DOI: 10.21134/p3aamw02

CYTEF XII Congreso Ibérico y X Congreso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del Frio
Universidad Miguel Hernández de Elche
26-06 28-06/2024
UNIVERSITAS Miguel Hernández

HERMETICIDAD DE EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA. MEDICIÓN Y RESULTADOS

Manuel J. Romero Rincón[1], Francisco J. Aguilar Valero[1], Pedro G. Vicente Quiles[1]

1: Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández de Elche.
Avda. de la Universidad s/n. 03202 Elche (Alicante).
e-mail: manuel.romero@umh.es

Resumen: *Mejorar la hermeticidad de los edificios, es decir, reducir las infiltraciones de aire, es importante pues su defecto supone un incremento de la demanda energética y puede ser la fuente de contaminantes en el aire interior, disconfort por corrientes de aire o pérdida de aislamiento acústico. La hermeticidad se evalúa mediante el «método de presurización con ventilador» o «blower door test» conforme a la norma UNE-EN ISO 9972. Para ello se instala un equipo formado por un ventilador y un dispositivo de medición de la presión, el flujo de aire y la temperatura. El ensayo se realiza en dos fases: una primera de despresurización en la que el ventilador extrae aire del interior del edificio y otra segunda de presurización en la que el ventilador impulsa aire al interior. La hermeticidad se determina a 50 Pa de presión y se caracteriza por el valor n_{50} que representa las renovaciones de aire a dicha presión. Se ha realizado una campaña con 111 ensayos en diferentes edificios de vivienda de obra nueva. El valor medio obtenido es de 11,04 h^{-1}, con un mínimo de 4,84 h^{-1} y un máximo de 23,89 h^{-1}. La mayoría supera los valores límite del DB-HE1.*

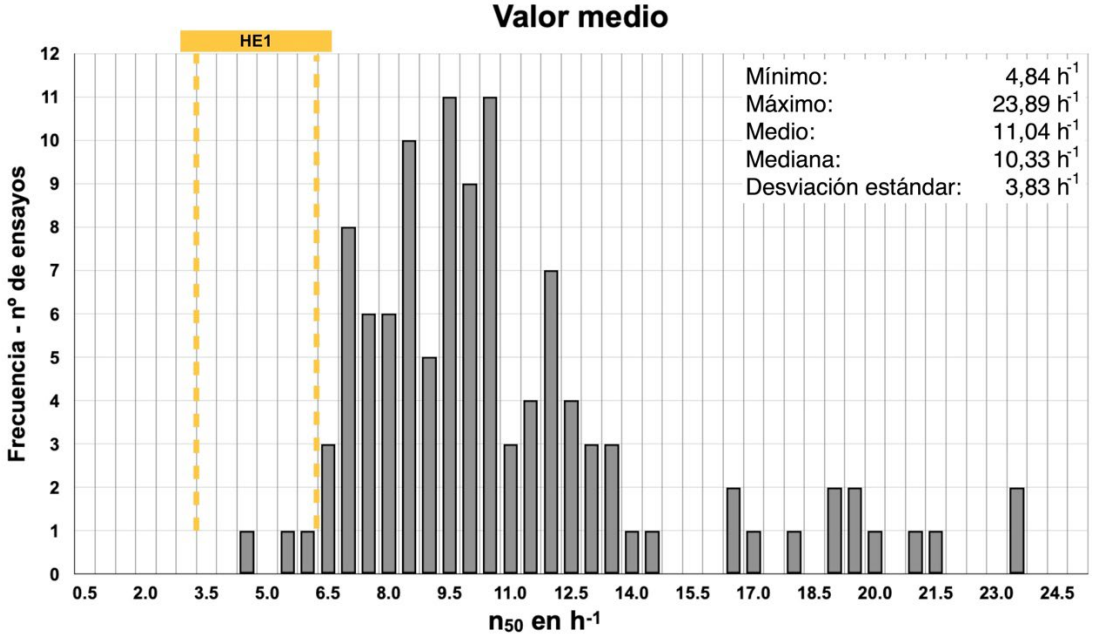

Figura 1. Histograma con valores medios de n_{50} obtenidos mediante ensayo blower door.

Palabras clave: Hermeticidad, blower door, infiltraciones, n_{50}, DB-HE1.

1. INTRODUCCIÓN

Para minimizar el cambio climático debemos centrar nuestros esfuerzos en reducir al máximo posible el consumo de energía asociado a toda la actividad humana. Los edificios son responsables del 41% del consumo de energía de la Unión Europea mientras que en España representa el 31,9% siendo los edificios residenciales responsables del 18,3% de dicho consumo [1].

El ritmo de construcción de nuevas viviendas en España se sitúa por encima de las 120.000 unidades al año [2]. Estas viviendas se construyen sin ningún tratamiento específico en su hermeticidad, es decir, históricamente nunca se ha actuado en las infiltraciones en las viviendas.

Las exigencias en España para los Edificios de Consumo de Energía casi Nulo - NZEB, obligatorias desde septiembre de 2020 [3], por primera vez establecen un valor límite para la estanqueidad al aire de los nuevos edificios de vivienda. Se determina para una presión diferencial de 50 Pa «n_{50}» y no debe superar el valor de 6 h^{-1} para una compacidad igual o inferior a 2 (m^3/m^2) ó 3 h^{-1} para una compacidad igual o superior a 4 (m^3/m^2). El valor límite para compacidades entre 2 y 4 (m^3/m^2) se obtiene por interpolación lineal.

En España se ha realizado recientemente varios estudios, todos ellos centrados en edificios existentes, construidos en su mayoría a mediados del siglo XX y con el objetivo de determinar la estanqueidad al aire (hermeticidad) de esos edificios sin aportar mejoras. Todos los edificios analizados son anteriores a la normativa que fija las exigencias para los edificios de Consumo de Energía casi Nulo NZEB en España [3].

El primero de ellos, realizado por Jesús Feijó-Muñoz et al [4], se centra en el área continental de España analizando 129 ensayos blower door en diferentes tipologías de viviendas construidas entre 1880 y 2011. El resultado medio obtenido de n_{50} es 6,1 h^{-1} para viviendas unifamiliares y 7,1 h^{-1} para edificios plurifamiliares.

El segundo estudio, realizado por Jesica Fernández-Agüérala et al [5], se centra en el Sur de España analizando 159 viviendas sociales existentes, construidas entre 1954 y 2011, obteniendo un valor medio de n_{50} de 7 h^{-1}.

El tercer estudio, realizado Jesús Feijó-Muñoz et al [6], se centra en el área mediterránea de España y las Islas Canarias analizando 225 de ensayos blower door realizados sobre viviendas existentes construidas entre 1890 y 2015, obteniendo un valor medio de n_{50} de 8,43 h^{-1}.

A la vista de los estudios anteriores, hay una falta de conocimiento centrada en los edificios de nueva construcción para determinar su estanqueidad al aire n_{50} y verificar el cumplimiento de las exigencias de la normativa [3]. Esta investigación tiene por objetivo cubrir esa falta de conocimiento aportando datos experimentales realizados mediante ensayos blower door complementados con otros ensayos para localizar las zonas que generan infiltraciones (termografías, anemómetro y generador de humo).

2. INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

En la mayoría de los países europeos en los que, por normativa, están limitadas las infiltraciones en los edificios, se emplea el parámetro n_{50} para su caracterización [7].

El método de obtención del parámetro n_{50} mediante ensayo blower door se encuentra descrito en la norma EN ISO 9972 [8]. Consiste en la instalación de un equipo formado por un ventilador, un dispositivo de medición de la presión, el flujo de aire y la temperatura. La medición se realiza mediante dos métodos: presurización (la presión en el interior del edificio es mayor que en el exterior) y despresurización (la presión en el interior del edificio es inferior que en el exterior). La figura 2 muestra un esquema de la instalación utilizada.

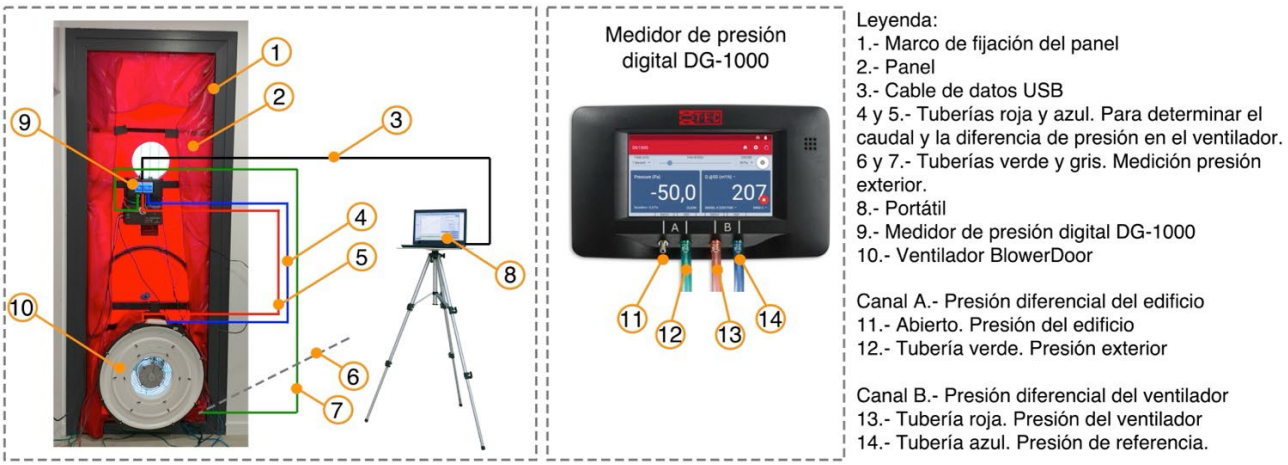

Figura 2. Esquema de la instalación experimental para realizar los ensayos Bower Door.

La norma [8] establece tres posibles métodos para realizar el ensayo:

- Método 1: se ensaya el edificio en uso donde las aberturas de ventilación natural se han cerrado y sellado todos los sistemas de ventilación mecánica y cerrado las aberturas de aire acondicionado.
- Método 2: se ensaya la envolvente del edificio donde todas las aberturas se han sellado intencionadamente, cerrando las puertas, ventanas y trampillas.
- Método 3: se ensaya el edificio para un propósito específico donde el tratamiento de las aberturas se realiza conforme la norma o regulación nacional.

Para los objetivos de esta investigación se considera más adecuado el Método 2 ya que se pretende analizar la estanqueidad de la envolvente del edificio. Durante la realización del ensayo se ha asegurado la preparación de cada vivienda conforme a dicho método.

El equipo empleado para realizar los ensayos es el Minneapolis blower door Standard formado por el ventilador modelo 4 (230V) y el micromanómetro DG1000, todo ello gestionado con el software TECTITE Express versión 5.1. Dicho software determina, entre otros, el valor n_{50} que se obtiene mediante la ecuación (1).

$$n_{50}=\frac{q_{50}}{V} \quad (1)$$

Donde q_{50} es la tasa de renovación o fuga de aire para la presión de 50 Pa (m^3/h) y V es el volumen libre interior del edificio ensayado (m^3). La tasa de renovación o fuga de aire q_{50} se obtiene a partir de la diferencia de presión conforme a la norma EN ISO 9972 [8]. La figura 3 muestra la pantalla de resultados del software TECTITE Express durante la realización de uno de los ensayos. En la gráfica el caudal obtenido para una presión de 50 Pa representa la tasa de renovación o fuga de aire para dicha presión o q_{50}.

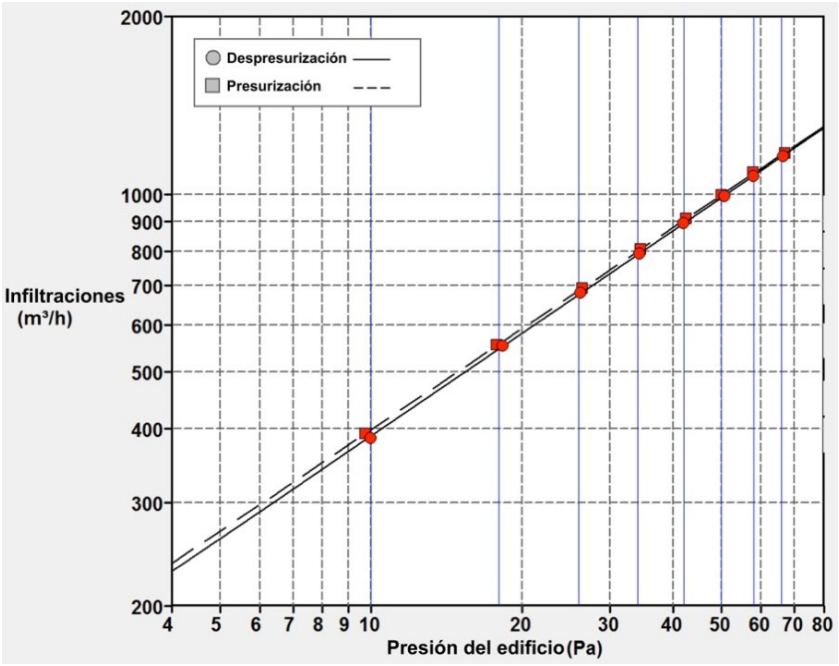

Figura 3. Resultado del software TECTITE Express durante uno de los ensayos realizados.

Para caracterizar los edificios de nueva construcción se ha realizado 111 ensayos en seis ciudades españolas: 22 en Alicante, 2 en Elche, 12 en Denia, 1 en El Campello, 56 en Valencia y 18 en Palma de Mallorca.

Los edificios analizados son de vivienda plurifamiliar construidos entre 2020 y 2022. Cumplen con las exigencias del Código Técnico de la Edificación (DB-HE 2013 o DB-HE 2019) [3].

La ventilación de cada vivienda se produce de forma híbrida (entrada de aire de tipo natural y extracción de aire de tipo mecánico). Para la climatización, disponen de sistemas partidos individuales con expansión directa con bomba de calor aire - agua o aire - aire, en ambos casos con unidad exterior fuera de la vivienda y unidad interior en la cocina o en el aseo y un conducto a lo largo del pasillo. Para el agua caliente sanitaria se emplea el equipo de climatización aire - agua o bien calderas individuales situadas en el exterior de cada vivienda (por ejemplo, en la galería de las cocinas).

Las soluciones constructivas de la envolvente térmica son las habituales en España: fachadas de doble hoja de ladrillo con aislamiento térmico intermedio, cubiertas planas transitables y ventanas metálicas o de PVC con cierre oscilobatiente.

En la Tabla 1 se indica las características de las viviendas analizadas y la cantidad total de viviendas ensayadas de cada tipo.

Tabla 1. Características de las viviendas analizadas.

Número de dormitorios	Total viviendas ensayadas	Valores medidos		
		Superficie útil - m^2	Volumen - m^3	Superficie de la envolvente térmica - m^2
1	1	46,21	112,84	176,2
2	31	61,14	152,33	223,80
3	66	85,16	210,81	285,36
4	13	104,06	259,63	343,43

Como complemento al ensayo blower door, se ha utilizado otros equipos (termografías, anemómetro y generador de humo) para localizar zonas o puntos que generan infiltraciones por falta de sellado. Con dichos equipos se ha podido comprobar, que en el caso de los edificios de nueva construcción plurifamiliares, los defectos de hermeticidad generalmente se producen en los puntos en los que las diferentes instalaciones (fontanería, electricidad, telecomunicaciones, conductos de ventilación, etc.) atraviesan los cerramientos del edificio y también en las juntas que se producen entre las ventanas y la parte opaca de las fachadas.
La figura 4 muestra el empleo de generador de humos y anemómetro para localizar zonas de entrada de aire tanto en el contorno de ventanas como en las instalaciones.

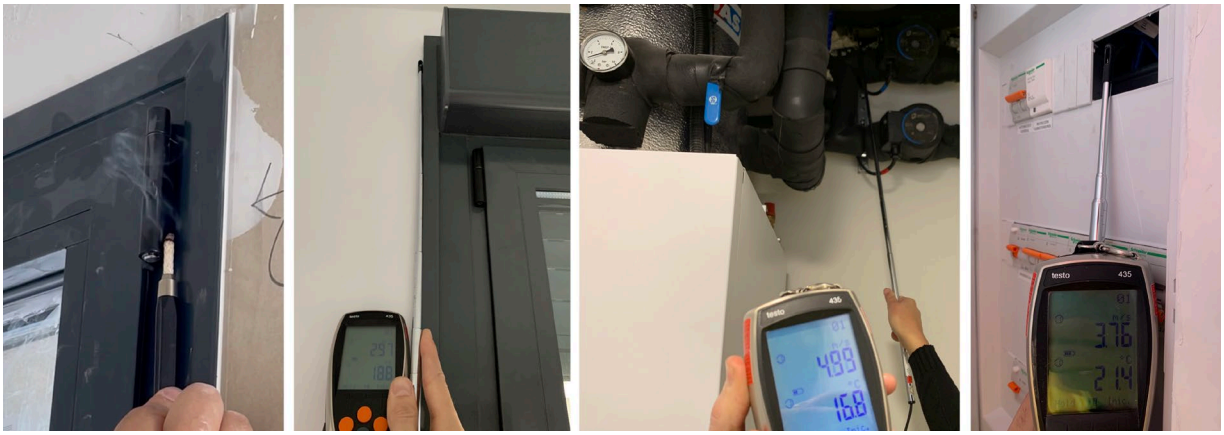

Figura 4. Localización de defectos de hermeticidad. Izquierda: generador de humo utilizado para localizar la entrada de aire en una bisagra de una ventana. Resto: anemómetro utilizado para localizar entradas de aire en las cajas de persiana e instalaciones.

La figura 5 muestra el empleo de la termografía para localizar zonas de entrada de aire en el contorno de ventanas. En este caso, estas termografías se realizaron a las 09:00 horas cuando el aire exterior (imagen izquierda 20,3ºC, derecha 17,1ºC), a menos temperatura que el aire interior (imagen izquierda 23,1ºC, derecha 21,9ºC), enfría las superficies interiores mostrándose en las imágenes como líneas de color azul oscuro.

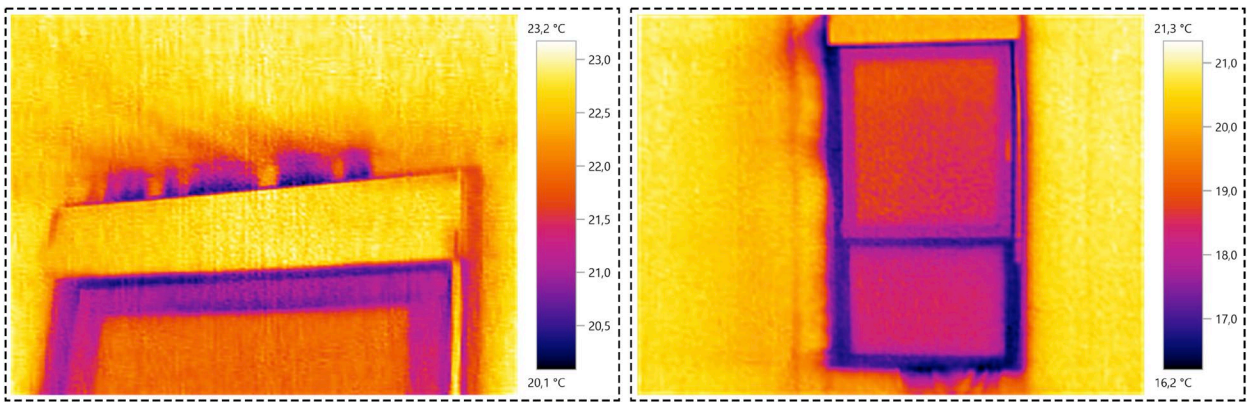

Figura 5. Localización de defectos de hermeticidad en ventanas mediante el empleo de la termografía.

3. PROBLEMAS DE HERMETICIDAD EN LOS EDIFICOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Las viviendas analizadas disponen de muchos elementos que atraviesan los cerramientos exteriores (tuberías de refrigerante que conectan la unidad exterior con la interior; tuberías de agua fría o agua caliente; instalaciones de electricidad o de telecomunicaciones; conductos de extracción de la ventilación; tuberías de evacuación de agua sucia). En los casos en los que las viviendas disponen de terraza, existen luminarias exteriores conectadas al interior de la vivienda.

Todos esos pasos de instalaciones atravesando los cerramientos exteriores son zonas potenciales de generación de infiltraciones de aire.

Por otro lado, el perímetro de las ventanas (zona de conexión de los marcos de las ventanas con la parte opaca de las fachadas) y las cajas de persiana, son también zonas potenciales de generación de infiltraciones de aire.

En los edificios de nueva construcción no es habitual, en España, prestar atención a las infiltraciones de aire.

Por ello, habitualmente no se sellan los pasos de instalaciones, dejando orificios y juntas que comunican con el exterior y generan infiltraciones de aire y, en las ventanas, se trata su perímetro (zona de conexión de marcos de ventanas con la parte opaca de las fachadas) con espuma de poliuretano estándar que deja pequeños orificios que generan infiltraciones de aire.

La figura 6 muestra detalles de la práctica habitual tanto en el perímetro de las ventanas como en el paso de instalaciones.

Figura 6. Defectos de sellado habituales en ventanas (superior) e instalaciones (inferior)

4. RESULTADOS

Para cada uno de los ensayos realizados se ha obtenido el valor medio n_{50} entre el valor de presurización y el de despresurización. Con dichos valores medios se ha elaborado el histograma que muestra la figura 1. El eje vertical representa el número de ensayos (frecuencia) y el horizontal la tasa de renovación de aire o n_{50}.

El valor medio obtenido es de 11,04 h^{-1}, el mínimo de 4,84 h^{-1} y el máximo de 23,89 h^{-1}. Además, en esa figura 1 se ha indicado, con líneas verticales discontinuas amarillas, los valores máximos permitidos por la sección DB-HE1 [3]. Sólo tres ensayos cumplen las exigencias de la normativa.

5. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un análisis realizado a partir de datos experimentales obtenidos mediante ensayos blower door sobre 111 viviendas construidas entre los años 2020 y 2022. Precisamente, en la bibliografía no hay datos disponibles sobre la hermeticidad de edificios de nueva construcción en España.
A partir de los resultados obtenidos con la campaña de ensayos blower door, se puede extraer las siguientes conclusiones:

- La tasa de renovación de aire para una diferencia de presión de 50 Pa o n_{50} varía entre los siguientes valores:
    - Modo despresurización.- Mínimo de 4,80 h^{-1}, medio: 10,99 h^{-1} y máximo de 23,09 h^{-1}.
    - Modo presurización.- Mínimo de 4,85 h^{-1}, medio: 11,09 h^{-1} y máximo de 24,69 h^{-1}.
    - Media.- Mínimo de 4,84 h^{-1}, medio: 11,04 h^{-1} y máximo de 23,89 h^{-1}.
- Analizando los valores medios entre el modo despresurización y el modo presurización, sólo tres ensayos realizados arrojan resultados que cumplen con la exigencia de la normativa [3].
- Los defectos de sellado más comunes detectados aparecen en todos los pasos de instalaciones que atraviesan cerramientos exteriores (tuberías de agua fría o caliente, tuberías de refrigerante de equipos autónomos, instalaciones de electricidad o telecomunicaciones, conductos de ventilación, etc.) y en el contorno de ventanas y cajas de persiana.

REFERENCIAS

[1] Eurostat. Statistical Books. Energy data. 2020 edition. https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11099022/KS-HB-20-001-EN-N.pdf/bf891880-1e3e-b4ba-0061-19810ebf2c64?t=1594715608000

[2] Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana https://www.mitma.gob.es/vivienda

[3] Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE, sus documentos de apoyo DA DB-HE/2 y DA DB-HE/3 y la Guía de Aplicación del DB-HE. https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/ AhorroEnergia.html

[4] Jesús Feijó-Muñoz, Roberto Alonso González-Lezcano, Irene Poza-Casado, Miguel Ángel Padilla-Marcos, Alberto Meiss. Airtightness of residential buildings in the Continental area of Spain. Building and Environment. 148 (2019) 299 - 308. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.010

[5] Jesica Fernández-Agüera, Samuel Domínguez-Amarillo, Juan José Sendra, Rafael Suárez, Ignacio Oteiza. Social housing airtightness in Southern Europe. Energy & Buildings. 183 (2019) 377 - 391. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.041

[6] Jesús Feijó-Muñoz, Cristina Pardal, Víctor Echarri, Jesica Fernández-Agüera, Rafael Assiego de Larriva, Manuel Montesdeoca Calderín, Irene Poza-Casado, Miguel Ángel Padilla-Marcos, Alberto Meiss. Energy impact of the air infiltration in residential buildings in the Mediterranean area of Spain and the Canary islands. Energy & Buildings. 188-189 (2019) 226 - 238. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.023

[7] Irene Poza-Casado, Vitor E.M. Cardoso, Ricardo M.S.F. Almeida, Alberto Meiss, Nuno M., M. Ramos, Miguel Ángel Padilla-Marcos. Residential buildings airtghtness frameworks: A review on the mail databases and setups in Europe and North America. Buildings and Environments. 183 (2020) 107221. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107221

[8] En ISO 9972. Thermal performance of buildings. Determination of air permeability of buildings. Fan pressurization method. 2015