

HACIA UNA EDIFICACIÓN MÁS EFICIENTE. APRENDIZAJES OBTENIDOS DESDE LA INCLUSIÓN DE REQUISITOS DE PERMEABILIDAD AL AIRE EN EL CTE

J. M. Macías Roselló

Elabora, S.L., Sevilla, España

RESUMEN

La permeabilidad al aire de los edificios se trata de una característica funcional de las envolventes de edificios que comienza a ser estudiada en la década de los 70 en Suecia. Años más tarde, EEUU y Alemania comienzan a desarrollar pautas de referencia y metodologías para cuantificar las fugas y relacionarlas con las pérdidas de energía. Es ya en la década de los 90 cuando se funda el Passive House Institute en Alemania, organización de referencia que consolida el método de presurización con ventilador.

En España, el código técnico de la edificación (CTE) incorpora por primera vez en junio de 2019 el requisito de no superación del valor límite de relación al cambio de aire. En dicha actualización, se establece la posibilidad de determinar la permeabilidad al aire bien mediante ensayo con el método de presurización con ventilador o bien mediante valores de referencia. Tras cinco años de implantación de este requisito, la inminente actualización del CTE establece valores aún más exigentes en edificios con sistema de ventilación con recuperación de calor.

El presente trabajo analiza datos de campo mediante el método de presurización con ventilador obtenidos desde la entrada en vigor del RD 732/2019 del 20 de diciembre hasta finales de 2025, abarcando un conjunto de edificios estudiados a lo largo de cinco años. El estudio examina la influencia de factores como el uso y tipología edificatoria, los sistemas constructivos empleados en fachadas y particiones, y la presencia y eficacia de barreras de aire. Las tasas de fuga normalizadas a 50 Pa, tanto en presurización como en despresurización, se comparan con valores de referencia recogidos en la literatura técnica.

Los resultados muestran tendencias consistentes en el periodo analizado, permitiendo identificar comportamientos característicos de los sistemas constructivos actuales, puntos críticos en la continuidad de la envolvente y el grado de adecuación al nuevo marco normativo. Estas conclusiones aportan información útil para la mejora del diseño y ejecución de edificios con mayores prestaciones de estanqueidad al aire.

PALABRAS CLAVE: eficiencia energética, permeabilidad al aire, CTE, presurización con ventilador, control de calidad.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto normativo y evolución reciente

La permeabilidad al aire de la envolvente constituye uno de los parámetros determinantes en el comportamiento energético de los edificios. Las infiltraciones no controladas influyen directamente en la demanda térmica, en el confort interior y en la eficacia de los sistemas de ventilación mecánica. Además, pueden incidir en fenómenos de condensación y en el comportamiento higratérmico de los cerramientos.

En el ámbito internacional, la estanqueidad al aire ha sido objeto de investigación sistemática desde la década de 1970 [1], especialmente en países del norte de Europa y Norteamérica, donde las condiciones climáticas y la crisis energética impulsaron el desarrollo de metodologías de cuantificación de infiltraciones. El método de presurización con ventilador se consolidó progresivamente como herramienta de verificación objetiva del comportamiento de la envolvente, integrándose posteriormente en estándares de alta eficiencia energética.

En España, la consideración explícita de la permeabilidad al aire como requisito cuantificable es bastante reciente. La modificación del Documento Básico DB-HE del Código Técnico de la Edificación mediante el Real Decreto 732/2019 [2] introduce por primera vez la limitación del cambio de aire de la envolvente térmica como exigencia reglamentaria verificable in situ. Esta incorporación supone un cambio relevante en el enfoque normativo, al permitir la justificación mediante ensayo in situ conforme a la norma UNE-EN ISO 9972 [3].

La introducción de este requisito implica un desplazamiento desde un modelo centrado en soluciones prescriptivas hacia un modelo prestacional basado en la verificación del resultado final. En este contexto, el ensayo de presurización con ventilador deja de ser una herramienta asociada exclusivamente a edificios de muy alta eficiencia (estándar *Passive House* p.e) para convertirse en un instrumento de control en edificación convencional.

1.2. Nuevo escenario regulatorio

Tras cinco años de aplicación del requisito, el sector ha ido incorporando progresivamente la estanqueidad como variable de diseño y ejecución. Sin embargo, el proceso de adaptación continúa en evolución.

En noviembre de 2025 se publica el borrador de modificación del Código Técnico de la Edificación [4] que plantea un endurecimiento de los requisitos de permeabilidad al aire en viviendas dotadas de sistemas de ventilación con recuperación de calor. Este planteamiento responde a la necesidad de garantizar el rendimiento real de dichos sistemas, cuya eficacia depende en gran medida del control de infiltraciones no deseadas.

La evolución normativa prevista introduce un escenario de mayor exigencia técnica que requiere evaluar el comportamiento de la edificación reciente bajo el marco vigente. Analizar los resultados obtenidos en los primeros años de aplicación del requisito permite identificar tendencias, márgenes de mejora y aspectos críticos que condicionarán la adaptación futura.

1.3. Objetivo del estudio

El presente trabajo analiza aproximadamente 30 ensayos de permeabilidad al aire realizados entre 2020 y 2025 en edificios residenciales ubicados en distintas provincias de Andalucía y Extremadura. El estudio se centra en:

- Evaluar la distribución de valores de n_{50} obtenidos.
- Analizar el grado de proximidad al límite normativo vigente.
- Identificar defectos recurrentes asociados a incrementos de infiltración.
- Valorar el grado de conformidad actual frente al requisito de permeabilidad al aire de los edificios ante un posible endurecimiento de las exigencias.

El enfoque adoptado es eminentemente práctico. El objetivo no es establecer comparaciones teóricas entre sistemas constructivos, sino extraer conclusiones aplicables a la ejecución y al control de obra.

2. DESARROLLO METODOLÓGICO

2.1. Muestra

Se han empleado valores de 30 ensayos realizados en las provincias de Badajoz, Huelva, Sevilla, Córdoba y Málaga, así como en distintas tipologías de viviendas entre los años 2020 y 2025. Ello permite incorporar cierta diversidad climática y constructiva dentro del ámbito geográfico estudiado.

Los edificios corresponden mayoritariamente a promociones residenciales de vivienda colectiva, aunque también se incluyen algunos casos de vivienda unifamiliar. Con el fin de preservar la confidencialidad de los proyectos, los datos se presentan de forma agregada y anonimizada.

2.2. Procedimiento de ensayo

Los ensayos se realizaron conforme a la norma UNE-EN ISO 9972, mediante el método de presurización con ventilador. Este procedimiento consiste en instalar un ventilador calibrado en un hueco exterior del edificio o de la unidad de uso ensayada, generando una diferencia de presión controlada entre el interior y el exterior.

A partir del caudal necesario para mantener una diferencia de presión de 50 Pa, se determina la tasa de renovación de aire n_{50} , expresada en renovaciones por hora. En la mayoría de los casos se realizaron ensayos tanto en presurización como en despresurización, con el fin de detectar posibles asimetrías en el comportamiento de la envolvente.

Durante la realización de los ensayos se efectuaron inspecciones visuales complementarias y, en determinados casos, detecciones puntuales de infiltraciones mediante termografía normalizada [5], con objeto de localizar discontinuidades significativas.

2.3. Consideraciones normativas relevantes

El análisis se realiza teniendo en cuenta que el DB-HE define la envolvente térmica a efectos de permeabilidad al aire como el conjunto de cerramientos en contacto con el exterior. Las particiones entre viviendas o entre viviendas y zonas comunes no forman parte del cómputo de superficie de envolvente para la determinación del parámetro n_{50} , ni cuentan con requisitos específicos de permeabilidad al aire.

Esta delimitación normativa resulta relevante para la interpretación de los resultados, dado que parte de las infiltraciones observadas durante los ensayos se producen a través de conexiones internas no reguladas explícitamente como envolvente exterior.

3. RESULTADOS

3.1. Distribución de valores y margen de prestaciones

Desde el punto de vista cuantitativo, el análisis normalizado de los 30 ensayos realizados muestra que el 63 % de los casos cumple el límite normativo vigente ($R \leq 1$), mientras que el 37 % lo supera. Dentro del grupo conforme, un 27 % presenta un cumplimiento ajustado ($0,80 < R \leq 1,00$), evidenciando un margen prestacional reducido. La mediana del ratio R se sitúa en 0,93, lo que indica que el comportamiento típico del conjunto es conforme; sin embargo, el percentil 75 alcanza 1,16, reflejando la existencia de un número significativo de casos en zona de no conformidad. Esta distribución confirma la sensibilidad del resultado frente a discontinuidades puntuales en la ejecución y la limitada robustez prestacional en parte de la muestra.

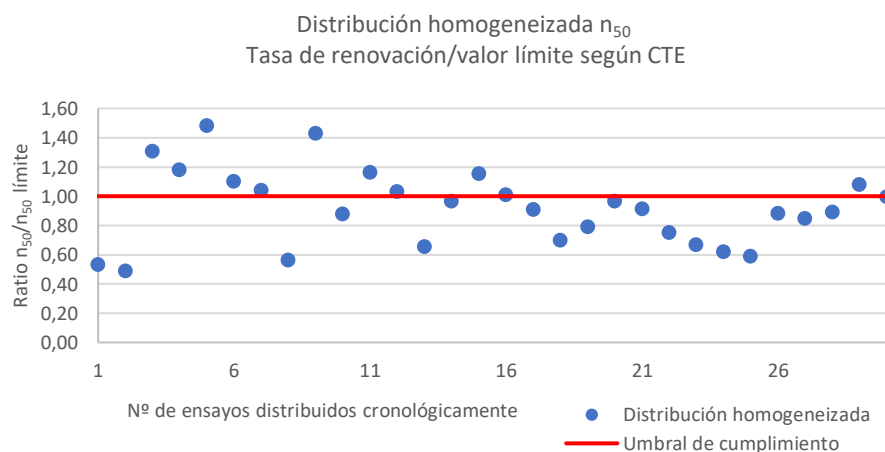


Figura 1. Distribución homogeneizada n50 Tasa de renovación/Valor límite según CTE.

3.2. Defectos recurrentes identificados

El análisis cualitativo realizado durante los ensayos, apoyado en inspección visual y detección puntual de infiltraciones, permite identificar una serie de patrones repetitivos directamente asociados a incrementos significativos en la tasa de renovación de aire a 50 Pa. Estos defectos no responden necesariamente a errores de concepción global del edificio, sino a discontinuidades localizadas en la ejecución que, acumulativamente, condicionan el resultado final del ensayo. Si bien se trata de defectos ya caracterizados en algunos casos por instituciones internacionales de reconocido prestigio como la International Energy Agency (AIVC) [6], se indican aquellos constatados empíricamente en la muestra de estudio.

3.2.1. Pasos de instalaciones hacia zonas comunes en viviendas plurifamiliares

Uno de los focos más relevantes detectados en la muestra analizada corresponde a los pasos de instalaciones entre las viviendas y las zonas comunes del edificio.

En numerosos casos se observan huecos sin sellado adecuado en:

- Patinillos verticales.
- Pasos de conductos de ventilación.
- Canalizaciones eléctricas.
- Encuentros entre trasdosados y forjados.

Especialmente significativa resulta la infiltración a través de tubos corrugados destinados al cableado eléctrico. Cuando estos conductos atraviesan elementos separadores sin un sistema de sellado específico, actúan como vías preferentes de circulación de aire entre la vivienda y espacios comunes. En determinadas situaciones, el flujo detectado a través de estos puntos representa una fracción apreciable del caudal total medido en el ensayo.

Desde el punto de vista normativo, estas particiones no forman parte de la envolvente térmica frente al exterior, por lo que no están explícitamente reguladas en términos de permeabilidad al aire en el DB-HE. Sin embargo, en la práctica del ensayo de presurización, estas discontinuidades influyen directamente en el valor global de n_{50} cuando el volumen ensayado incluye la unidad residencial completa.

Este fenómeno pone de manifiesto la necesidad de considerar el sellado de conexiones con zonas comunes como parte del control integral de estanqueidad, aunque no estén expresamente definidas como cerramientos exteriores.

3.2.2. Fachadas prefabricadas

La creciente implantación de sistemas prefabricados de fachada motivada entre otros factores por la falta de mano de obra y la tendencia a la industrialización de la edificación es un hecho. Si bien el control de los procesos en este tipo de elementos garantiza la conformidad de las prestaciones de los elementos prefabricados, los ensayos realizados muestran que estos sistemas presentan una especial sensibilidad a defectos puntuales en las juntas de unión y en los encuentros con otros elementos constructivos.

Se han detectado filtraciones recurrentes en dinteles y mochetas de ventanas, en juntas entre paneles y piezas de piedra, así como en encuentros entre chapas de alféizar y cerramientos prefabricados que no habían sido sellados correctamente. Son puntos singulares que, cuando no se resuelven con una solución de continuidad correctamente definida, se convierten en vías preferentes de infiltración e influyen drásticamente en el valor final de n_{50} .

La experiencia acumulada indica que el comportamiento no depende tanto del sistema prefabricado en sí como del control riguroso de estas zonas críticas. Cuando las juntas y encuentros se revisan y sellan adecuadamente, los resultados pueden ser favorables; en ausencia de ese control, la variabilidad aumenta de forma significativa.

3.2.3. Huecos de ventanas

Otro punto recurrente identificado en la muestra corresponde a los huecos de fachada, particularmente en la instalación de carpinterías exteriores.

En la mayoría de los edificios analizados se emplean carpinterías con clasificación elevada de permeabilidad al aire (habitualmente clase 4). Sin embargo, durante la inspección asociada al ensayo se detectan con frecuencia deficiencias en el sellado perimetral del marco con la fábrica, tales como:

- Ausencia de cintas expansivas o membranas de estanqueidad.
- Sellados discontinuos o ejecutados exclusivamente con espuma de poliuretano sin protección posterior y sin garantías de continuidad.
- Falta de continuidad entre el sistema de fachada y el marco de la carpintería.

Esta situación genera una incoherencia prestacional: el producto instalado presenta alta estanqueidad intrínseca, pero el conjunto hueco–obra no garantiza el mismo nivel de comportamiento.

En términos cuantitativos, en edificios con valores de n_{50} próximos al límite normativo, la mejora del sellado perimetral de carpinterías podría suponer la diferencia entre un cumplimiento ajustado y un cumplimiento con margen.

3.2.4. Influencia acumulativa de defectos

Un aspecto relevante derivado del análisis conjunto es que raramente un único defecto explica por sí solo un valor elevado de permeabilidad. En la mayoría de los casos, el resultado responde a la suma de pequeñas discontinuidades distribuidas en distintos puntos de la envolvente.

Este carácter acumulativo explica que edificios con soluciones constructivas teóricamente similares presenten resultados sensiblemente diferentes. La variable determinante no es exclusivamente el sistema, sino el grado de continuidad efectiva alcanzado en ejecución.

4. DISCUSIÓN

4.1. Cumplimiento ajustado como oportunidad de mejora

El análisis de los aproximadamente 30 ensayos realizados entre 2020 y 2025 pone de manifiesto que el requisito de limitación de la permeabilidad al aire introducido por el CTE ha sido incorporado paulatinamente en el período de estudio. La mayoría de los edificios analizados alcanzan valores compatibles con el marco normativo vigente.

La muestra presenta una dispersión moderada, con valores concentrados en el entorno del umbral normativo. Se destaca un aumento paulatino de cumplimiento posiblemente debido en primer lugar a un mayor grado de experiencia en la ejecución de envolventes y medianería por parte de contratistas, así como el desfase de dos años de la culminación progresiva de proyectos que fueron visados a partir de la entrada en vigor del requisito de permeabilidad al aire.

Este comportamiento sugiere que el sector ha interiorizado la exigencia normativa, pero que el grado de robustez frente a pequeñas desviaciones de ejecución todavía es limitado. En otras palabras, el cumplimiento no siempre se produce con un margen holgado que garantice estabilidad prestacional ante variaciones menores en el proceso constructivo.

Desde la perspectiva técnica, la proximidad al límite no debe interpretarse necesariamente como deficiencia, sino como indicador de un sistema que todavía se encuentra en fase de consolidación. Sin embargo, sí pone de manifiesto la sensibilidad del resultado final frente a discontinuidades puntuales en la envolvente. En edificios con valores próximos al umbral, pequeñas infiltraciones asociadas a encuentros o pasos de instalaciones pueden determinar la diferencia entre conformidad y no conformidad.

En conjunto, los resultados permiten interpretar que el requisito de permeabilidad al aire se está aplicando en la práctica edificatoria reciente, pero con un nivel de margen prestacional que aconseja reforzar los mecanismos de control en fase de ejecución. La mejora futura no parece depender exclusivamente del sistema constructivo adoptado, sino de la sistematización de controles de ejecución en fase de construcción de envolvente que garanticen la continuidad efectiva de la capa de estanqueidad.

4.2. Implicaciones del borrador de 2025

El borrador de modificación del Código Técnico de la Edificación publicado en noviembre de 2025 plantea un endurecimiento de las exigencias de permeabilidad al aire en viviendas dotadas de sistemas de ventilación con recuperación de calor.

Este escenario introduce un cambio cualitativo relevante. Los sistemas de ventilación con recuperador requieren un control más preciso de las infiltraciones no deseadas para garantizar su rendimiento energético y su equilibrio de caudales. En consecuencia, la estanqueidad de la envolvente deja de ser un parámetro meramente complementario y pasa a convertirse en condición necesaria para el funcionamiento eficiente del conjunto.

Si se proyecta la distribución de resultados de la muestra analizada sobre un escenario de mayor exigencia, puede anticiparse que una parte de los edificios que actualmente cumplen con margen reducido podrían situarse en valores límite o incluso no conformes sin ajustes en los protocolos de ejecución.

No obstante, esta circunstancia debe interpretarse como una oportunidad de consolidación técnica. La experiencia acumulada en los últimos cinco años permite identificar con claridad los puntos críticos recurrentes y, por tanto, actuar de forma preventiva en futuras promociones.

4.3. Desajuste parcial entre el marco normativo y la realidad observada

Otro aprendizaje observado mediante la experiencia en estos cinco años se basa en la inviabilidad de la realización de ensayos Blower Door en bloques completos de edificios plurifamiliares de forma habitual por los elevados caudales necesarios para presurizar el volumen a ensayar.

Por otro lado, la realización de ensayos de forma segregada dentro de un mismo complejo plurifamiliar por viviendas individuales, si bien permite obtener resultados cualitativos sobre posibles filtraciones de aire, no es un instrumento realista que permita obtener tasas de renovación de aire fiables. En este sentido, la permeabilidad de los elementos separadores entre viviendas juega un papel de alta relevancia en los flujos de aire entre otras viviendas y el objeto de ensayo.

4.4. Consideración normativa de medianeras y flujos internos

Un aspecto particularmente relevante desde el punto de vista técnico es la relación entre la definición normativa de envolvente térmica y el comportamiento real observado en ensayo.

El Documento Básico DB-HE delimita la envolvente térmica a los cerramientos en contacto con el exterior, excluyendo del cómputo de superficie de envolvente las particiones entre viviendas o entre viviendas y zonas comunes. Asimismo, no se establecen requisitos específicos de permeabilidad al aire para dichas particiones.

Sin embargo, en la práctica de los ensayos realizados se constata que las discontinuidades en pasos de instalaciones hacia zonas comunes, así como las conexiones no selladas en medianeras, influyen de manera significativa en el valor global de n_{50} cuando la unidad ensayada corresponde a una vivienda individual.

Esta situación no implica una contradicción normativa, sino una diferencia entre el enfoque regulatorio (centrado en la envolvente frente al exterior) y la realidad de los flujos internos en edificios multifamiliares. Desde una perspectiva profesional, los resultados sugieren que el control de estanqueidad debería extenderse, al menos en términos de buenas prácticas, al sellado sistemático de conexiones con espacios adyacentes, aun cuando estos no formen parte estricta de la envolvente exterior regulada.

4.5. Implicaciones para la ejecución

Los puntos analizados indican que los principales incrementos de permeabilidad derivan tanto de falta especificaciones en la resolución de encuentros como de discontinuidades puntuales y acumulativas en fase de ejecución. En consecuencia, la mejora del comportamiento de la envolvente parece depender de la implementación de medidas concretas, tales como:

- Definición explícita en proyecto de la capa de estanqueidad y su trazado continuo.
- Establecer hitos de control en puntos clave de la ejecución.
- Sellado sistemático de pasos de instalaciones antes del cierre de trasdosados.
- Prescripción detallada del sistema de instalación de carpinterías, incluyendo soluciones de sellado perimetral compatibles con el sistema de fachada.
- Protocolos específicos de revisión en juntas de fachadas prefabricadas.

5. CONCLUSIONES

Tras cinco años de aplicación del requisito de permeabilidad al aire en el CTE, los ensayos analizados permiten observar que el sector está incorporando progresivamente la verificación prestacional de la envolvente a los edificios. La mayoría de los edificios estudiados cumple el límite vigente, aunque una parte relevante lo hace con un margen reducido, lo que evidencia una robustez todavía limitada frente a pequeñas desviaciones de ejecución.

Los incrementos de n_{50} observados no responden, en general, a deficiencias propias del sistema constructivo empleado en cada proyecto, sino a discontinuidades localizadas en puntos singulares: pasos de instalaciones hacia zonas comunes, encuentros en medianeras, juntas de fachadas

prefabricadas y sellados perimetrales de carpinterías. La acumulación de pequeños defectos explica la variabilidad entre edificios con soluciones similares.

Se constata, asimismo, la necesidad de unificar criterios en la definición de envolvente a efectos del ensayo Blower Door. Aunque las medianeras no cuentan con requisitos específicos de permeabilidad en el DB-HE, su falta de estanqueidad influye de manera directa en los resultados cuando los ensayos se realizan por unidades independientes en edificios plurifamiliares. Esta circunstancia sugiere la conveniencia de revisar o clarificar el alcance del concepto de envolvente en el contexto de la verificación in situ.

El ensayo de presurización con ventilador ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad no solo para la evaluación cuantitativa de la estanqueidad al aire, sino también como instrumento de auditoría de la ejecución, permitiendo detectar deficiencias ocultas en distintos procesos constructivos y unidades de obra.

De cara a la mejora futura y al previsible endurecimiento normativo en viviendas con recuperación de calor, las medidas más eficaces no parecen residir en la adopción de nuevos sistemas constructivos, sino en una mayor precisión en proyecto y control en obra. Entre ellas destacan la definición explícita de la capa de estanqueidad, el sellado sistemático de pasatubos y pasos de instalaciones, y la revisión específica de juntas y encuentros en elementos prefabricados de fachada.

En este contexto, la exigencia normativa debe entenderse como una oportunidad para consolidar criterios técnicos, reforzar el control de calidad y avanzar hacia una edificación más eficiente y coherente desde el punto de vista constructivo.

6. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

n_{50}	Tasa de renovación de aire a 50 Pa
Pa	Pascal

7. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Elabora Agencia para la calidad en la construcción, S.L. el acceso a datos reales de ensayos para la elaboración de la presente comunicación.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. K. Blomsterberg, M. H. Sherman, y D. T. Grimsrud, «A model correlating air tightness and air infiltration In houses», *Conf. Therm. Perform. Exter. Envel. Build.*, dic. 1979.
- [2] Ministerio de fomento, *Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre por el que se modifica el Código técnico de la edificación.*
- [3] AENOR, *UNE-EN ISO 9972 Prestaciones térmicas de los edificios Determinación de la permeabilidad al aire de los edificios Método de presurización con ventilador (ISO 9972:2015)*, 2019.

- [4] Ministerio de vivienda y agenda urbana, *Real Decreto por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo*. 2025.
- [5] AENOR, *UNE-EN ISO 6781-1:2023 Prestaciones térmicas de edificios. Detección de irregularidades de calor, aire y humedad en edificios por métodos infrarrojos. Parte 1: Procedimientos generales*, 2023.
- [6] F. R. Carrié, R. Jobert, y V. Leprince, «Methods and techniques for airtight buildings», 2012.