



Frescor a l'estiu, calor a l'hivern: tot a través d'una sola finestra intel·ligent

Refredar a l'estiu i escalfar a l'hivern llars, botigues i altres espais interiors consumeix aproximadament el 15% del subministrament energètic mundial, cosa que subratlla la necessitat de millorar els sistemes per al control tèrmic estacional.

Investigadors de l'ICFO proposen un nou tipus de finestres intel·ligents per a un control tèrmic eficient, amb propietat ajustable que permeten aprofitar millor la calor a l'hivern alliberar-la a l'estiu. Aquests resultats, publicats recentment a *Nanophotonics*, són clau per reduir el consum energètic global destinat a la climatització d'espais interiors. Aquestes finestres podrien arribar a disminuir en més d'un 40% la demanda energètica dels edificis a Barcelona.

Una estratègia prometedora per controlar la calor en espais interiors es l'ús de finestres tèrmicament intel·ligents: finestres amb unes propietats d'absorció, emissió i/o transmissió de la radiació que poden ajustar-se segons les necessitats. Hi ha dos rangs de freqüència d'especial interès per a la regulació tèrmica: l'infraroig proper (on es concentra la radiació solar i, per tant, es pot aprofitar per escalfar) i l'infraroig mitjà (on l'absorció atmosfèrica s'reduceix gairebé a zero, fet que permet irradiar la calor cap a l'univers per refredar). La recerca prèvia en finestres tèrmicament intel·ligents es limitada, i la majoria dels estudis se centren en l'infraroig proper o en el mitjà, però rarament en tots dos alhora. En una publicació recent a *Nanophotonics*, l'investigador de l'ICFO, el **Dr. Julien Legendre**, i la **Professora de l'ICFO, la Dra. Georgia Papadakis, han estudiat una finestra intel·ligent que opera simultàniament en aquests dos rangs de freqüència**. Han analitzat els beneficis en termes de la demanda elèctrica per calefacció i refrigeració, i han demostrat que aquests dispositius podrien construir-se amb arquitectures existents que ja poden fabricar-se en laboratori.

Fer una pausa per detectar els buits en la recerca sobre finestres intel·ligents

El camp de les finestres intel·ligents -que es refereix, principalment, a finestres que poden tornar-se transparents o opaques respecte a la llum visible- va sorgir fa menys de 15 anys i ha crescut ràpidament des de llavors. Aquest auge ha donat lloc a múltiples línies de recerca tot i que la interacció entre elles ha estat força escassa.

«Vam pensar que era un bon moment per fer un pas enrere i entendre adequadament les diferents direccions en que es mou la recerca», recorda el Dr. Julien Legendre, primer autor de l'estudi. «I vam descobrir que, en realitat, gairebé ningú havia investigat dissenys que combinessin la modulació de l'infraroig proper i mitjà, tot i que això podria comportar millores significatives en la regulació tèrmica».

Així doncs, l'equip es va posar a treballar, analitzant en profunditat el potencial de controlar cada rang espectral per a la regulació tèrmica. Finalment, van proposar un disseny que combina materials de canvi de fase i cristalls líquids. **Les finestres resultants podrien reduir en més d'un 40% la demanda energètica dels edificis situats en latituds com la de Barcelona**, en comparació amb el vidre de sílice tradicional.

Tanmateix, els investigadors també identifiquen limitacions estructurals i de materials que podrien dificultar el rendiment de les finestres i que, per tant, haurien de guiar les futures investigacions. L'equip assenyala que el principal obstacle és la baixa capacitat de modulació en el rang de l'infraroig proper, mentre que l'escalabilitat de la fabricació, els costos i la sostenibilitat dels materials també emergeixen com a reptes clau a tenir en compte.

«Creiem que millorar aquests aspectes serà fonamental per democratitzar l'ús de les finestres intel·ligents», afirma el Dr. Lege

dre. Tot i que la gestió tèrmica és la motivació principal per desenvolupar aquest tipus de finestres, els autors també contempen altres aplicacions, com ara el camuflatge tèrmic

. El camuflatge termic consisteix a ajustar les propietats radiatives en l'infraroig dels dispositius, permetent que s'integrin amb l'entorn a l'hora de prendre imatges termiques. Segons la professora Georgia Papadakis, autora senior de l'article i lider del grup de Fotonica Termica a l'ICFO: *De fet, vam començar a treballar en el camuflatge termic a principis d'aquest any, a través del projecte europeu CATHERINA. Amb això, esperem crear sinergies valuoses entre aquestes diferents àrees de recerca*

Referencia:

Legendre, Julien and Papadakis, Georgia T. "Energy-efficient thermally smart windows with tunable properties across the near- and mid-infrared ranges" *Nanophotonics*, 2025.

DOI: <https://doi.org/10.1515/nanoph-2025-0219>

Agraiments:

This work was supported by the Fundacio Mir-Puig, the Fundacio Cellex, the Generalitat de Catalunya (2021 SGR 01443), the Ministerio de Ciencia e Innovacion (CEX2019-000910-S, PID2020-112625GB-I00, PID2021-125441OA-I00), and the European Union (CATHERINA, 101168064).