

ARTICLE TÈCNIC

Hermeticitat a l'aire i salut: una aproximació pràctica

Xavier Jaime Novo
Arquitecte tècnic

Els resultats més rellevants demostren la relació directa entre l'hermeticitat de l'envoltant i la qualitat de l'aire, així com l'aparició de patologies derivades de la insuficient renovació de l'aire interior: les condensacions i la formació de floridura a zones fredes dels paraments exteriors.

Els resultats d'aquest estudi reafirmen la necessitat d'afrontar la rehabilitació energètica dels edificis des d'un punt de vista holístic. Cal tenir en compte, però, que la reducció de les renovacions incontrolades d'aire ha d'anar acompanyada de sistemes que assegurin la ventilació dels habitatges de manera automàtica i sense dependència del comportament de l'usuari. El grau d'hermeticitat influeix de manera clara en la qualitat de l'aire interior, la salubritat i el confort. L'alta hermeticitat hauria de concebre's amb sistemes de ventilació mecànica controlada amb recuperador de calor. Les exigències normatives apunten de forma clara cap al disseny i l'execució d'habitatges de consum gairebé nul o d'alta eficiència energètica. Entre les estratègies que cal tenir en compte per aconseguir aquest objectiu hi ha

el control de les infiltracions d'aire no desitjades. Mitjançant una millora substancial de l'hermeticitat a l'aire de l'envoltant, podem aconseguir reduccions significatives de la demanda energètica.

Tot i això, aquestes estratègies han d'anar acompanyades d'altres mesures complementàries per evitar els efectes no desitjats de la reducció de les renovacions d'aire. Sobretot en el marc de les rehabilitacions energètiques.

Els efectes negatius derivats d'aquestes intervencions són les condensacions, la floridura i la mala qualitat de l'aire interior (nivells elevats de CO₂, alta humitat), els quals afecten de manera clara la salut de les persones (infeccions respiratòries, asma, mal de cap, cansament).

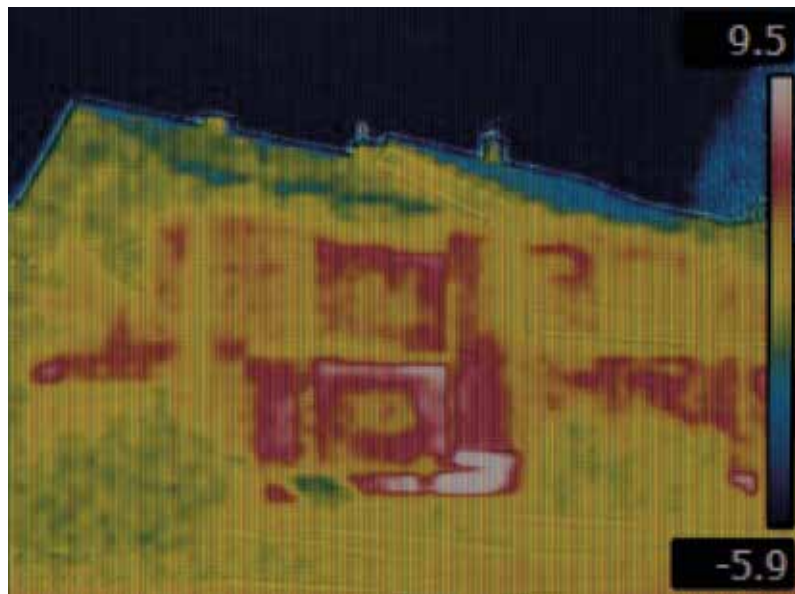


Per a l'estudi d'aquesta problemàtica s'ha analitzat la influència de la millora de l'hermeticitat de l'envoltant i la relació amb el nivell de CO₂ en un habitatge d'una planta entre mitgeres sense sistema de ventilació mecànic a excepció dels extractors d'accionament manual a banys i cuina.

S'ha millorat l'hermeticitat del cas d'estudi mitjançant el segellat dels conductes de ventilació o l'extracció mitjançant làmines de plàstic i cinta adhesiva. Posteriorment, s'han mesurat els nivells resultants d'hermeticitat amb el test Blowerdoor, segons la norma UNE-EN ISO 9972:2019⁴. De la mateixa manera, també s'ha dut a terme el monitoratge de la qualitat de l'aire interior: la temperatura, la humitat i el CO₂ en aquestes condicions de millora. A tot això cal afegir el seguiment de les pautes de comportament dels usuaris per establir possibles relacions entre els paràmetres mesurats i els patrons de comportament. Aquests valors s'han comparat amb els mateixos mesuraments (test Blowerdoor i monitoratge de la qualitat de l'aire) abans del segellat de les penetracions de l'envoltant o dels buits existents.

Com a eines auxiliars s'han utilitzat generadors de fum, anemòmetre de fil calent i inspecció termogràfica per a la localització de les infiltracions. Aquesta darrera ens ha permès protocol·litzar un sistema senzill per estimar el factor de temperatura superficial interior.

Els resultats més rellevants demostren la relació directa entre l'hermeticitat de l'envoltant i la qualitat de l'aire, així com l'aparició de patologies derivades de la insuficient renovació de l'aire interior: les condensacions i la formació de floridura a zones fredes dels paraments exteriors.



Introducció

La influència de l'hermeticitat de l'envolupant dels edificis està directament relacionada amb l'eficiència energètica. L'estudi portat a terme per Poza-Casado et al.⁶ demostra l'impacte elevat de les infiltracions d'aire no controlades a través de l'envolupant, especialment la seva repercussió energètica en la demanda de calefacció. D'altra banda, també demostra l'efecte directe que té en el confort i la qualitat de l'aire interior.

En aquest darrer àmbit s'han fet estudis que relacionen directament l'hermeticitat (infiltracions no controlades de l'aire a través de l'envolupant) i la qualitat de l'aire interior. Més concretament, Fernández-Agüera et al.¹ han dut a terme un estudi centrat en habitatges de promoció oficial a Espanya, els resultats del qual mostren una relació directa entre les infiltracions, les renovacions d'aire i la manca de sistemes de ventilació, amb una baixa qualitat de l'aire interior.

Altres estudis, com el de Mickaël et al.², enfocats en habitatges nous a

Hi ha una relació directa entre la substitució de les finestres per altres de més estanques i la reducció de la taxa de ventilació natural a causa d'infiltracions.

França, demostren la relació entre la qualitat de l'aire interior, el confort, l'activitat humana i els sistemes de ventilació.

Finalment, hi ha una relació directa entre la substitució de les finestres per altres de més estanques i la reducció de la taxa de ventilació natural a causa d'infiltracions, amb el consegüent empitjorament de la qualitat de l'aire interior i/o l'aparició de fenòmens de condensació segons d'Ambrosio et al.³.

En l'estudi portat a terme per de la Cruz ⁵, on es compara la qualitat de l'aire entre un habitatge hermètic amb sistema de ventilació controlat (Certificada Passivhaus) i un habitatge anterior al CTE, conclou que la qualitat de l'aire durant l'horari nocturn de l'habitatge Passivhaus és millor.

En aquest context que relaciona l'hermeticitat a l'aire de l'envolupant, la ventilació i la qualitat de l'aire, l'objectiu principal d'aquest estudi és avaluar la qualitat de l'aire en dos escenaris d'estanquitat a l'aire en un habitatge durant un període concret de l'època hivernal.

Desenvolupament / metodologia

La metodologia seguida contempla la presa de mesures in situ de la qualitat de l'aire interior mitjançant un sensor Mica Desk (Inbiot), de l'hermeticitat a l'aire mitjançant el test Blower Door I el recull de dades meteorològiques amb una estació situada al mateix habitatge. D'altra banda, també contempla la presa de termogrames en diversos punts per mesurar el factor de temperatura del pont tèrmic d'instal·lació de les balconeres.

Estudi del cas

Es tracta d'un habitatge unifamiliar entre mitgeres de dues plantes d'alçada. La planta baixa es destina a serveis tècnics, garatge i local. El programa funcional de la planta pis es destina a ús residencial.

Característiques del cas d'estudi:

Tipologia	Any construcció	Any reforma	Plantes	Àrea planta (m ² útils)	Volum m ³	Usuaris	Orientació
Habitatge entre mitgeres	1850	1998	2	108.32	306.03	3 adults	EO

Tipologia constructiva del cas d'estudi:

Tipologia constructiva	
Façanes	Maçoneria ordinària. Acabat ext. Remolinat i pintat. Interior enguixat i pintat. Gruix total 52 cm.
Fusteria exterior	Alumini no RPT amb juntes EPDM. Vidre càmera (4/10/6). Sense caixa de persiana.
Coberta	Coberta inclinada de teula àrab. Espai sota coberta ventilat. Fals sostre de plaques PYL amb 8 cm de llana de fibra de vidre.
Sòl	Forjat de biguetes metàl·liques, entrebigat ceràmic i paviment flotant de fusta.
Calefacció	Radiadors de planxa i caldera de gasoil. Estufa de llenya sense presa exterior d'aire. Unitat de bomba calor a cuina i menjador.
Ventilació	Campana extractora a cuina i ventiladors a banys.

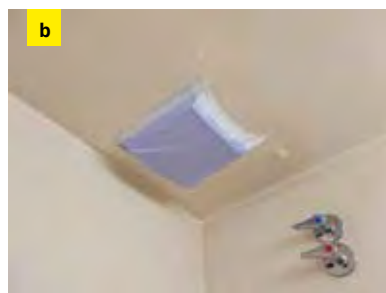
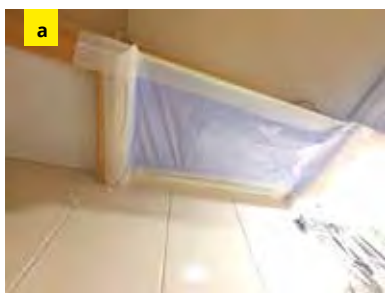
Assaig test Blower Door

Les dades del test Blower Door han estat obtingudes seguint el procediment de la norma UNE-EN ISO 9972:2019. L'assaig es va fer sota dos estats del cas d'estudi. El primer, en l'estat de l'edifici en ús. El segon, amb l'hermeticitat millorada consistent en el segellat de les sortides dels tres ventiladors de les zones humides (2 banys i cuina).

Per a l'escenari de millora de l'hermeticitat de l'habitatge s'ha procedit al segellat de les reixetes de ventilació mecànica dels banys i extractor de la cuina mitjançant plàstic i cinta.



Ubicació del ventilador durant el test.



Fotografies del segellat dels ventiladors. (a) Extractor cuina. (b) (c) Banys.

Monitorització de la qualitat de l'aire

La qualitat de l'aire, la temperatura i la humitat interiors van ser preses mitjançant un datalogger MICA DESK que va registrar les dades a intervals de 15 minuts. Es va ubicar un únic mesurador al passadís de l'habitatge. La seva posició es mostra en la següent imatge:

Per mesurar les dades de la qualitat d'aire es va procedir al segellat temporal dels ventiladors de 10 de la nit a 6 del matí segons el mètode indicat al punt anterior, coincidint amb el període de descans nocturn i mantenint les portes dels dormitoris obertes.

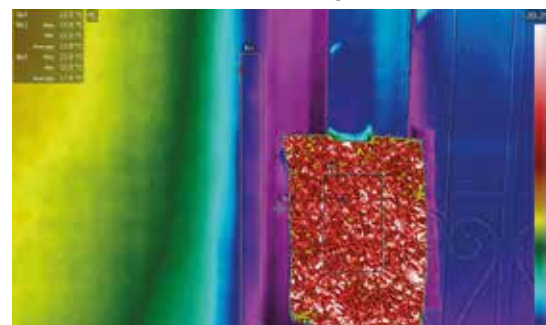
Ubicació i fotografia del registrador MICA DESK.



Presca de termogrames

S'han pres tres termogrames de tres punts diferents del lateral de les balconeres exteriors mitjançant una cambra termogràfica FLIR E95. Aquests mesuraments s'han fet a primera hora del matí per aconseguir un diferencial significatiu entre la temperatura interior i l'exterior.

Termograma.



Resultats i discussió

Mesures de l'hermeticitat

La següent taula mostra les dades obtingudes als dos assaigs. No es va observar una millora significativa entre l'hermeticitat de l'edifici en ús i l'hermeticitat millorada mitjançant el segellat dels ventiladors. Les fuites d'aire en aquest segon estat s'han localitzat a les juntes de les fulles de les fusteries amb els marcs i a les llums encastades al sostre fals.

Resultats de l'hermeticitat:

		q50	n50	qE50
Mètode UNE 9972	Estat	m ³ /h	1/h	m ³ /h·m ² Àrea Envoltant
1	Edifici en ús	493	1.61	1.48
2	Edifici amb segellats de ventiladors	450	1.47	1.35

Mesures de qualitat d'aire interior

La següent taula mostra un resum dels resultats dels mesuraments entre les 10 de la nit i les 6 del matí durant 6 dies, així com les dades dels dies anteriors i posteriors al període de segellat de les sortides de ventilació. S'ha sumat el total acumulat de cada valor per període de temps (setmanes).

L'escenari OBERT correspon a una situació no millorada de l'hermeticitat, amb els conductes de ventilació o extracció oberts. Correspon al mètode 1 o edifici en ús (UNE-EN ISO 9972:2019).

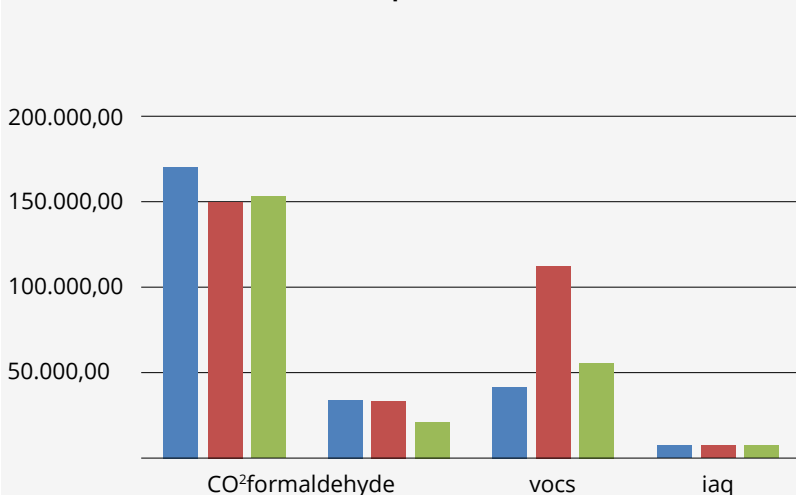
L'escenari TANCAT correspon a una situació millorada de l'hermeticitat, amb els conductes de ventilació o extracció segellats. Correspon al mètode 2 (UNE-EN ISO 9972:2019).

El gràfic dels resultats s'expressa a continuació:

Resum de les dades de qualitat d'aire:

SETMANA	CO ²	formaldehyde	VOCS	Índex Qualitat (IAQ)
1 OBERT	169,615.00	33,497.00	41,127.00	7,688.00
2 SEGELLAT	150,386,00	32,656.00	111,316.00	6,984.00
3 OBERT	152,392.00	20,557.00	54,469.00	7,363.00

Gràfic de resultats: Resum dades qualitat de l'aire:



■ 1 OBERT ■ 2 SEGELLAT ■ 3 OBERT

Termografies

Dels termogrames preses se n'ha fet el càlcul de l'emissivitat de la superfície interior per calcular el factor de temperatura superficial interior R_{si} .

On

$$fR_{si} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

- θ_{si} temperatura mínima a la superfície interior del tancament
- ($^{\circ}\text{C}$); θ_i temperatura de l'ambient interior ($^{\circ}\text{C}$);
- θ_e temperatura de l'ambient exterior ($^{\circ}\text{C}$)

Els resultats s'exposen a la taula següent.

Resistències superficials interiors:

Termograma	θ_{si}	θ_i	θ_e	R_{si}
1	13.0	19.6	2.4	0.61
2	13.0	19.6	2.4	0.61
3	13.1	19.6	2.4	0.62

Conclusions

Dels resultats obtinguts podem concloure que la millora de l'hermeticitat en el cas estudiat no ha tingut una incidència determinant en el mesurament del contingut de CO_2 . Tot i això, s'ha detectat un augment dels VOC (Components Orgànics Volàtils), que comporta un empitjorament de la qualitat de l'aire interior.

Als ponts tèrmics laterals s'ha determinat mitjançant la termografia infraroja d'índexs de temperatura superficial interior amb risc de formació de condensacions, patologia que es veu agreujada amb una ventilació deficient de l'ambient interior.

En futurs treballs es proposa l'anàlisi d'altres casos amb una

millora substancial de l'hermeticitat i presa de dades de monitorització tant per al període hivernal com estival.

Els resultats d'aquest estudi reafirmen la necessitat d'afrontar la rehabilitació energètica dels edificis des d'un punt de vista holístic. Cal tenir en compte, però, que la reducció de les renovacions incontrolades d'aire ha d'anar acompanyada de sistemes que assegurin la ventilació dels habitatges de manera automàtica i sense dependència del comportament de l'usuari. El grau d'hermeticitat influeix de manera clara en la qualitat de l'aire interior, la salubritat i el confort. L'alta hermeticitat hauria de concebre's amb sistemes de ventilació mecànica controlada amb recuperador de calor.

Bibliografia

1. Jessica Fernández-Agüera*1, Juan José Sendra2, Rafael Suárez2, Samuel Domínguez-Groc2 i Ignacio Oteiza1, "AIRTIGHTNESS AND INDOOR AIR QUALITY IN SUBSIDISED HOUSING IN SPAIN", 1 Institut de Ciències de la Construcció Av. Serrano Galvache, 4, 28033 Madrid, Spain *jfernandezaguera@us.es 2 Institut Universitari d'Arquitectura i Ciències de la Construcció, University of Seville, Av. Reina Mercedes, 2, 41012 Seville, Spain.
2. Mickaël D, Bruno B, Valérie C, et al, "Indoor air quality and comfort in seven newly built, energyefficient houses in France", Building and Environment(2014) 72 173-187.
3. d'Ambrosio Alfano F, Dell'Isola M, Ficco G et al. *Sustainability* (Switzerland) (2016) 8(10).
4. UNE-EN ISO 9972:2019 Prestacions tèrmiques dels edificis. Determinació de la permeabilitat a l'aire dels edificis. Mètode de pressurització amb ventilador. (ISO 9972:2015).
5. L. de la Cruz Pérez, "Estudio y Análisis Comparativo de la Calidad del Aire Interior de una Vivienda Bioclimática versus una Vivienda Certificada Passivhaus" (2020).
6. Poza-Casado, Irene & Meiss, Alberto & Padilla-Marcos, Miguel & Feijó-Muñoz, Jesús. "Repercusión energética de las infiltraciones de aire a través de la envolvente de los edificios residenciales en España". (2018).