



## **LA HERMETICIDAD AL AIRE EN ESPAÑA. EVOLUCIÓN NORMATIVA Y SU IMPORTANCIA PARA LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO**

**Jiménez Tiberio, Alberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ARREBOL EFICIENCIA ENERGÉTICA, Pamplona, España

**PALABRAS CLAVE:** ARREBOL Eficiencia Energética, Pamplona, España

### **RESUMEN**

---

La hermeticidad al aire es un parámetro fundamental para la construcción de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (ECCN). Así se ha demostrado, en numerosos estudios realizados por entidades de reconocido prestigio como el Passivhaus Institut, o el Lawrence Berkeley Laboratory de la University of California, entre otros.

Según un estudio realizado por el Instituto Passivhaus, la reducción de las infiltraciones de aire en los edificios situados en clima templado como Madrid, puede suponer una reducción de entorno a 15-20 kWh/m<sup>2</sup> año de demanda de calefacción.

Tras las directivas europeas de eficiencia energética, los países de la Unión Europea (UE) han adaptado sus normativas de manera progresiva, con el objetivo de conseguir que sus edificios nuevos sean ECCN. Entre otros parámetros, regulan el nivel de infiltraciones de aire de los edificios mediante la ejecución de ensayos, como el Test de presurización mediante puerta soplante, o blower door, cuyo procedimiento se define en la EN 13829 e ISO 9972. Del ensayo obtenemos el valor n<sub>50</sub>, o renovaciones de aire a la hora, a una diferencia de presión de 50 Pascales. Este valor, nos sirve para comparar y evaluar la hermeticidad de los edificios.

De este modo, la mayoría de países de la UE limitan el nivel de infiltraciones de aire, con objeto de conseguir envolventes térmicas de mayor calidad. Por ejemplo, en Alemania un edificio nuevo con ventilación mecánica no puede tener una tasa n<sub>50</sub> superior a 1,5 ren/h a 50 Pa.

Asimismo, el estándar de construcción Passivhaus, exige la realización del ensayo en los edificios certificados, obteniendo un valor inferior a 0,60 ren/h.

La normativa española no regula este tema hasta la fecha. No se exige la realización de ensayos, ni se limita el nivel de hermeticidad de los edificios. Sin embargo, sí que se observa una evolución en la importancia que le da el Código Técnico de la Edificación (CTE) a este parámetro. En las sucesivas actualizaciones del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE) y en los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios.

Se ha pasado de considerar las infiltraciones de aire como un parámetro vinculado a la ventilación y relacionado casi exclusivamente con la permeabilidad de los huecos, a contabilizar la permeabilidad de los elementos opacos en función de la calidad de la envolvente, incorporando la posibilidad de obtener dicho parámetro mediante la ejecución de ensayos.



# CONTART

Pese a que la normativa propuesta favorece la mejora y control de la hermeticidad, no se imponen límites ni exigencias al respecto. Por lo que los edificios nuevos podrían ser poco herméticos, y por lo tanto poco eficientes y confortables.

Existen herramientas, como el ensayo blower door y la termografía infrarroja, para cuantificar y controlar las infiltraciones de aire. Ensayos normalizados que permiten verificar la calidad de la envolvente de una manera precisa y viable.

Se espera que en futuras actualizaciones se definan límites y pruebas para controlar este factor tan importante y poder garantizar eficiencia energética y confort.

## INTRODUCCIÓN

---

La hermeticidad al aire es un parámetro fundamental para la construcción de Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (ECCN). Así se ha demostrado desde hace décadas, en numerosos estudios realizados por entidades de reconocido prestigio como el Passivhaus Institut [1], o el Lawrence Berkeley Laboratory de la University of California, entre otros [2].

Tras la Directiva Europea 31/2010 por la cual todos los edificios construidos a partir de 2020 deben ser ECCN, los países de la Unión Europea (UE) han adaptado sus normativas de manera progresiva, para conseguir dicho objetivo. Entre otros parámetros, regulan el nivel de infiltraciones de aire de los edificios mediante la ejecución de ensayos, como el Test de presurización mediante puerta soplante, o blower door "Figura 1", cuyo procedimiento se define según EN 13829 e ISO 9972. Del ensayo obtenemos el valor n50, o renovaciones de aire a la hora, a una diferencia de presión de 50 Pascales. Este valor, nos sirve para comparar y evaluar la hermeticidad de los edificios.



Figura 1. Equipo de Puerta soplante para la ejecución del ensayo de hermeticidad al aire



# CONTART

En la reciente actualización del Código Técnico de la Edificación (CTE) [3], en su Documento Básico HE 2019, se presentan por primera vez límites de hermeticidad al aire en viviendas de nueva construcción. Sin embargo, estos límites pueden justificarse mediante estimaciones relacionadas con la calidad de la envolvente. Siendo opcional la ejecución de ensayos que garanticen su cumplimiento.

## EVOLUCIÓN DE LA HERMETICIDAD AL AIRE EN LA NORMATIVA

### Contexto internacional

La mayoría de países de la UE limitan el nivel de infiltraciones de aire, con objeto de conseguir envolventes térmicas de mayor calidad y edificios más eficientes y confortables. Así lo podemos observar en la "Tabla 1".

Tabla 1. Límites de hermeticidad al aire en otros países europeos. Elaboración propia en base a la información recogida en diferentes artículos. What's new in ductwork and Building Airtightness, 2017 buildup.eu [4] y Proyecto Apeia, 2016 [5].

País	Normativa	Límites o exigencia de hermeticidad al aire en viviendas de nueva construcción
Dinamarca	DK	Entre 0,5 y 1,5 l/s / m <sup>2</sup> a 50 Pa. Según el nivel de eficiencia energética
Francia	RT 2012	Entre 0,6 y 1 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> a 4Pa. Según la tipología de edificio.
Irlanda	2017	< 7 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> a 50 Pa
Italia	Casa Clima	n50 < 0,60 Ren/h a 50 Pa.
	Valores recomendados en algunas regiones	n50 < 4 Ren/h a 50 Pa en viviendas unifamiliares n50 < 2 Ren/h a 50 Pa en edificios de viviendas
Reino Unido	L1A 2010	< 10 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> a 50 Pa
Alemania	EnEV	Entre 1,5 y 3 Ren/h a 50 Pa. En función de si dispone de ventilación mecánica o no.
	Passivhaus	n50 < 0,60 Ren/h a 50 Pa.
Suecia	BFS 2011	< 0,6 l/s / m <sup>2</sup> a 50 Pa

Cómo se puede apreciar en la Tabla 1, existen diferentes indicadores para medir la hermeticidad al aire, siendo uno de los más relevantes el valor n50 o renovaciones de aire a 50 Pascales de presión. Además de los países seleccionados, se tiene constancia de que existe



# CONTART

regulación de la hermeticidad al aire de los edificios en otros muchos de la UE como Portugal, Suiza, Polonia, Estonia, Región de Bruselas, etc.

## La hermeticidad al aire en la normativa española

La normativa española, en materia de hermeticidad, o permeabilidad al aire de los edificios, ha evolucionado considerablemente en los últimos años.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, hasta el año 2006 tan solo se hacía referencia a la permeabilidad al aire de huecos, justificando un valor máximo de hermeticidad del hueco mediante ensayo de laboratorio. En la NBE CT 79 [6] se dice expresamente "no se tendrán en cuenta las juntas entre carpintería y fábrica para el ensayo de permeabilidad de la carpintería".

Con el CTE DB HE 2006 [7] aparecen los primeros comentarios relacionados con la permeabilidad de la envolvente. "Se comprobará que la fijación de los cercos de las carpinterías que forman los huecos (puertas y ventanas) y lucernarios, se realiza de tal manera que quede garantizada la estanquidad...".

En la siguiente actualización del año 2013 [8] se establece un límite de demanda energética, por lo que, aunque no se definen límites de permeabilidad de huecos y opacos, sí se deberá tener en cuenta su repercusión en los procedimientos de cálculo.

No es hasta la última versión del CTE DB HE 2019 [3] cuando se establecen claros límites de hermeticidad al aire de los edificios mediante la justificación del valor n50.

Tabla 2. Evolución de la hermeticidad al aire en la normativa española de edificación

<b>NORMATIVA</b>	<b>CONSIDERACIONES O LÍMITES RESPECTO A LA HERMETICIDAD AL AIRE DE HUECOS Y OPACOS</b>
<b>RD 1490/1975</b>	<b>Permeabilidad al aire de huecos:</b> Entre 20 y 50 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> a 10mm Columna de agua (Aprox. 98 Pa) según zona climática
<b>NBE CT 79</b>	<b>Permeabilidad al aire de huecos según UNE 7-405-76:</b> - Clase A-1 (50 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> 100Pa): zona climática A y B - Clase A-2 (20 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> 100Pa : zonas climáticas C, D y E
<b>CTE DB HE-1 2006</b>	<b>Permeabilidad al aire de huecos según UNE EN 1 026:2000:</b> - Clase 1, 2, 3 y 4 (< 50 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> 100Pa): zona climática A y B - Clase 2, 3 y 4 (< 27 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> 100Pa): zonas climáticas C, D y E  Punto 5.2.3 Sobre control de ejecución de obra:  Se comprobará que la fijación de los cercos de las carpinterías que forman los huecos (puertas y ventanas) y lucernarios, se realiza de tal manera



	que quede garantizada la estanquidad a la permeabilidad del aire especificada según la zonificación climática que corresponda.
<b>CTE DB HE-1 2013</b>	<p><b>No se exigen límites de permeabilidad, pero se deberá tener en cuenta para el cálculo de la demanda energética.</b></p> <p><b>Punto 5.1.1.g.</b> Cualquier procedimiento de cálculo debe considerar: las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e <b>infiltraciones</b>.</p> <p><b>Punto 5.2.2. Cerramientos opacos.</b> Debe considerarse la permeabilidad al aire de los cerramientos opacos.</p> <p><b>Punto 5.2.3 Huecos.</b> Debe considerarse la permeabilidad al aire de los huecos para el conjunto marco vidrio incluyendo el efecto de aireadores de ventilación en su caso. En <math>\text{m}^3/\text{h m}^2</math> según UNE EN 12207</p>
<b>CTE DB HE-1 2019</b>	<p><b>Permeabilidad al aire de huecos según UNE EN 12207:2017:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Clase 2, 3 y 4 (<math>&lt; 27 \text{ m}^3/\text{h m}^2</math> 100Pa): zona climática A y B</li><li>- Clase 3 y 4 (<math>&lt; 9 \text{ m}^3/\text{h m}^2</math> 100Pa): zonas climáticas C, D y E</li></ul> <p><b>Se definen límites en cuanto a la hermeticidad al aire del edificio</b> teniendo en cuenta la permeabilidad de huecos y opacos. Para edificios de uso residencial privado de más de <math>120 \text{ m}^2</math>.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <math>n50 &lt; 3/6</math> en función de la compacidad (ver Tabla 3)</li></ul>

Tabla 3. Valor límite de hermeticidad al aire de edificios nuevos residenciales. Recogido en Tabla 3.2.3.b del DB HE-1 2019,  $n50$  ( $\text{h}^{-1}$ )

<b>Compacidad V/A (<math>\text{m}^3/\text{m}^2</math>)</b>	<b>n50</b>
V/A $\leq 2$	6
V/A $\geq 4$	3

Los valores límite de las compacidades intermedias se obtienen por interpolación.

Para justificar dicho valor de hermeticidad al aire del edificio se proponen dos posibles vías en el Anexo H. La primera y más fiable, es la determinación del valor  $n50$  mediante la ejecución de un ensayo de presurización mediante ventilador o blower door test, según el método B de la norma UNE EN 13829:2002 [9].

Por otro lado, también se permite la justificación de dicho valor mediante una fórmula en la que se introduce un valor de permeabilidad al aire de opacos estimado, y comprendido entre  $16$  y  $29 \text{ m}^3/\text{h m}^2$  a  $100 \text{ Pa}$ , en función de si se trata de una envolvente nueva o existente.



## Requisitos para la realización de ensayos de hermeticidad en obra

No se define en la actual normativa los requisitos que deben cumplir los equipos de medición de la permeabilidad al aire de los edificios. Tampoco se menciona el técnico competente, o la titulación necesaria que debería acreditar la persona encargada de realizar estas pruebas.

En otros países europeos, han surgido entidades específicas destinadas a promover el desarrollo de técnicos competentes en la materia, emitiendo guías y bases de datos. Por ejemplo, en Francia los técnicos de ejecución de ensayos de hermeticidad deben estar acreditados por QUALIBAT. Otra entidad reconocida en esta labor es ATTMA (Air tightness Testing & Measurement Association) con representación en Reino Unido, Australia y Nueva Zelanda.

Como referencia, para la certificación de edificios Passivhaus el ensayo de hermeticidad debe estar firmado por un técnico y los equipos deben estar calibrados según las recomendaciones del fabricante.

## IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO Y CONTROL DE LA HERMETICIDAD AL AIRE

### Permeabilidad al aire y demanda energética

Según un estudio realizado por J. Schnieders para el Instituto Passivhaus en 2009 [10], la reducción de las infiltraciones de aire en los edificios situados en clima templado como Madrid, puede suponer una reducción de en torno a 15-20 kWh/m<sup>2</sup> año de demanda de calefacción.

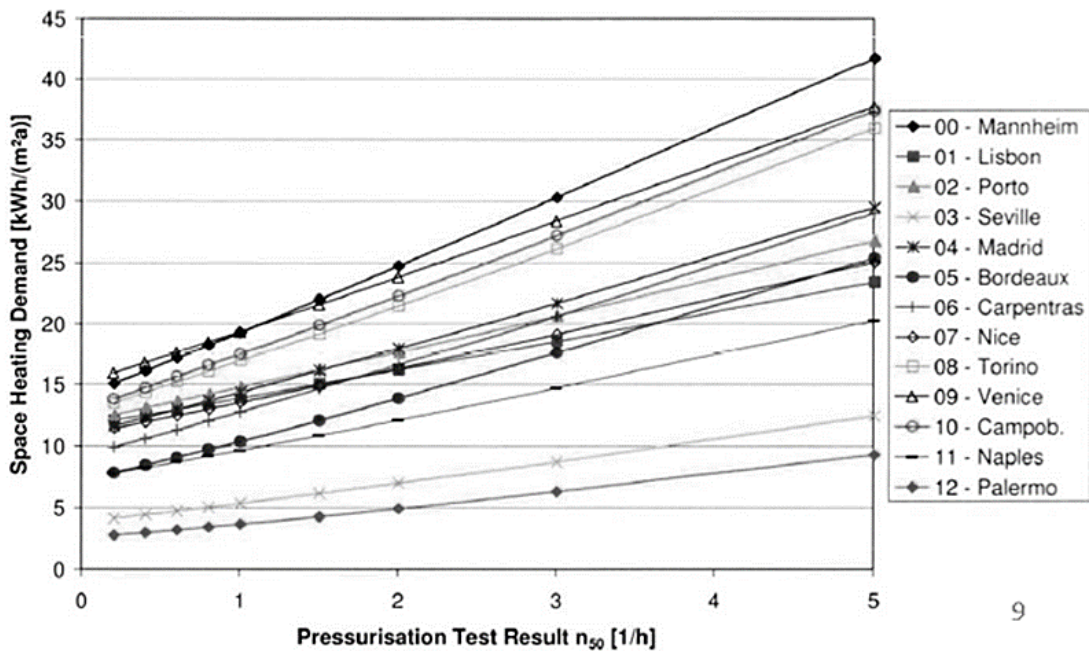


Figura 2. Relación entre demanda energética de calefacción y hermeticidad del edificio. Passive houses in South West Europe. J. Schieders



# CONTART

De igual modo, este parámetro también tiene repercusión en la demanda de refrigeración, y en consecuencia en el consumo de energía final del edificio. Es por ello, que cuanto menor sea este valor, más eficiente será el edificio. Es por ello que el estándar Passivhaus limita a 0,60 Ren/h a 50 Pascales el valor de permeabilidad al aire del edificio.

## Relación con el confort y la salud

Según varios estudios [11] realizados en ciudades con niveles altos de polución, la calidad del aire interior en edificios herméticos y ventilación mecánica, es mejor que en edificios con ventilación natural. Se trata de unos resultados procedentes de la investigación realizada por Zhen Pneg y Wu Deng, sobre los niveles de PM2.5 y PM10 (partículas sólidas en aire) en varias escuelas de la ciudad de Nigbó, China.

En dicho estudio se muestra como en los edificios más herméticos, los niveles de contaminación exterior en el aire interior se reducen hasta un 50%, mientras que en los edificios menos herméticos esta reducción de contaminación solo llega al 15%.

En cualquier caso, para garantizar una buena calidad del aire interior en edificios herméticos y de bajo consumo, es recomendable la existencia de un sistema de ventilación de doble flujo con recuperación de calor. Dicho sistema, correctamente mantenido, puede garantizar los caudales de renovación necesarios para el uso del edificio, invirtiendo la menor cantidad de energía.

De lo contrario, podría darse el caso de que la calidad del aire interior fuera peor que la exterior debido a la falta de ventilación.

Adicionalmente, el hecho de que existan discontinuidades en la hermeticidad interior de un edificio, como se observa en la figura 3, puede generar la aparición de condensaciones intersticiales que provoquen una disminución de la capacidad aislante, humedades y la aparición de moho y hongos, con el consiguiente efecto perjudicial para la salud de las personas.

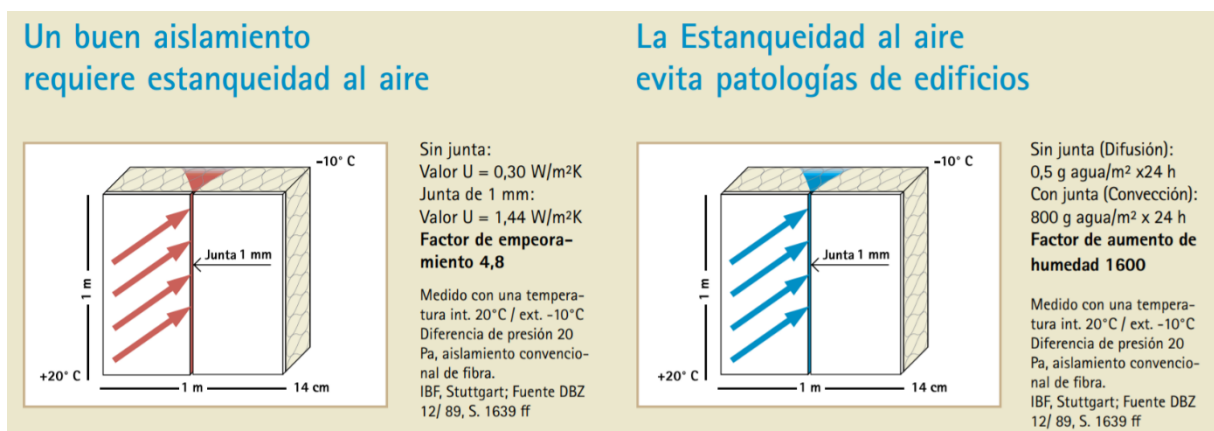


Figura 3. Repercusión de la falta de hermeticidad en el nivel de aislamiento y acumulación de humedad. Catálogo de ProClima 2014.



# CONTART

Estas discontinuidades también producen discomfort en los usuarios de los edificios, corrientes de aire molestas, ruidos provocados por el viento, etc.

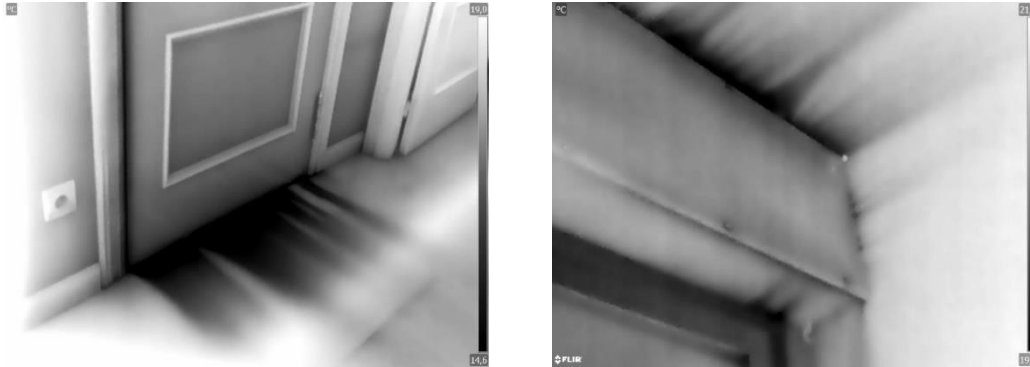


Figura 4 (izquierda) y 5 (derecha). Imágenes termográficas de infiltraciones de aire detectadas durante la ejecución de un ensayo blower door.

## CONCLUSIONES

---

La hermeticidad al aire es un factor clave a tener en cuenta en la construcción de edificios eficientes y confortables.

Existen herramientas, como el ensayo blower door y la termografía infrarroja, para cuantificar y controlar las infiltraciones de aire. Ensayos normalizados que permiten verificar la calidad de la envolvente de una manera precisa y viable.

La mayoría de países europeos regulan desde hace décadas este concepto, que ha sido recientemente introducido en la normativa española.

No obstante, debido al alto impacto que generan las infiltraciones de aire en la demanda de calefacción y refrigeración, (tal y como se observa en la "figura 2") se considera probable una progresiva adaptación de los valores límite definidos en la actualidad, equiparándose en pocos años a lo exigido en otros países.

Asimismo, la posibilidad de justificar el valor límite de hermeticidad utilizando una fórmula en la que se introducen valores teóricos de permeabilidad de opacos y huecos, es poco representativa de la realidad. Puede darse el caso de viviendas que cumplan en la teoría, pero que en la práctica estén lejos del valor exigido. Es entonces de esperar, que, en próximas actualizaciones de la normativa, se limite el cumplimiento de dicho valor a la ejecución de ensayos en obra, con objeto de garantizar que los edificios que cumplan el CTE sean ECCN, eficientes, saludables y confortables.





# CONTART

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- [1] Passivhaus Institut. Airtight construction. Consultado el 7 de febrero de 2020. Disponible en [https://passipedia.org/planning/airtight\\_construction](https://passipedia.org/planning/airtight_construction)
- [2] M.H. Sherman & Rengie Chan (2004) *Building Airtightness: Research and Practice*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- [3] Real Decreto 732/2019 del 20 de diciembre por el que se modifica en Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Ahorro de Energía, DB HE 2019.
- [4] Overview. Right and Tight: What's new in Ductwork and Building Airtightness. BuildUP. Accedido el 7 de febrero de 2020. Disponible en <https://www.buildup.eu/en/news/overview-right-and-tight-whats-new-ductwork-and-building-airtightness-1>
- [5] Vázquez Otero J.L. (2016). APEIA Análisis de pérdidas energéticas por infiltración de aire. A Coruña, España: IES Universidad Laboral de Culleredo.
- [6] Real Decreto 2429/1979 de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios.
- [7] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Ahorro de Energía, DB HE 2006.
- [8] Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo. Documento Básico de Ahorro de Energía, DB HE 2013.
- [9] UNE EN 13829:2002 Aislamiento Térmico. Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador.
- [10] Schnieders, Jürgen: *Passive Houses in South West Europe* (2009). A quantitative investigation of some passive and active space conditioning techniques for highly energy efficient dwellings in the South West European region. 2nd corrected edition. Darmstadt, Passivhaus Institut.
- [11] Kate de Selincourt. Can airtight buildings protect your health? Accedido el 7 de febrero de 2020. Disponible en <https://blog.siga.swiss/en/can-airtight-buildings-protect-your-health/>