

## ESTUDIO DE LOS EFECTOS ACÚSTICO Y TÉRMICO DE LA PERSIANA INTEGRADA CON LA VENTANA

*Díaz Sanchidrián C, Díaz Chyla A., Navacerrada Saturio, M.A.*

*Grupo de Investigación en Acústica Arquitectónica. E.T.S. de Arquitectura. U.P.M.*

*Avda. Juan de Herrera, 4, 28040 Madrid, España*

### Resumen

En este trabajo se estudian los efectos que produce en el aislamiento acústico a ruido aéreo y en la transmitancia térmica de ventanas practicables con unidades de vidrio aislante y carpintería de PVC, la instalación de la persiana integrada con la caja de persiana. En los casos de ventanas sencillas con caja de persiana y con diferentes unidades de vidrio aislante con emisividad normal o baja, y con la persiana extendida o replegada, se muestran los resultados de las mediciones del aislamiento acústico a ruido aéreo de ventanas en laboratorio de acuerdo con la Norma UNE EN ISO 10140-2:2010 y los cálculos de la transmitancia térmica según el método de la norma UNE EN ISO 10077-1:2010.

**Palabras clave:** Aislamiento térmico, aislamiento acústico, ventanas, persianas, persiana integrada con ventana.

### Summary

In this paper the effects in the airborne sound insulation and thermal transmittance are analysed, when in prefabricated openable single windows with insulating glass unit and PVC joinery a built-in shutter with window is placed. The results of measurements of airborne sound insulation of windows in laboratory were determined by testing according to UNE EN ISO 10140-2:2010 and the calculation of the thermal transmittance was carried out conforming to EN ISO 10077-1:2010 for simple windows with shutter box and with different insulating glass units with normal or low emissivity and with shutter extended or retracted.

**Key words:** Thermal transmittance, sound insulation, windows, built-in shutter with window

## 1 INTRODUCCIÓN

Una ventana, es un elemento constructivo que sirve, de una forma funcional y estética, para cerrar el hueco de fachada. Es la parte transparente de la fachada que permite la relación interior/ exterior, así como la entrada de aire, iluminación natural, radiación solar y la visión en ambos sentidos. Según la calidad de la ventana, número de hojas, aproximadamente el 60-80 % de la ventana es vidrio, soportado sobre unos bastidores de diferentes materiales: madera, aluminio, PVC, poliuretano y mixtos, que permiten la apertura y el cierre de la ventana y protegen el interior de las inclemencias externas y del ruido [1].

Las ventanas con independencia de la materia prima de sus perfiles y sistema de apertura, tienen características fundamentales que afectan a la satisfacción de los requisitos básicos de la edificación. Se concretan en las siguientes características técnicas armonizadas definidas en la norma de producto UNE-EN 14351-1: Reacción al fuego; mecanismos de seguridad para ventanas abisagradas y pivotantes; resistencia al impacto, a las acciones del viento, nieve y cargas permanentes; estanquidad al agua; emisión de sustancias peligrosas; aislamiento acústico a ruido aéreo; permeabilidad al aire; resistencia térmica y propiedades frente a la radiación solar [2].

En España, el Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006 de 17 de Marzo) es el marco normativo que establece las exigencias que se deben cumplir al proyectar construir, usar, mantener y conservar los edificios, incluidas sus instalaciones, con el fin de asegurar la calidad, seguridad y salud del usuario, respetando en todo momento su entorno. Para asegurar el cumplimiento de las exigencias del CTE se han elaborado diferentes Documentos Básicos, DB, entre ellos están los documentos básicos DB HR Protección frente al ruido [3] y el DB HE Ahorro de energía [4].

En el DB HE Ahorro de energía tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. La Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

indica que los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

El ruido generado por la actividad humana es uno de los contaminantes más habituales en nuestras ciudades, sobre todo debido al aumento de las fuentes de ruido de tráfico y se considera como una fuente importante de posibles trastornos para la salud de las personas (físicos, psicológicos y sociales), que por otra parte conlleva importantes efectos económicos. El DB HR Protección frente al ruido del CTE, establece unos valores mínimos in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{2m,nT,Atr}$  entre un recinto protegido y el exterior, en función del uso del edificio y del nivel sonoro continuo equivalente día  $L_d$  de la zona donde se ubique el edificio. El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , entre un recinto protegido y el exterior debe ser al menos el que se indica en la Tabla 1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día,  $L_d$ , definido en el Anexo I del R D 1513/2005, de 16 de diciembre [5], de la zona donde se ubica el edificio.

$L_d$ dBA	Aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior			
	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario (edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.)

Tabla 1: Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .

En la elección del tipo de cerramiento del hueco de fachada se deben elegir los materiales más eficientes energéticamente y respetuosos con el medio ambiente, teniendo en cuenta la vida útil del edificio y los materiales de construcción empleados. Para cada edificio, dependiendo de su ubicación, se debe estudiar el balance energético de la fachada a lo largo del año, teniendo en cuenta el aislamiento térmico a partir del conocimiento de la transmitancia térmica y el factor solar, junto con el aislamiento acústico a ruido aéreo de la fachada según el uso del recinto.

En este trabajo se estudian los efectos que produce en el aislamiento acústico a ruido aéreo y en la transmitancia térmica de ventanas practicables con unidades de vidrio aislante y carpintería de PVC, la instalación de la persiana integrada con la ventana en la abertura del hueco de fachada. En los casos de ventanas sencillas con cajón de persiana y con diferentes unidades de vidrio aislante con emisividad normal o baja, y con la persiana extendida o plegada, se muestran los resultados de las mediciones del aislamiento acústico a ruido aéreo de ventanas en laboratorio de acuerdo con la Norma UNE EN ISO 10140-2:2010 [6], y los cálculos de la transmitancia térmica según el método de la norma UNE EN ISO 10077-1:2010 [7].

## 2 AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO.

### 2.1.- MONTAJE EXPERIMENTAL

Los ensayos se han realizado en las cámaras de transmisión horizontal del Laboratorio de Acústica de la ETS de Arquitectura UPM. La pared de separación entre las dos cámaras tiene un área de  $10,1 \text{ m}^2$ , en ella se ha practicado una abertura de  $1,25 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$  en donde se han instalado convenientemente selladas las ventanas objeto de ensayo [8]. Las muestras de ensayo han sido ventanas practicables oscilobatientes de dos hojas, de carpintería de PVC, de Clase 3-4. Las dimensiones de las ventanas son  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$  para el elemento total de la ventana y el cajón de persiana. Cuando no hay cajón de persiana, la dimensión de la

ventana es 1,23 m x 1,48 m. La distancia entre la persiana y la cara externa del acristalamiento es aproximadamente  $d = 60$  mm. Las unidades de vidrio aislante utilizadas en los ensayos son de dimensiones 4(12)4; 4(12)6, 4(12)8 y 4(12)4+4 mm respectivamente.

## 2.2 RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado se muestran los resultados experimentales del índice de reducción acústica  $R$ , en dB, en función de la frecuencia por bandas en tercio de octava, de las ventanas, o de las ventanas con persianas siguiendo los protocolos de la norma UNE-EN ISO 10140-2: 2011. La prestación acústica de las ventanas se realiza mediante la expresión  $R_w(C;C_{tr})$  en dB. Cuando las ventanas tiene persianas mediante las expresiones:  $R_w(C;C_{tr})_{(persiana\ replegada)}$  o  $R_w(C;C_{tr})_{(persiana\ extendida)}$  [9]; donde  $R_w$  es el índice ponderado de reducción acústica a ruido aéreo, con los términos de adaptación del espectro,  $C$ , en referencia al ruido rosa ponderado  $A$  y  $C_{tr}$ , al ruido de tráfico urbano ponderado  $A$  respectivamente, de acuerdo con el procedimiento de evaluación especificado en la Norma UNE EN 717-1 [10].

El índice de reducción acústica se calcula mediante la ecuación:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S}{A} \quad , dB \quad (1)$$

donde:  $L_1$  y  $L_2$  son los niveles medios de presión sonora promedio en los recintos emisor y receptor, expresados en dB;  $S$ , es el área de la abertura de ensayo libre en la que se instala el elemento de ensayo, en  $m^2$ ; y  $A$  es el área de absorción acústica equivalente en el recinto receptor, en  $m^2$ .

A continuación se analizan y comparan algunos de los resultados obtenidos en las diferentes configuraciones: ventanas sin cajón de persiana, y persiana integrada con la ventana dentro del hueco con las persianas replegadas o extendidas. La apertura de la persiana ha sido manual mediante cinta.

### Ventanas sin cajón de persiana

En la figura 1 se muestran los resultados de las mediciones acústicas realizadas con las ventanas con diferentes unidades de vidrio aislante. Por debajo de la banda de frecuencia central 315 Hz, el aislamiento acústico a ruido aéreo está controlado por la frecuencia masa-aire-masa de las unidades de vidrio aislante y a altas frecuencias se observa el efecto de coincidencia.

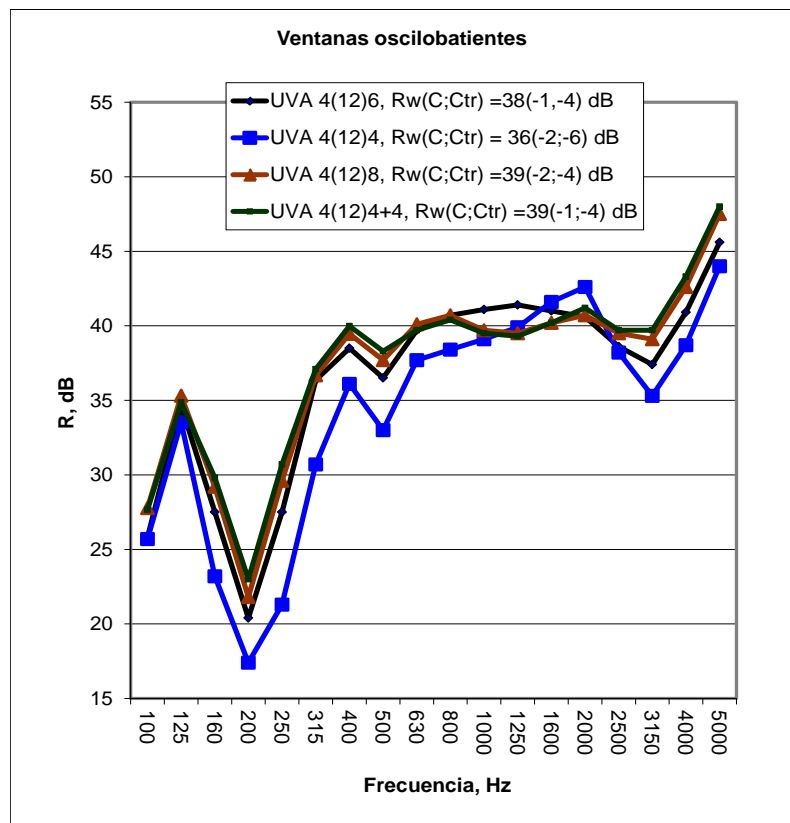


Figura 1. Comparación del Índice de reducción acústica de ventanas oscilobatientes de dos hojas y carpintería de PVC, con diferentes unidades de vidrio aislante

## Ventanas con cajón de persiana

En una ventana con cajón de persiana, cuando la persiana está extendida, el sistema formado por la ventana y la persiana funciona acústicamente como un sistema de varias particiones [11], [12]. El aislamiento acústico global a ruido aéreo de una persiana extendida de lamas de PVC es  $R_w(C;C_{tr}) = 20(-1;-2)$  dB. En la Figura 2, se exponen los resultados promedios de 22 ensayos diferentes del índice de reducción acústica de una persiana extendida de lamas de PVC y los intervalos del doble de las desviaciones típicas. En ventanas de buena calidad, (Clase 3 o 4) [13], con unidades de vidrio aislante, UVA, el índice de reducción acústica ponderado  $R_w$  de las ventanas abatibles suele ser 3-4 dB superior al de las ventanas correderas. Pero cuando se calculan los valores globales con el término de adaptación al espectro para ruido de tráfico  $R_w + C_{tr}$  las diferencias para los diferentes tipos de ventanas (sin cajón de persiana, con cajón de persiana, con persiana extendida o replegada, etc.) se reducen a 2 dB. Esto es debido al efecto de las frecuencias de resonancia de los sistemas masa-aire-masa-aire-masa, que debido a la anchura de las cámaras de aire y las masas por unidad de superficie de las hojas de vidrio y la persiana, están situadas por debajo de la banda de frecuencia central de 400 Hz, lo que produce una disminución de los valores del índice de reducción acústica en esta región de frecuencias.

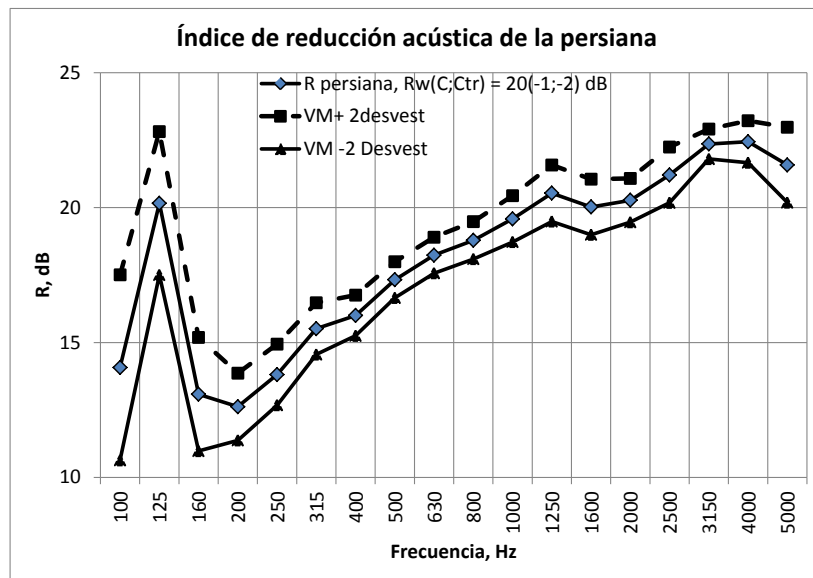


Figura 2. Índice de reducción acústica promedio de una persiana extendida de lamas de PVC.

## Persiana integrada con la ventana dentro del hueco

En la figura 3 se presentan los resultados del índice de reducción acústica de ventanas con cajón de persiana con las persianas replegadas y extendidas y diferentes unidades de vidrio aislante. En todos los ensayos, en la parte posterior del cajón de persiana se colocó una capa de fibra de vidrio de densidad media y espesor 2,5 cm. A partir de la banda de frecuencia central 500 Hz se observa en todos los casos el aumento del índice de reducción acústica cuando las persianas están extendidas.

En la figura 4, para ventanas con la unidad de vidrio aislante 4(12)8 se comparan los resultados de las mediciones del índice de reducción acústica, cuando no hay cajón de persiana y cuando las persianas están extendidas o replegadas. En esta figura se observa con claridad el efecto del cajón de persiana según la posición de la persiana.

La figura 5 muestra los resultados globales del aislamiento acústico a ruido de tráfico de las ventanas oscilobatientes de dos hojas estudiadas, con las diferentes unidades de vidrio aislante, sin cajón de persiana y con la persiana extendida o replegada. Cuando las persianas están extendidas las frecuencias de resonancia de las cavidades son más altas que la frecuencia de resonancia de las unidades de vidrio aislante, esto produce una disminución del aislamiento acústico a ruido de tráfico, pues los niveles sonoros de este último a bajas frecuencias son elevados y el aislamiento global a ruido de tráfico es 1-2 dB inferior a cuando la persiana está replegada.

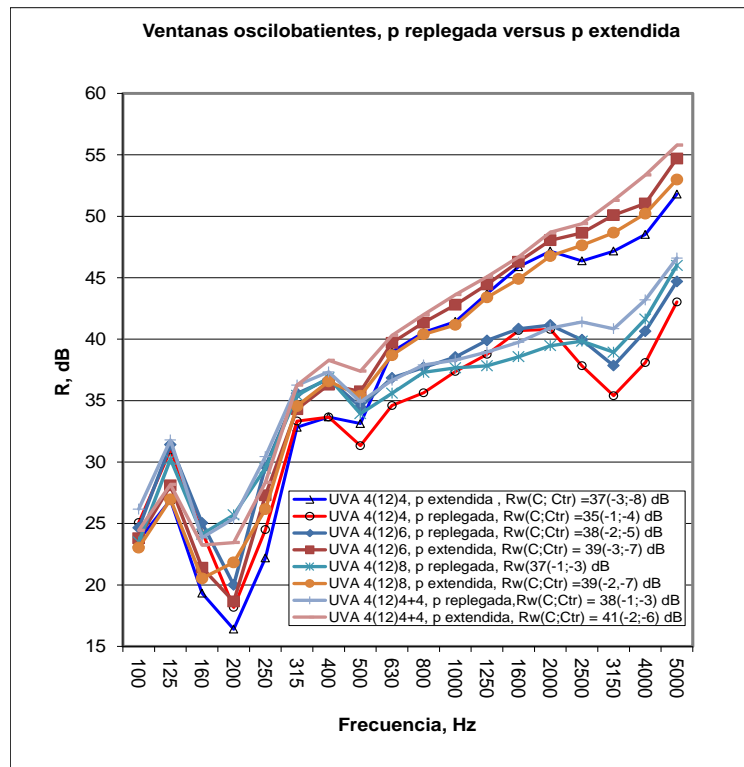


Figura 3. Comparación de los Índices de reducción acústica cuando las persianas están extendidas o replegadas.

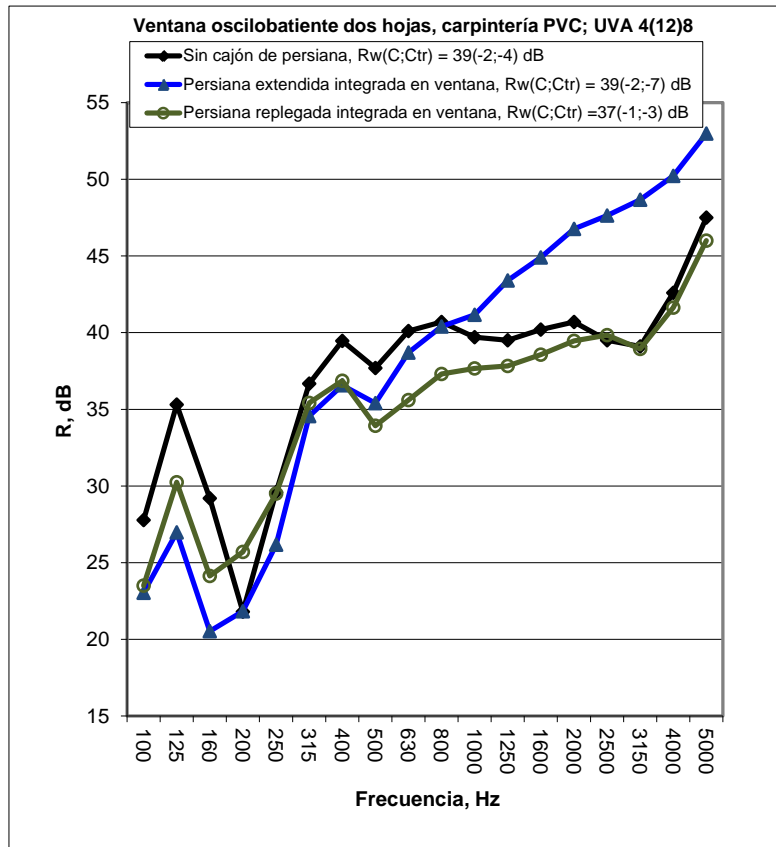


Figura 4. Influencia del cajón de persiana en el índice de reducción acústica de una ventana.

La existencia de un vidrio de baja emisividad en la unidad de vidrio aislante, no influye en el aislamiento acústico a ruido aéreo de la ventana.

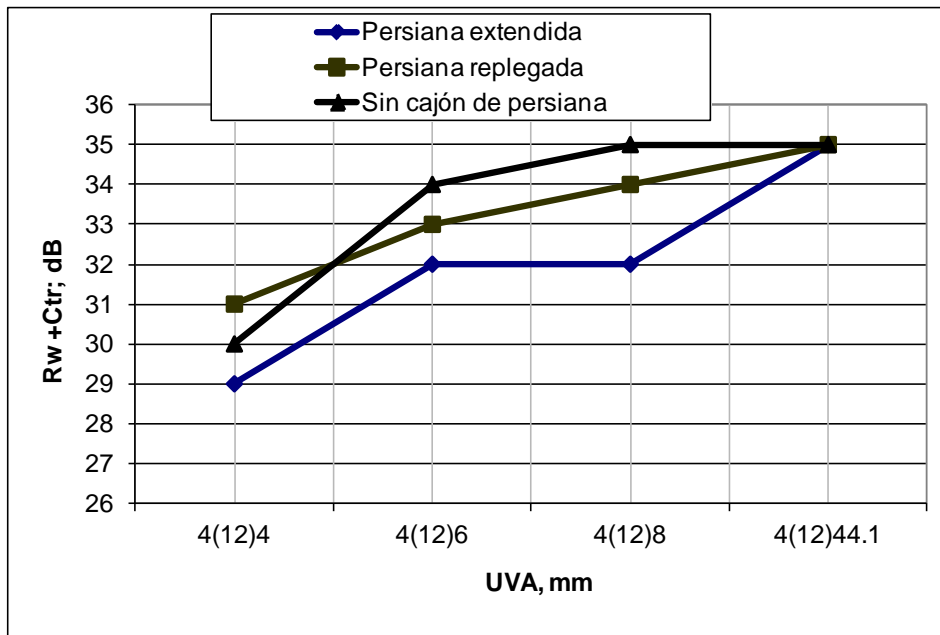


Figura 5. Comparación de los valores globales del aislamiento acústico a ruido de tráfico de las ventanas oscilobatientes de dos hojas estudiadas.

### 3 TRANSMITANCIA TÉRMICA

Las ventanas son la parte de la fachada de un recinto que ofrece menor resistencia al flujo de calor. En una vivienda típica cerca de la tercera parte de la pérdida total de calor en invierno ocurre a través de las ventanas. Asimismo, la mayor parte de la infiltración de aire ocurre en el perímetro de ellas. La ganancia de calor por radiación solar a través de las ventanas es responsable de gran parte de la carga de enfriamiento en el verano. El efecto neto de una ventana sobre el balance de calor de un edificio depende de sus características y orientación así como de la radiación solar y del estado del clima. La transferencia de calor a través de la ventana es la suma de la energía transmitida por conducción-convección debido a la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y el interior y la radiación solar, esta última no se considera en este trabajo.

La persiana enrollable es un dispositivo de sombreado externo, que cuando está extendido es muy eficaz en la reducción de ganancia de calor solar (radiación solar directa y difusa), dado que intercepta los rayos solares antes que incidan sobre los vidrios de la ventana. Ayuda a reducir las cargas anuales de calefacción y enfriamiento de un recinto. El espacio intermedio entre la persiana extendida y los vidrios sirve como una barrera adicional contra la transferencia de calor, dando como resultado una transmitancia térmica total  $U$  más baja para la ventana y reduce la velocidad de transmisión de calor a través de la misma.

En este apartado, la transmitancia térmica, o coeficiente de transmisión térmica de la ventana, o de la persiana integrada en la ventana,  $U$ , en  $W/(m^2 \cdot K)$  se ha calculado de acuerdo con la norma UNE EN ISO 10077-1:2010. El procedimiento de cálculo de la transmitancia térmica, o coeficiente de transmisión se detalla a continuación.

La transmitancia térmica a través de la ventana,  $U_w$ , se obtiene mediante la expresión:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \psi_g}{A_g + A_f} = U_g \left( \frac{A_g}{A_h} \right) + U_f \left( \frac{A_f}{A_h} \right) + l_g \frac{\Psi}{A_h} \quad (2)$$

donde

$U_g$  es el coeficiente de transmisión térmica del acristalado;  $U_f$  es el coeficiente de transmisión térmica del marco;  $\Psi_g$  es el coeficiente de transmisión térmica lineal debido a los efectos térmicos combinados del intercalado, del cristal del marco.  $A_g$  es el área del acristalado,  $A_f$  es el área del marco,  $l_g$  es el perímetro total del acristalamiento visible.

En las ventanas objeto de estudio, el área del hueco es  $A_h = 1,85 \text{ m}^2$  y la longitud del perímetro acristalado  $l_g = 6,88 \text{ m}$ . Según el Anexo E de la norma anteriormente citada, para acristalamiento doble de cristal no revestido, con aire en la cámara, el coeficiente de transmisión térmica lineal es  $\psi = 0,06 \text{ W/m.K}$  y si el

acristalamiento es doble con un vidrio de baja emisividad  $\psi = 0,08 \text{ W/m.K}$ . Con los datos anteriores, la transmitancia térmica a través de una ventana con unidades de vidrio aislante con vidrios de emisividad normal se calcula mediante la ecuación (3), y cuando hay un vidrio de baja emisividad, se aplica la ecuación (4).

$$U_w = U_g \left( \frac{A_g}{A_h} \right) + U_f \left( \frac{A_f}{A_h} \right) + 0,22 \quad (3)$$

$$U_w = U_g \left( \frac{A_g}{A_h} \right) + U_f \left( \frac{A_f}{A_h} \right) + 0,29 \quad (4)$$

La transmitancia térmica de la persiana integrada con la ventana en la abertura del hueco y la persiana replegada,  $U_{\text{hueco}}$ , se puede descomponer en la suma de la transmitancia a través de la ventana  $U_w$  y la transmitancia térmica a través del cajón de persiana  $U_{cp}$ . Cuando la persiana está extendida, su efecto sobre la transmitancia térmica se considerará en la ventana. La transmitancia térmica del hueco se calcula mediante la ecuación:

$$U_h = U_w \left( \frac{A_w}{A_h} \right) + U_{cp} \left( \frac{A_{cp}}{A_h} \right) \quad (5)$$

Donde las áreas son:  $A_w = A_g + A_f$ ;  $A_h = A_w + A_{cp}$ , en  $\text{m}^2$

La transmitancia térmica de las unidades de vidrio aislante,  $U_g$ , se ha calculado por medio de la ecuación siguiente:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{s,j} + R_{si}} \quad (6)$$

Donde:  $R_{se}$  es la resistencia superficial exterior;  $\lambda_j$  es la conductibilidad térmica del cristal o de la capa de material  $j$ ;  $d_j$  es el espesor del cristal o de la capa de material  $j$ ;  $R_{si}$  es la resistencia superficial interior;  $R_{s,j}$  es la resistencia térmica de la cámara de aire  $j$ . Los valores de los coeficientes de transmisión térmica de las unidades de vidrio aislante, en cuyo interior hay aire, se han obtenido de valores obtenidos según la norma UNE EN 673 [14]

De acuerdo con la Norma UNE EN ISO 10077-1:2010, según el Anexo A:  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ ;  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ . El valor de la resistencia térmica de la cámara de aire entre acristalamientos,  $R_s$ , se obtiene del Anexo C, donde para una cámara de aire de espesor 12 mm, si las dos caras de vidrio son de emisividad normal,  $R_s = 0,173 \text{ m}^2\text{K/W}$ , si una de las caras de los vidrios está recubierta de una capa poco emisiva ( $0,1 < \varepsilon \leq 0,2$ ), entonces:  $R_s = 0,316 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Para los cálculos del coeficiente de transmisión térmica de los marcos,  $U_f$ , se ha considerado que son perfiles huecos en PVC con dos cavidades,  $U_f = 2,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

#### Transmitancia térmica del cajón de persiana

En el cálculo de la transmitancia térmica a través del cajón de persiana  $U_{cp}$  se ha considerado que el cajón es de PVC rígido (densidad  $1390 \text{ kg/m}^3$ , conductividad térmica  $\lambda = 0,17 \text{ W/(m.K)}$ ) y hay colocada lana mineral de espesor 2,5 cm en la parte posterior del tambor y las lamas, y delante de la tapa del cajón de persiana. La tapa del cajón está orientada al interior del recinto. Los cálculos, UNE EN ISO 6946:2012 [15] muestran que la resistencia térmica del cajón de persiana es  $R_{cp} = 0,98 \text{ m}^2\text{K/W}$ , en consecuencia, la

transmitancia térmica del cajón de persiana es:

$$U_{cp} = \frac{1}{R_{cp}} = 1,02 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Si en el cajón no hay lana mineral, la transmitancia térmica del cajón de persiana es:  $U_{cp} = 2,79 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### Transmitancia térmica de la ventana con la persiana extendida situada al exterior.

Cuando la persiana está extendida se añade una resistencia térmica suplementaria, resultante a la vez de la cámara de aire encerrada entre ambas y de la persiana misma. El coeficiente  $U_{ws}$  de resistencia térmica de una ventana con persiana exterior extendida se calcula mediante la ecuación:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad (7)$$

Donde:  $U_w$  es el coeficiente de transmisión térmica de la ventana, e  $\Delta R$  es la resistencia térmica suplementaria de la cámara de aire encerrada entre la persiana extendida y la ventana, y la persiana misma. Según el Anexo H de la norma citada anteriormente la permeabilidad de las persianas extendidas utilizadas en los ensayos acústicos es de tipo medio, y en consecuencia, de acuerdo con el Anexo G, la resistencia térmica suplementaria es  $\Delta R = 0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Luego:  $U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + 0,16}$ , y para el cálculo de  $U_w$  se utilizan las ecuaciones (3) o (4), según corresponda.

La transmitancia térmica de la ventana con cajón de persiana y persiana extendida se calcula mediante la ecuación (8).

$$U_{hs} = U_{ws} \left( \frac{A_w}{A_h} \right) + U_{cp} \left( \frac{A_{cp}}{A_h} \right) \quad (8)$$

Teniendo en cuenta las ecuaciones anteriores y las dimensiones de los elementos de las ventanas utilizadas, se han realizado cálculos con diferentes composiciones de unidades de vidrio aislante, cuyos resultados se exponen a continuación.

El espesor del vidrio influye muy poco en la transmitancia térmica, la mayor influencia es la anchura de la cámara de aire entre las unidades de vidrio aislante. La figura 6 muestra los valores de la transmitancia térmica de ventanas con una unidad de vidrio aislante asimétrica en función de la distancia entre las hojas de vidrio, a medida que aumenta la distancia entre las hojas de vidrio, disminuye la transmitancia térmica.

En la figura 7 se muestran los valores de la transmitancia térmica de ventanas con unidades de vidrio aislante con cámara de aire de espesor 12 mm, y cajón de persiana integrado y lana mineral en su interior, con diferentes posiciones de la persiana: persiana replegada,  $p_s$ , o extendida,  $p_b$ ; con vidrios de emisividad normal, VEN, o con un vidrio de baja emisividad, VBE. Se comparan con los resultados cuando no hay cajón de persiana. Como se observa en la figura 7, el tipo de vidrio no influye de forma importante en el valor global de la transmitancia térmica cuando el espesor de la cámara de aire es el mismo. El factor de mayor influencia en los resultados es la colocación de un vidrio de baja emisividad. Con vidrios de emisividad normal, cuando la persiana está extendida la transmitancia térmica disminuye de forma importante respecto a cuando la persiana está replegada. Lo mismo ocurre cuando uno de los vidrios es de baja emisividad. En el caso de vidrios de emisividad normal y con la persiana extendida la transmitancia térmica es menor que cuando uno de los vidrios es de baja emisividad y la persiana está replegada.

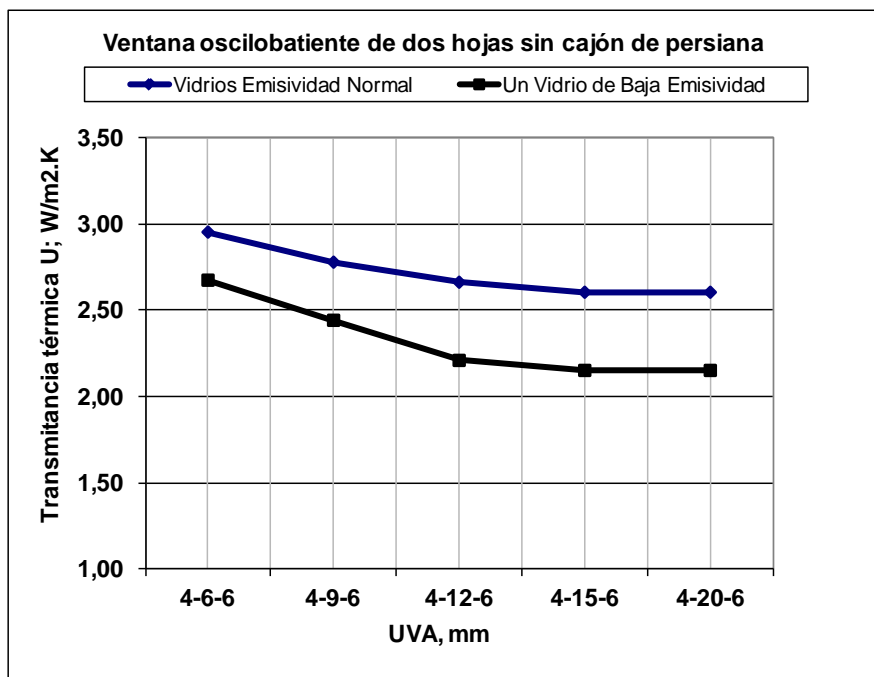


Figura 6. Efecto de la anchura de la cámara de aire en la transmitancia térmica de una ventana si cajón de persiana.



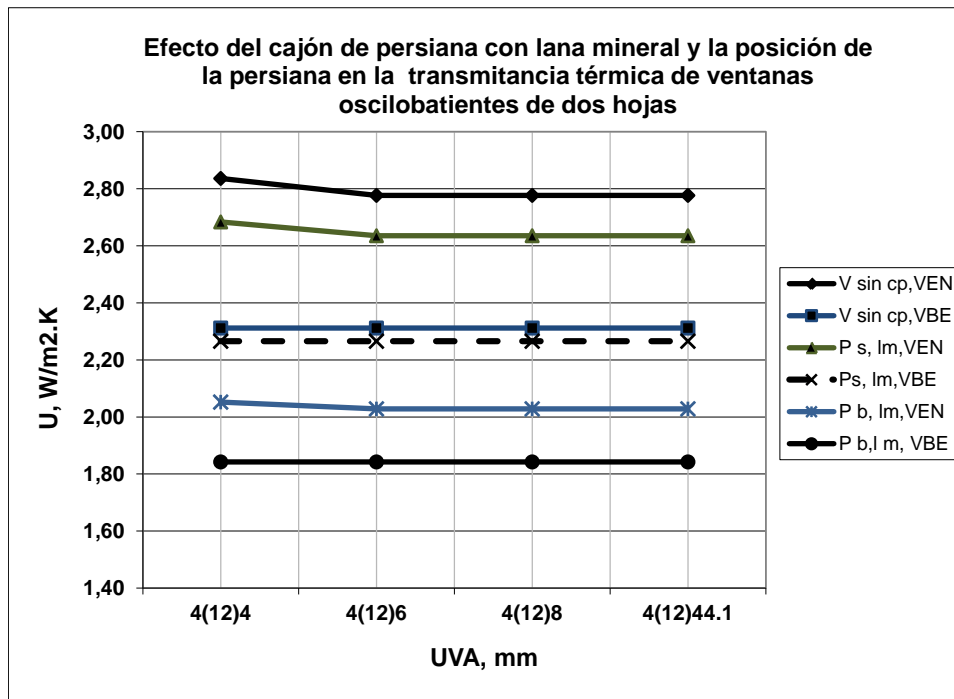


Figura 7. Efecto de la posición de la persiana en la transmitancia térmica de ventanas con diferentes unidades de vidrio aislante.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados de las mediciones de los aislamientos acústico a ruido aéreo y de los cálculos de la transmitancia térmica de las ventanas objeto de este trabajo muestran que ambos tipos de aislamiento no están relacionados entre sí, aunque no son incompatibles.

El índice ponderado de reducción acústica  $R_w(C;C_{tr})$  de las ventanas sencillas con unidades de vidrio aislante no sigue una relación lineal en función de la distancia entre las hojas de vidrio.

En las cámaras de aire habituales, entre 6 y 16 mm, para la misma unidad de vidrio aislante, el índice ponderado de reducción acústica  $R_w(C;C_{tr})$  en dB, es prácticamente el mismo. La anchura de estas cámaras y las masas por unidad de superficie de las hojas de vidrio, son la causa de que el índice de reducción acústica de las ventanas a frecuencias por debajo de 400 Hz sea pequeño, esta deficiencia en el aislamiento acústico es mayor cuando el ruido es el tráfico, pues este tiene niveles sonoros elevados en bajas frecuencias. Sin embargo, la transmitancia térmica de la ventana disminuye en función de la distancia entre 6 y 16 mm.

El que los vidrios de las ventanas sean asimétricos es importante en el aislamiento acústico a ruido aéreo, pues reducen el efecto de coincidencia respecto a cuando los vidrios son simétricos. Por el contrario, el efecto sobre la transmitancia térmica de la ventana es muy pequeño.

La existencia de un vidrio de baja emisividad en la unidad de vidrio aislante, es muy eficaz en la disminución de la transmitancia térmica de la ventana, sin embargo no influye en el aislamiento acústico a ruido aéreo de la ventana

La existencia del cajón de persiana integrada con la ventana, es la causa de que el índice ponderado de reducción acústica  $R_w(C;C_{tr})$  sea 1-2 dB inferior a cuando no existe cajón de persiana. En el caso de ventanas abatibles con la persiana extendida el aislamiento es inferior a cuando la persiana está replegada, a pesar de que en los ensayos, a partir de la banda de frecuencia central 500 Hz se observa en todos los casos que cuando las persianas están extendidas, el índice de reducción acústica es mayor que cuando las persianas están replegadas.

Cuando la persiana está extendida la transmitancia térmica disminuye de forma importante respecto a cuando la persiana está replegada, tanto con vidrios de emisividad normal o de baja emisividad.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual de producto, Ventanas (2005). ASEFAVE, Ediciones AENOR.
- [2] UNE EN 14351-1:2006+A1 (2011). Ventanas y puertas. Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas exteriores peatonales sin características de Resistencia al fuego y/o control de humo.
- [3] DB HR Protección frente al ruido del CTE. Abril 2009
- [4] DB HE Ahorro de energía del CTE. Abril 2009.
- [5] R D 1513/2005, de 16 de diciembre.
- [6] UNE-EN ISO 10140-2: 2011. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico a ruido aéreo.
- [7] UNE EN ISO 10077-1: 2010. Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia térmica. Parte 1: Generalidades
- [8] UNE-EN ISO 10140-1: 2011. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos.
- [9] UNE-EN 14759:2006. Persianas. Aislamiento acústico a ruido aéreo. Expresión de prestaciones.
- [10] UNE EN 717-1: 1996. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [11] Díaz, C; Pedrero,(2009) A. An experimental study on the effect of rolling shutter and shutter boxes on the airborne sound insulation of windows. Applied Acoustics. Vol 70 , 369-377
- [12] Díaz,C.; Díaz-Chyla, A.; Navacerrada, MA.(2013) An experimental study on the effect of rolling shutters on the field measurements of airborne sound insulation of façades. Applied Acoustics. Vol 74(1) 134-140
- [13] UNE-EN 12207, abril 2000. Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación.
- [14] UNE EN 673:2011. Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica U. Método de cálculo.
- [15] UNE EN ISO 6946:2012. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmisión térmica. Método de cálculo.