

# LA SUPERVENTANA

Por JOAQUIN FERNANDEZ MADRID  
Doctor Arquitecto. Profesor Titular de la E.T.S.A.  
de La Coruña

El último cuarto de este siglo se caracterizará por el esforzado intento de reducir los gastos energéticos en los edificios. Pero no todos los propósitos se alcanzan, y mucho menos en todos sus aspectos. Cuando alguien malgasta un bien preciado, se dice que lo tira por la ventana. Literalmente, los occidentales hemos lanzado millones de kilocalorías por las ventanas cada año.

El Lawrence Berkeley Laboratory lleva veinte años investigando en tecnología aplicada a la arquitectura dentro de un programa más amplio de ahorro energético. Los responsables han centrado las líneas de investigación hacia dos objetivos: a) cómo aumentar la resistencia térmica de los cerramientos; y b) cómo conseguir cerramientos interactivos.

La tendencia general al uso de grandes superficies acristaladas obliga a prestar una especial atención a los «huecos», frente a la ya tradicional conciencia de aislar los paramentos «ciegos». En efecto, sólo caben dos opciones para ahorrar energía, o se reduce la proporción de ventanas o se desarrolla otro tipo de cerramiento transparente con coeficiente de transmisión térmica mucho menor, que esté próximo al del resto de las fachadas. Hacia esta dirección se lanzaron sus esfuerzos y el resultado ha sido la «superventana».

El elemento principal es el vidrio. En la primera generación se consiguieron vidrios de espesores crecientes y regulares, con una planeidad casi perfecta, gracias al proceso del pulido. En la segunda generación aparecieron los vidrios especiales: dos o más placas separadas por una cámara estanca de aire desecado, con una transmisión térmica decididamente más baja, pero todavía insuficiente.

Con la inclusión de delgados films «low-E» (de baja emisividad) podemos hablar de una tercera generación en los acristalamientos. Las radiaciones electromagnéticas del sol atraviesan una ventana con un espectro que va desde las ondas cortas ultravioletas, pasando por las visibles hasta las próximas a las infrarrojas; pero una casa y los muebles que están en su interior emiten radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda mucho mayores y más frías que las infrarrojas. Los delgados films, las películas «low-E» —de sólo unos 200 átomos de espesor— controlan la transmisión de la radiación. Para mantener el calor, los films permiten el paso de la radiación solar (hasta dos o tres micras) pero reflejan las de mayor longitud de onda irradiadas desde los objetos interiores (desde 5 a 50 micras).

Algunos materiales, como el oro o la plata, se comportan así, pero son poco transparentes. Sin embargo, se puede intercalar una delgada película de plata entre dos capas de un material no conductor, como por ejemplo dióxido de titanio. Este «sandwich» multicapa estimula el paso de luz a través de la capa de plata. A partir de 1980 se construyeron ventanas con acristalamiento que

incorporaba este sistema, consiguiendo una eficacia siete veces mayor que las de vidrio sencillo, y tres veces más que una con doble acristalamiento, y todo ello con una claridad excelente pues la reducción de luz transmitida era sólo del orden del 10 por ciento.

Sin embargo, la mayor parte de los fabricantes prefirieron conseguir vidrios de baja emisividad depositando la película «low-E» directamente en el vidrio, aprovechando la tecnología diseñada para depositar sustancias en el vidrio y conseguir así vidrios parasoles o reflectantes. Por los años 85 la mayor parte de los fabricantes USA producían ventanas «low-E».

Aunque las películas «low-E» habían sido desarrolladas originalmente para las regiones más frías del norte, donde el principal objetivo es reducir las pérdidas de calor, después fueron utilizadas con éxito para las regiones meridionales. Estas películas, llamadas acristalamientos selectivos del espectro solar, dejan pasar la luz pero rechazan el calor y las radiaciones infrarrojas solares en mayor medida que lo hacen las originales películas «low-E».

Efectivamente las películas «low-E» tiene que ver con el problema de reducir la transmisión de calor radiante. Para reducir aún las pérdidas de calor a través de las ventanas, los investigadores tuvieron que recurrir a los modos remanentes de transmisión de calor entre dos piezas de vidrio: la conducción, transmisión de calor a través de un medio sólido o gaseoso, y la convección, transmisión de calor gracias al movimiento de un gas.

En 1985, los científicos de LBL se pusieron a diseñar una ventana que redujera a la mitad la pérdida de calor de las mejores ventanas «low-E». Para reducir la transmisión de calor por conducción y convección, idearon la utilización de gases de baja conductividad, tales como argón y criptón, para aislar mejor las ventanas. El prototipo ensayado incorporaba dos películas «low-E» sobre tres capas de vidrio separadas por gases de baja conductividad —argón y/o criptón—. El diseño se basaba en las tecnologías en uso en la industria para ventanas con cámaras rellenas con gas o provistas de films filtrantes.

Al final de los años 80 el Departamento de Energía —DOE— subvencionó el desarrollo de una «superventana» y su posterior comprobación en edificios experimentales. El prototipo consiguió un valor de aislamiento R-8 en la parte central del acristalamiento, justo el doble del valor medio, R-4, conseguido en el centro de una ventana provista de doble acristalamiento con «low-E» y cámara rellena con argón. Con un espesor de tan sólo 25 mm. aísla tanto como 65 mm. de fibra de vidrio, con la ventaja de poder ver a través de él y permitir la entrada de la energía solar. (Figura 1).

Los ensayos se han realizado con la ayuda de una «caravana», con distintas orientaciones y emplazamientos —normalmente en zonas con veranos cálidos e inviernos soleados y fríos— provista de un par de calorímetros diseñados para determinar cuidadosamente el flujo calorífico. En la fachada de la caravana se puede instalar todo tipo de ventanas, con dimensiones hasta 240 x 240 mm. y puede simular lo que pasa en edificios de mayor tamaño.

Es un error simplista identificar ventana con vidrio. La ventana es un elemento híbrido, con muchos componentes complejos. Ya hemos visto como el comportamiento térmico de un «supervidrio» es excelente en su zona central, pero decae grandemente en el perímetro. Lo mismo podríamos decir de la carpintería que soporta el vidrio, y especialmente cuando tiene elementos practicables. Un análisis termográfico de la banda de infrarrojos muestra claramente cómo la mayor pérdida de calor se produce en torno al bastidor. Parece lógico que los esfuerzos de la investigación se encaminen a desarrollar carpinterías y sistemas de borde para doble acristalamiento con menores coeficientes de transmisión térmica. (Figura 2).

La norma española NBE-CT-79 necesita ponerse al día e incorporar los nuevos tipos de acristalamiento, así como los casos especiales de mayor fragmentación del vidrio en una ventana. Piénsese que, para una carpintería metálica con acristalamiento doble (6 + 12 + 6), el coeficiente de transmisión térmica de una ventana de 120 x 120 mm. debe aumentarse un 3% si se utiliza un acristalamiento con baquetas en el interior de la cámara del acristalamiento y llegar a un aumento de un 10% si se subdivide el ventanal con peñazos completos en nueve paños más pequeños, como es tradicional en las áreas atlánticas.

Asimismo la Norma ignora la existencia de carpinterías con rotura de puente térmico y no incluye un cuadro que permita integrar en un único factor característico el comportamiento de una

ventana según estanqueidad al agua (E1.E2.E3.EE), su permeabilidad al aire (A1.A2.A3) y su resistencia al viento (V1.V2.V3).

CLASIFICACION DE VENTANAS	
— Por la permeabilidad al aire:	Clase A1: Normal Clase A2: Mejorada Clase A3: Reforzada
— Por la estanqueidad al agua:	Clase E1: Normal: 50 Pa PE Clase E2: Mejorada: 150 Pa PE Clase E3: Reforzada: 300 Pa PE Clase EE: Excepcional: PE 500 Pa Siendo PE la Presión exterior máxima expresada en Pascales
— Por la resistencia al viento:	Clase V1: Normal Clase V2: Mejorada Clase V3: Excepcional Para algunos países VE = V3 (reforzada)

Fuente: Catálogo General Technal 1990

### LAS VENTANAS INTELIGENTES

Otro de los caminos recorridos por la investigación, en lo que se refiere a la aplicación de películas que mejoren las prestaciones del vidrio, ha sido el oscurecimiento de acuerdo con los cambios exteriores, las necesidades energéticas y las preferencias de los ocupantes.

Las ventanas electrónicas tienen la capacidad de oscurecerse y de esclarecerse. A diferencia de los vidrios solares fotocromáticos, que cambian con la presencia de la luz, una ventana electrocrómica actúa con el estímulo de una corriente eléctrica de muy poco voltaje —uno o dos voltios—. Al aplicar el voltaje se oscurece, al retirarlo se mantiene oscura, al invertir la corriente la ventana se aclara hasta su estado original. El control se puede conectar a un ordenador central que gobierne todo el edificio, o bien, ser accionado por los ocupantes. La meta es minimizar las necesidades de frigorías, y proporcionar control del deslumbramiento, confort térmico y privacidad.

En una ventana electrocrómica, el recubrimiento sensible está compuesto por cinco capas: dos capas transparentes conductoras, un conductor rápido de iones, un electrodo contador del paso de iones, y una capa electrocrómica. Cuando se aplica el voltaje, los iones son lanzados hacia atrás y hacia adelante entre la capa electrocrómica —normalmente a base de trióxido de tungsteno u óxido de papel de níquel— y el electrodo contador a través del conductor de iones. La ventana cambia de transparente a opaca cuando los iones son mueven dentro de la capa electrocrómica y reaccionan con el dióxido de tungsteno. El espesor total es normalmente inferior a una micra. (Figura 3).

Algunos fabricantes han adquirido la licencia para utilizarla en ventanas de viviendas y oficinas; los fabricantes de automóviles están ya utilizando espejos retrovisores electrocrómicos y pronto incluirán lunetas-solares electrocrómicas. Además de hacer más confortable el interior de los vehículos, las ventanas inteligentes reducirán el tamaño de los equipos de refrigeración, y de paso, reducirán el uso de los clorofluorcarbonos que dañan la capa de ozono.

NOTAS: 1 micra =  $10^{-3}$  mm.  
1 nanómetro =  $10^{-6}$  mm.  
1 Armstrong =  $10^{-7}$  mm.

### BIBLIOGRAFIA

- Norma NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas de los edificios.
- DIANE LAMACCHIA «Looking into windows» —LBL Research Review— 1992.

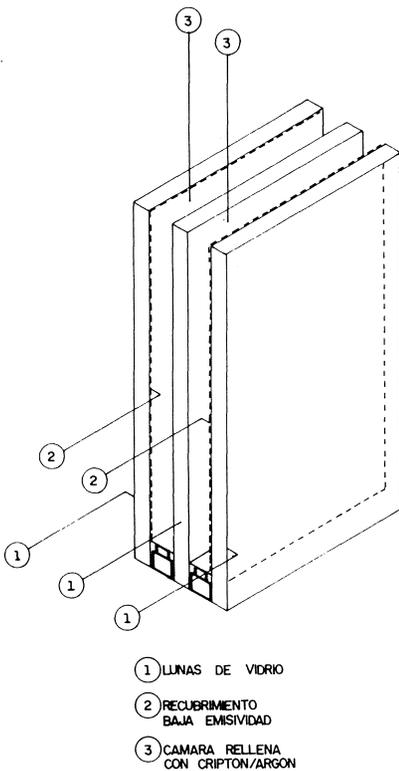


Fig. 1.—CON DOS LUNAS PROVISTAS DE RECUBRIMIENTO DE BAJA EMISIVIDAD, SEPARADAS POR UNA TERCERA LUNA Y CAMARAS LLENAS DE GAS, SE CONSIGUE UNA «SUPERVENTANA» R-8 ( $K=0,61 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

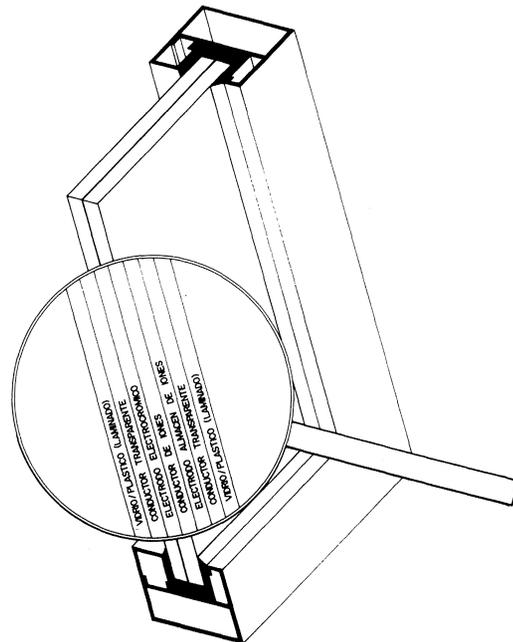


Fig. 3.—UN SISTEMA ELECTROCROMICO SE COMPONE DE CINCO DELGADAS CAPAS, CON UN ESPESOR MENOR DE UNA MICRA, ENCERRADAS ENTRE DOS PLACAS DE VIDRIO O PLASTICO.

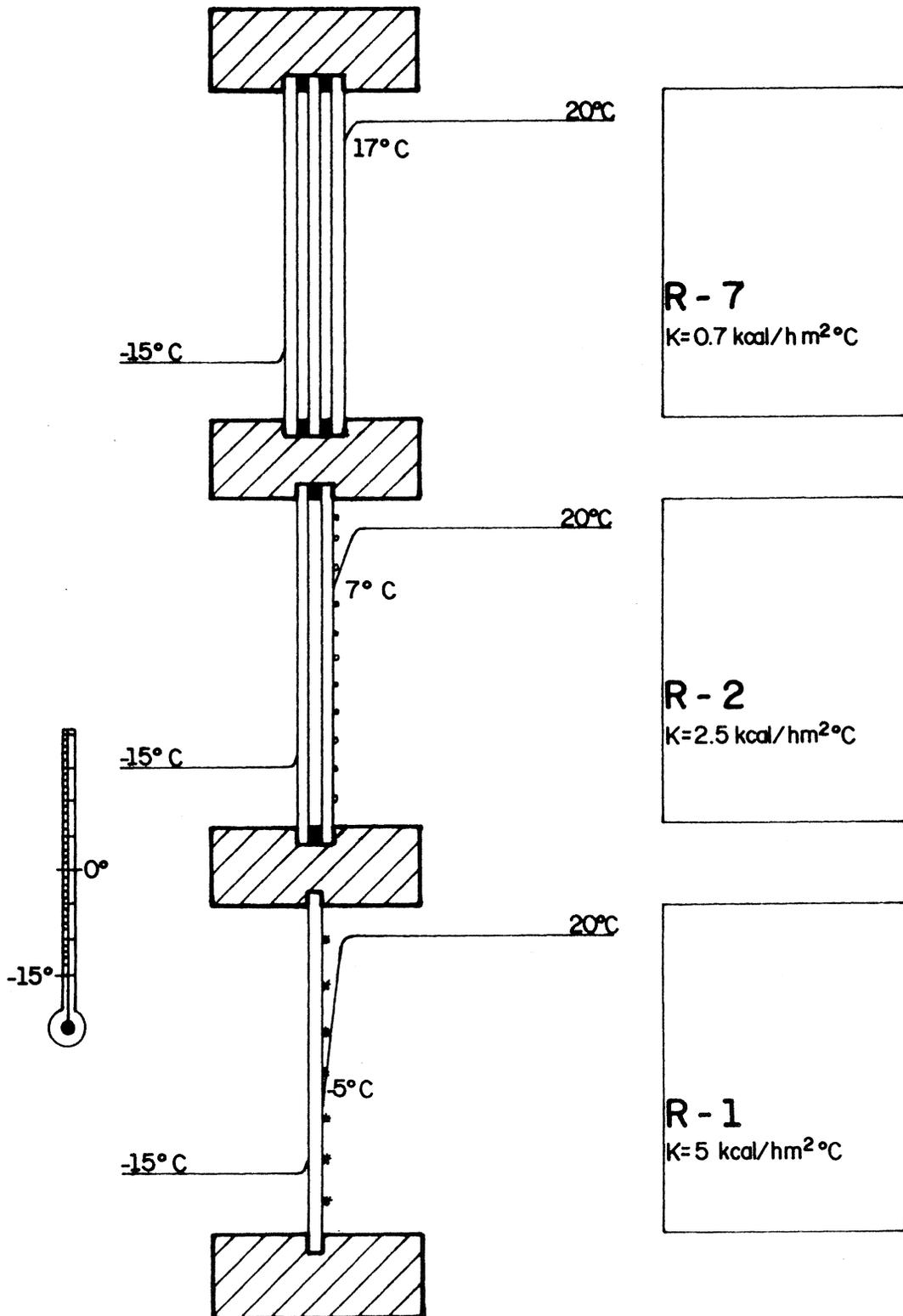


Fig. 2.—EN UN ENSAYO CON TEMPERATURA EXTERIOR  $-15^{\circ}\text{C}$ , SE DEMUESTRA LA CAPACIDAD AISLANTE DE UNA «SUPERVENTANA» (ARRIBA), EN TANTO QUE LA VENTANA CON DOBLE ACRISTALAMIENTO (CENTRO) MUESTRA CONDENSACION POR EL INTERIOR Y LA VENTANA CON UNA SIMPLE LUNA (ABAJO) APARECE COMPLETAMENTE ESCARCHADA.