vivienda. - Es una reforma “molesta”. + Se puede hacer de forma individual (no requiere acuerdo entre vecinos). 	<ul style="list-style-type: none"> + No se molesta a los habitantes durante la colocación. - Es más caro. - En comunidades de vecinos, requiere de acuerdo. -/+ Supone impacto estético (puede ser favorable). 	<ul style="list-style-type: none"> + Es rápido + Es económico +/- No afecta a la apariencia exterior del edificio. - Solo es aceptable en cerramientos que dispongan de cámara de aire. - La actuación es compleja para evitar que queden zonas sin aislar. +/- La intervención puede ser por el interior o por el exterior; por el interior puede suponer molestias. - No se puede acceder al aislante con posterioridad para inspección o mantenimiento.
INVIERNO	<ul style="list-style-type: none"> - Deja zonas sin aislar (no elimina los puentes térmicos) - Puede existir riesgo de condensaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> + Asegura la eliminación de puentes térmicos (no deja zonas sin aislar). + Es más improbable que suponga condensaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deja zonas sin aislar (no elimina los puentes térmicos) - Puede existir riesgo de condensaciones. 
VERANO	<ul style="list-style-type: none"> - Deja zonas sin aislar (no elimina los puentes térmicos) - Puede existir riesgo de condensaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> + Asegura la eliminación de puentes térmicos (no deja zonas sin aislar). + Es más improbable que suponga condensaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deja zonas sin aislar (no elimina los puentes térmicos) - Puede existir riesgo de condensaciones. 

vecinos de la comunidad, la opción de aislamiento por el exterior es la más adecuada en general. Esto es porque, por un lado, no deja zonas sin aislar (es decir, no aparecen puentes térmicos que suponen un paso preferente del flujo de calor, principalmente en invierno). Pero además, tal y como se indicaba en las recomendaciones, la acumulación de calor en la capa de aislamiento en verano puede ser contraproducente, por lo que es preferible que esto se produzca en la capa exterior, evitando que se acumule en las capas más interiores del cerramiento, para disiparse después por la noche principalmente hacia el exterior de la vivienda.

En el caso de realizarse obra en la vivienda para su rehabilitación, debe revisarse la posible presencia de materiales nocivos como el amianto.

A continuación, se revisan las distintas opciones de mejora de la envolvente en fachadas, suelos y cubiertas, así como las asociadas a las ventanas y puertas de la vivienda.

a) Mejoras de fachadas

La Tabla 1 recopila las ventajas e inconvenientes asociados a las distintas opciones de mejora del aislamiento de fachadas.

A la hora de optar por un aislamiento térmico de fachadas por el interior, debe considerarse la instalación de una barrera antivapor, dependiendo de la climatología. Las opciones de aislamiento más recomendadas son: trasdosado de placa de yeso laminado con material aislante entre la hoja exterior y la interior (usualmente lana de vidrio o lana de roca); La instalación de doble hoja cerámica es similar a la anterior, pero presenta más riesgo de puentes térmicos y acústicos.

Para el insuflado en cámara puede recurrirse a lana mineral (de vidrio o

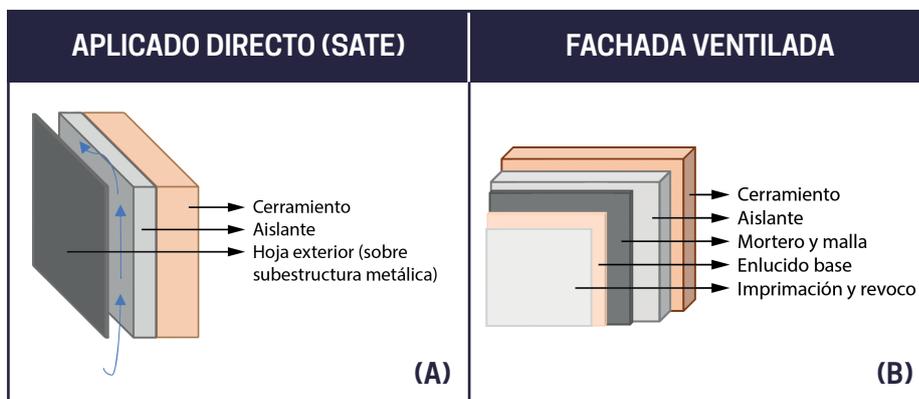
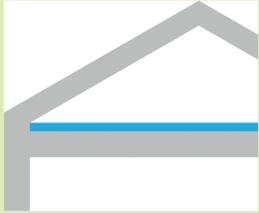
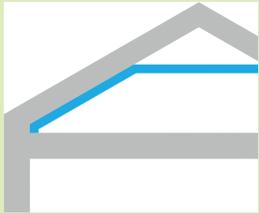
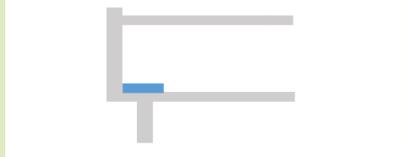


Figura 3. Esquema de la composición de (a) aplacado exterior SATE y (b) fachadas ventiladas.

Tabla 2. Opciones de aislamiento de cubiertas y suelos [fuente de imágenes: ISOVER].

	POR EL INTERIOR	ENTRECUBIERTA
CUBIERTAS	<ul style="list-style-type: none"> + No molesta su colocación + No deja puentes térmicos - Es más caro 	<ul style="list-style-type: none"> + Es más rápido + Es económico + No molesta su colocación. - No siempre hay entrecubierta - No elimina puentes térmicos  
	SUELOS	<ul style="list-style-type: none"> + Única opción para suelos en contacto con el terreno. + Es más caro (nuevo suelo) + La intervención es molesta 

¹Véase el correspondiente capítulo de esta guía dedicado al riesgo de condensaciones: ¿Cómo evito la aparición de humedad en las paredes?

de roca), celulosa o poliestireno expandido, en formato para ser insuflado. Interesa especialmente que el material no absorba agua y no asiente con el tiempo para que no se creen nuevos puentes térmicos; en este sentido, la lana mineral sería la mejor opción, además de que presenta buena resistencia contra incendios. También en este caso debe estudiarse cuidadosamente el riesgo de aparición de condensaciones.

La opción más habitual de aislamiento por el exterior es el aplacado directo de un aislante (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior, SATE). Las placas de aislante pueden ser de materiales diversos: poliestireno expandido (EPS), poliestireno extruido (XPS) o lana mineral. Debe prepararse la fachada con los soportes necesarios para anclar el aislante y, tras su colocación, se reviste y equipa con una malla para conferirle resistencia mecánica y protección frente al ambiente exterior. El acabado exterior puede ser un revoco o un aplacado de cerámica u otros materiales (Figura 3).

Pero también existe una solución alternativa: la incorporación de una fachada ventilada. Consiste en la creación de una cámara de aire sobre la fachada, una vez aislada esta, en la que el aire en invierno se mantiene relativamente estancado, mientras que en verano al calentarse se genera “efecto chimenea”, de forma que el aire en esa cámara se renueva continuamente, evitando el sobrecalentamiento (el efecto de las fuerzas de empuje que hacen que el fluido se mueva por lo que se denomina convección natural). Esta opción resulta por lo tanto más interesante en verano, especialmente en fachadas muy soleadas. Sin embargo, se trata de una solución mucho más costosa por lo que es menos habitual en viviendas.

b) Mejoras en cubiertas y suelos a exterior

La Tabla 2 recopila las opciones de mejora de suelos a exterior y cubiertas, sus ventajas e inconvenientes.

El aislamiento de las cubiertas es de gran relevancia por ser la zona más expuesta. La Figura 4 ilustra las opciones de aislamiento indicadas para cubiertas. En entrecubiertas no habitables, conviene revisar el estado del aislamiento (Figura 4)

El aislamiento de suelos en contacto con el ambiente exterior de bloques de viviendas puede requerir el consenso de la comunidad de vecinos (Figura 5).



Figura 4. Aislamiento en mal estado en entrecubierta no habitable.



Figura 5. Aislamiento térmico de suelos por el exterior.

Este anexo puede ser útil si quieres saber cómo de aislante es tu cerramiento (es decir, cuál es el valor de su **transmitancia**), cómo podría verse mejorado con las mejoras propuestas y cuáles son las expectativas en edificios de nueva construcción.

La transmitancia del cerramiento es la potencia calorífica que puede atravesar cada m², por cada grado Celsius de diferencia de temperaturas que haya entre el interior y el exterior. El valor de la transmitancia exigido para un cerramiento de una vivienda depende de la climatología de la localización particular (será más exigente cuanto más severos sean los inviernos). Para España, la normativa actual (Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE Ahorro de Energía, en su actualización del RD 732/2019) clasifica los climas peninsulares en invierno de la A (más suaves) a la E (más severos). Las capitales de provincia en Palencia, Salamanca, Segovia, Valladolid y Zamora están clasificadas como "D", mientras que las de Ávila, Burgos, León y Soria tienen clasificación "E". Según la altitud sobre el nivel del mar, otras localidades pueden tener clasificación diferente respecto a la de la capital de provincia. Así, por ejemplo, Cuéllar (Segovia), Béjar (Salamanca) o Aguilar de Campoo (Palencia), están clasificadas como "E", mientras Miranda de Ebro (Burgos) tendría categoría "D"; sin embargo, toda la provincia de León está clasificada como "E". Para más información, consúltense el Anexo B del DB HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación.

La Tabla 4 recoge las transmitancias esperadas del conjunto marco-vidrio de algunos tipos de ventanas, mientras que la Tabla 5 muestra las correspondientes a algunos cerramientos típicos de viviendas de distintos años de construcción, en las zonas climáticas de Castilla y León.

Tabla 4. Transmitancias características de algunos tipos de ventanas.

TIPO DE VENTANA	VALOR DE LA TRANSMITANCIA (para un porcentaje de marco del 20%) [W/(m ² ·°C)]
Carpintería de madera, vidrio simple.	5
Carpintería metálica sin RPT*, vidrio simple.	5,7
Carpintería metálica con RPT* (12mm), vidrio doble (cámara de aire de 6 a 20mm).	3,28 - 2,8
Carpintería metálica con RPT* (12mm), vidrio doble (cámara 20 mm), bajo emisivo.	2,08 - 1,83
Carpintería PVC (2 cámaras), vidrio doble (cámara de aire de 6 a 20mm).	3,08 - 2,6
Carpintería PVC (2 cámaras), vidrio doble (cámara 20 mm) bajo emisivo.	1,88 - 1,56

*RPT: Rotura de Puente Térmico. Todos los valores son para carpinterías blancas.

Tabla 5. Transmitancias máximas según año de construcción.

PERIODO TEMPORAL	TIPO DE CERRAMIENTO	VALOR DE LA TRANSMITANCIA [W/(m ² ·°C)]	
		Zona D	Zona E
Antes de 1981*	-	3,00	3,00
1981-2007 NBE CT 79	Cubiertas	0,90	0,70
	Fachada ligera (<200 kg/m ²)	1,20	1,20
	Fachada pesada (>200 kg/m ²)	1,40	1,40
	Forjados sobre exterior	0,80	0,70
2008-2013 CTE 2006	Cerramientos exteriores	0,86	0,74
	Suelos	0,64	0,62
	Cubiertas	0,49	0,46
	Huecos	3,50	3,10
2014-2020 CTE 2013	Fachadas y elementos en contacto con el terreno	0,60	0,55
	Cubiertas y suelos en contacto con el exterior	0,40	0,35
	Huecos	2,70	2,50
A partir de 2020 CTE 2020	Fachadas y suelos en contacto con el exterior	0,41	0,37
	Cubiertas exteriores	0,35	0,33
	Elementos en contacto con el terreno	0,65	0,59
	Huecos	1,8	1,80

* valor por defecto



 **GRUPO DE TERMOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

termotecnia.gir.uva.es



@DeTermotecnia



@Grupo Termotecnia Uva



**GRUPO DE TERMOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

termotecnia.gir.uva.es



@DeTermotecnia



@Grupo Termotecnia Uva