

## **ANÁLISIS DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LOS CERRAMIENTOS DE HUECOS ACRISTALADOS**

Los cerramientos de huecos acristalados (ventana, puertas y balconeras), son elementos muy importantes en los edificios, ya que suponen normalmente entre el 15 y el 40 % de la superficie de fachadas y, en ciertas tipologías de edificios de servicios, pueden llegar hasta prácticamente el 100% de aquellas. También se encuentran representados en las cubiertas, pero con proporciones mucho menos importantes

Desde el aspecto acústico son productos complejos, con muchas particularidades que influyen sobre la acústica del producto final.

Los principales de estos componentes y sus características de influencia en la acústica, son:

- Vidrios (espesores, geometrías simples o múltiples, vidrios especiales)
- Carpintería (materiales, dimensiones, sistemas de apertura, estanqueidad al aire, geometría de las partes fijas y móviles vistas)

Y por último, la presencia o no de cajas de persianas en las ventanas, que constituyen por si mismas un factor de influencia que siempre tiende a reducir el aislamiento acústico que representaría la ventana sola

Por esto, no es extraño que se establezca que, para conocer el aislamiento acústico de una ventana, se deba realizar un ensayo normalizado en laboratorio, de acuerdo con lo establecido en la norma UNE EN 14351.1, en su ANEXO B

Sin embargo, en dicha norma también se establecen valores normalizados para algunos tipos de ventanas, relacionados con algunas composiciones de vidrios aislantes (UVA) normalizados

### **1- EL VIDRIO**

Es el elemento transparente del hueco acristalado: es el responsable fundamental del aporte luminoso del exterior al interior de los edificios. Su importancia relativa es consecuencia de ocupar al menos el 70% del hueco acristalado

Los vidrios utilizados son vidrios industriales sodocalcicos, con las siguientes tipologías generales en sus aspectos acústicos:

- Vidrio sencillo: Una hoja única de material homogéneo ó monolítico. (A efectos acústicos, los vidrios armados se consideran vidrios simples)
- Vidrio laminar: Una hoja compuesta de dos hojas monolíticas adheridas de modo permanente. El adherente más habitual es el butiral (polivinilo butiral, pvb), de espesor estandarizado de espesor 0,38 mm  
Distintos tipos de butirales específicos se utilizan para dar lugar a prestaciones acústicas, con espesores de adherente 0,38 ó 0,76 mm
- Unidad de vidrio aislante (UVA): Unidades selladas herméticas, compuestas de dos o más hojas de vidrio, separadas por cámaras de aire o llenas con algún gas específico.
- Acristalamientos múltiples: Conjuntos de hojas de vidrio, separadas por cámaras no selladas, denominándose al conjunto ventanas pareadas o dobles ventanas

El aislamiento acústico exacto de los vidrios, solo se puede determinar por ensayo normalizado en laboratorio, pero es posible recurrir a valores normalizados.

Conviene aclarar que los valores de ensayo normalizado se presentan según UNE EN 717.1, es decir:  $R_w(C, C_{tr})$  dB, donde  $R_w$  es el índice de aislamiento a ruido aéreo y  $C, C_{tr}$  son los términos de adaptación espectral. Para conocer el aislamiento a ruido de tráfico, se tomarán los valores correspondientes a  $R_{Atr} = R_w + C_{tr}$ , que el DB HR le asigna valor en dBA

VALORES NORMALIZADOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DE VIDRIOS PARA HUECOS (UNE EN 12758)			
Tipo	Composición (Espesor en mm)	$R_w(C, C_{tr})$ dB	$R_w+C_{tr}=R_{Atr}$ dBA,
Sencillo	3	28 (-1,-4)	24
	4	29(-2, -3)	26
	5	30(-1,-2)	28
	6	31(-2,-3)	28
	8	32(-2,-3)	29
	10	33(-2,-3)	30
	12	34(0, -2)	32
Laminar *	6	32(-1,-3)	29
	8	33(-1,-3)	30
	10	34(-1,-3)	31
UVA **	4/(6..16)/4	29(-1,-4)	25
	6/(6..16)/6	31(-1,-4)	27
	6/(6..16)/4	32(-1,-4)	28
	6/(6..16)/6 <sub>LAMINAR</sub>	33(-2,-5)	28
	8/(6..16)/4	33(-1,-4)	29
	8/(6..16)/6	35(-2,-6)	29
	10/(6..16)/4	35(-2,-5)	30
	10/(6..16)/6	35(-1,-3)	32
	6/(6..16)/10 <sub>LAMINAR</sub>	37(-1,-5)	32

\* Se definen por el espesor de las hojas que lo componen, y el espesor del adherente (33.1, significa un vidrio laminar de compuesto por dos hojas de 3 mm c/u, unidas con un butiral normal de 0,36 mm)

\*\* UVA , se define por los espesores sucesivos en mm de la hoja exterior, de la cámara y de la hoja interior (6/(6-16)/33.1<sub>pvb</sub> significa UVA de hoja exterior de 6 mm, cámara de 6 a 16 mm, y la hoja interior es un laminar 33.1)

En la práctica, y con objeto de simplificar, el valor de interés para el acristalamiento de elementos de fachada o cubierta, es precisamente  $R_{Atr}$  dBA, y así se indicará desde ahora Como se ve:

- para un vidrio monolítico, el aislamiento acústico está muy relacionado con su masa, y creciente con ella.
- Si la es hoja es un vidrio laminar, el aislamiento acústico aumenta respecto al del vidrio monolítico de espesor igual.
- Si para el vidrio laminar se utiliza un adherente especial para acústica, el valor de aislamiento acústico es mayor que en el vidrio laminar correspondiente con adherente estándar

El siguiente ejemplo de ensayo de laboratorio homologado, ilustra el tema:

Composición de la hoja	$R_{Atr}$ dBA
Vidrio monolítico de espesor 8 mm	29
Vidrio laminar de composición 8 <sub>1pvb</sub> (adherente normal de 0,38 mm)	30
Vidrio laminar de composición 8 <sub>1pvb acústico</sub> (adherente acústico de 0,38 mm)	33

Cuando se trata de elementos UVA, el aislamiento acústico depende del tipo y características de las hojas:

- Si las dos hojas son de vidrio monolítico e iguales, el aislamiento acústico ofrecido es inferior al ofrecido cuando las hojas son de diferente espesor, por no existir efecto de resonancia entre las hojas. .
- Cuando alguna hoja (o ambas) son de vidrio laminar, los valores de aislamiento acústico son mayores que con vidrios monolíticos de espesor equivalente. Esto es más acusado si los vidrios son laminares con adherente acústico

A este respecto, los fabricantes han puesto en el mercado un número importante de elementos UVA, con las dos hojas compuestas de vidrios laminares, que tienen un adherente de unión con las mejores características acústicas. Estos tipos de vidrios presentan valores de aislamiento acústico, ensayados en laboratorio homologado, que alcanzan hasta  $R_{Atr} = 44/45$  dBA. Valores superiores podrían ser alcanzados combinando fuertes espesores de vidrios laminares, pero normalmente no se dispone de ensayos homologados

## **2- LA CARPINTERIA**

La carpintería es otro elemento fundamental del hueco acristalado, constituyendo la unión del vidrio con el muro o cubierta del edificio, siendo el responsable de que esta unión sea practicable o no, es decir: que haya o no posibilidad de contacto ambiental entre el interior y el exterior del edificio.

La carpintería puede estar construida en madera, acero, aluminio o PVC, con partes fijas o móviles, además de herrajes y otros accesorios. Al margen de los huecos con acristalamientos fijos, existen dos formas básicas referidas a la operatividad del hueco acristalado: sistemas deslizantes o sistemas abatibles y/u oscilobatientes

a) Aperturas con sistemas deslizantes:

- Corredera tradicional horizontal: La habitual ventana de corredera de dos hojas. Las juntas de cierre son de cepillo, por lo que los valores de estanqueidad y aislamiento se reducen algo con respecto a los sistemas practicables. No obstante se presentan en el mercado modelos con juntas acústicas, mucho más estancos (ventanas proyectantes)
- Guillotina (corredera vertical): Además de deslizarse verticalmente, las hojas también pueden hacerse abatibles para facilitar su limpieza

b) Aperturas con sistemas practicables:

- Abatible de giro vertical: La hoja abre girando sobre un eje vertical, donde están las bisagras. Puede ser de una o de dos hojas
- Abatible de giro horizontal: La hoja abre girando sobre un eje horizontal,
- Oscilobatiente: El herraje permite que la hoja abra de dos maneras por una combinación de las dos anteriores. Normalmente la apertura sobre el eje horizontal está limitada
- Plegable: Las hojas se pliegan contra uno de los laterales del hueco. Se emplea habitualmente para puertas.

Las carpinterías tienen espacios determinados para colocación de los vidrios que se deseen, dentro de las limitaciones de espesor total máximo de cada modelo y fabricante, Por otra parte, son también diferentes los elementos de estanqueidad marco/hoja (caucho EPDM, caucho NBR, elastómeros termoplásticos, polipropilenos, ...), y de sellado del acristalamiento (silicona neutra, caucho NBR, caucho EPDM,...)

Independientemente de otras características que deben cumplir las ventanas para su funcionalidad (resistencia al viento, resistencia al agua, comportamiento al fuego, ...), la clase de permeabilidad al aire, (de acuerdo a UNE EN 12207), es una condición muy ligada a sus propiedades acústicas, de modo que permeabilidades al aire  $\leq$  Clase 2, son para ventanas de menor nivel acústico; las de Clase 3 ó 4 tienen mejores prestaciones.

El aislamiento acústico exacto de los ventanas, con los acristalamientos que se deseen, solo se puede determinar por ensayo normalizado en laboratorio, pero es posible recurrir a valores tabulados en UNE EN 14351-1, para ciertos tipos de ventanas y puertas, con vidrios de valores normalizados

En la tabla adjunta, se dan los valores normalizados de aislamiento acústico de ventanas en función del acristalamiento UVA (UNE EN 12758), de la clase de permeabilidad al aire y de la tipología de la ventana o puerta, (correderas y practicables)

VALORES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO NORMALIZADO R <sub>Atr</sub> dBA DE VENTANAS O PUERTAS CON ACRISTALAMIENTO UVA (UNE EN 12758 Y UNE EN 14351-1)				
Vidrio			Ventanas ó Puertas S < 2,7 m <sup>2</sup>	
UVA	Composición mm	R <sub>Atr</sub> dBA	Correderas ≥ Clase 2	Batientes y oscilobatientes ≥ Clase 3
			R <sub>Atr</sub> dBA	
	ND	24	24	26
	4-(6..16)-4	25	25	27
	ND	26	26	28
	6 -(6..16)-6	27	26	29
	6 -(6..16)-4	28	27	30
	6 -(6..16)-6 LAMINAR	28	27	30
	8 -(6..16)-4	29	27	30
	8-(6..16)-6	29	27	30
	10 -(6..16)-4	30	27	31
	10-(6..16)-6	32	28	32
	6 -(6..16)-10 LAMINAR	32	28	32
	ND	34	N/A	33
ND	36	N/A	34	

Las condiciones más importantes para la aplicación de esta norma, son:

- Solo se pueden aplicar con acristalamientos UVA
- Solo se pueden aplicar a ventanas o puertas simples

El límite de aplicación es para R<sub>A,tr</sub> ≤ 34 dBA. A partir de ese valor de aislamiento, solo se pueden determinar por ensayo en laboratorio

Este tipo de normas, como es lógico, tienen un carácter muy conservador, por lo que las ventanas y puertas reales con estos elementos, pueden presentar resultados superiores en el ensayo del aislamiento acústico. En el ANEXO I, se adjunta un resumen de la marca N de AENOR, con las características de algunas ventanas y los aislamientos acústicos resultantes, comparando tanto los valores normalizados como los resultados de ensayos reales

Por otra parte, también está normalizado el valor para ventanas o puertas de superficies S ≥ 2,7 m<sup>2</sup>, como se indica en la tabla adjunta

CORRECCIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO POR TAMAÑO DE LAS VENTANAS O PUERTAS (UNE EN 14351-1)	
Area de la ventana o puerta	Factor de corrección a aplicar al valor de cálculo R <sub>A,tr</sub> dBA de la tabla para ventanas o puertas con S ≤ 2,7 m <sup>2</sup>
2,7 m <sup>2</sup> < S ≤ 3,6 m <sup>2</sup>	-1 dBA
2,7 m <sup>2</sup> < S ≤ 3,6 m <sup>2</sup>	-2 dBA
3,6 m <sup>2</sup> < S	-3 dBA

Como se comprueba, para un mismo tipo de vidrio, las ventanas correderas con permeabilidad al aire ≤ Clase 2, tienen un aislamiento acústico inferior a las ventanas abatibles y oscilobatientes de permeabilidad al aire ≥ Clase 3

Por otra parte, se ve que la carpintería de las ventanas correderas con permeabilidad ≥ Clase 2, parecen tener un aislamiento de la carpintería del orden de R<sub>Atr</sub> ≈ 26 dBA. Por encima de este

valor de aislamiento, aunque aumente el valor de aislamiento del vidrio, el efecto se traduce en menores incrementos del aislamiento para la ventana.

Cuando la ventana es practicable, batiente u oscilobatiente con permeabilidad  $\geq$  Clase 3, la carpintería parece representar un aislamiento acústico del orden de  $R_{A, tr} \approx 32$  dBA. En estos casos, vidrios con menos valor de aislamiento propio de 32 dBA, suponen ventanas con aislamiento mayor que el del vidrio. Por el contrario, con vidrios de aislamiento mayor de 32 dBA, ofrecen ventanas o puertas con aislamiento menos elevado que el del vidrio

Se estudian a parte dos aspectos:

-La posible influencia de la clase de permeabilidad de las ventanas o puertas sobre el aislamiento acústico de este elemento constructivo, en el ANEXO II donde se analiza la influencia de esta característica. El resultado lleva a la conclusión de que permeabilidades de clase 4, no presentan prácticamente ninguna pérdida de aislamiento acústico respecto a un cerramiento con pérdidas nulas de infiltración. La clase 3, empieza a presentar caídas de aislamiento algunas pérdidas, que se incrementan apreciablemente para elementos de clase 2 y sobre todo de clase 1

-Otro aspecto a determinar, es el aislamiento de ventanas o puertas con vidrios de aislamiento superior al normalizado, es decir con  $R_{A, tr} > 36$  dBA, vidrios por otra parte, muy utilizados en los países más avanzados de la UE. En relación a este tema, se desarrolla en el ANEXO III, un sistema sencillo predictivo para el cálculo de ese tipo de ventanas o puertas, que pueden alcanzar valores de  $R_{A, tr} \approx 41/42$  dBA. Es importante ver que estos valores son superiores a los que el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, asigna a dobles ventanas de tipo corredera y próximos a las dobles ventanas de tipo practicable

Múltiples ensayos realizados en países de la UE, demuestran los resultados indicados

### **3 LA CAJA DE PERSIANAS**

La persiana es un elemento complementario a la ventana o puerta, con la función de graduar por el usuario la intensidad luminosa que entra al recinto desde el exterior, así como controlar el asoleamiento, especialmente importante para las cargas térmicas en el ciclo de verano o en el de invierno

La persiana se repliega en la cajón, que puede estar integrado o no dentro de la ventana o puerta

Los cajones de persianas pueden ser:

-Integrados con la ventana: el cajón está dentro del dintel o dentro del hueco

-Adosados a la ventana: el cajón es exterior al hueco o el cajón está dentro del hueco

El grupo de las ventanas o puertas con el cajón de persianas incorporado, (monoblock), se suministran como elemento único. En estos, sus características acústicas se determinan por ensayo.

En el ANEXO I, se encuentran resultados de ensayos de modelos de ventanas con y sin cajas de persianas incorporadas.

Lo primero que se observa es que el aislamiento acústico y la clasificación de la permeabilidad al aire de una ventana sin cajón de persianas, es superior (de mayor calidad), a los de estas características del mismo modelo de ventana, pero con cajón de persianas incorporado. Esto hace suponer que, acústicamente, el cajón de persianas es la parte débil del conjunto, aumentando las pérdidas por infiltraciones.

Desde el punto de vista acústico, para elementos independientes, los cajones de persianas y las ventanas o puertas, pueden tener un aislamiento acústico diferente, por lo que el conjunto ventana-cajón de persiana dará un resultado acústico diferente al que tienen cada uno de ellos por separado.

El Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, propone dos tipos de cajas de persianas independientes de la ventana o puerta; normal y reforzado acústicamente. los valores admitidos en ambos casos ( $R_{A, tr} = 25$  y  $30$  dBA, respectivamente).

En el ANEXO IV se presenta el sistema de cálculo simplificado práctico para evaluar el aislamiento acústico de los elementos complejos ventana + cajón de persianas

**ANEXO I: RESUMEN ENSAYOS NORMALIZADOS DE VENTANAS MARCA N (AENOR)**

DESCRIPCION	PERM.	UVA.	R <sub>Atr</sub> (norma) dBA	R <sub>Atr</sub> (ensayo) dBA
Abatible de dos hojas	4	5 / 12 / 6	30	30
Abatible de dos hojas	4	5 / 12 / 6	30	30
Abatible de dos hojas	4	4 / 8/6	30	29
Abatible de dos hojas	4	4/12/ 6	30	30
Abatible de dos hojas	4	4 /10/ 6	30	28
Abatible de dos hojas. Doble junta	4	4/12/ 6	30	33
Oscilobatiente de dos hojas	4	4 /10/ 4	27	28
Oscilobatiente de dos hojas monoblock	3	4 /12/ 4	--	30
Oscilobatiente de dos hojas monoblock	3	6/ 8 /4	--	30
Oscilobatiente de dos hojas, (==)	4	6/ 8 /4	30	28
Igual anterior monoblock	4	6/ 8 /4	--	28
Corredera de dos hojas (==)	3	6/ 8 /4	27	24
Igual anterior monoblock	3	6/ 8 /4	--	24
Corredera de dos hojas (Doble ventana) (==)	3	6/ 8 /4 6/ 8 /4	--	37
Igual anterior monoblock	3	6/ 8 /4 6/ 8 /4	--	37
Oscilobatiente de dos hojas, RTP (==)	4	6/ 8 /4	30	32
Igual anterior monoblock	3	6/ 8 /4	--	31
Oscilobatiente de dos hojas, RTP (==)	4	6/ 8 /4	30	32
Igual anterior monoblock	3	6/ 8 /4	--	31
Oscilobatiente de dos hojas, RTP (==)	3	4 /6 /4	27	29
Igual anterior monoblock	3	4 /16 / 4	--	27
Oscilobatiente de dos hojas	4	6 /14 / 4	30	34
Oscilobatiente de dos hojas (==)	4	6 /14 /4	30	30
Igual anterior monoblock	3	6 /14 /4	--	28
Oscilobatiente de dos hojas	4	6 /14 /4	30	33
Oscilobatiente de dos hojas (==)	4	4 /12 /4	27	29
Igual anterior monoblock	3	4 /12 /4	--	29
Oscilobatiente de dos hojas, (==)	4	4/12/3.3 <sub>SIL</sub>	>30	34
Igual anterior monoblock	3	4/12/3.3 <sub>SIL</sub>	--	31
Oscilobatiente de dos hojas, (==)	4	6/12/44 <sub>SIL</sub>	>32	36
Igual anterior monoblock	3	6/12/4.4 <sub>SIL</sub>	--	32
Oscilobatiente de dos hojas	4	4 /12 /4	27	31
Oscilobatiente de dos hojas	4	4 /12 /4	27	29
Oscilobatiente de dos hojas	4	4 /15/ 4	27	31

## ANEXO II: ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE:

Como es bien conocido, la permeabilidad al aire de las ventanas o puertas se determina por la norma UNE EN 12207, mediante ensayos realizados según lo indicado en UNE EN 1026. En lo esencial, la clasificación y sus exigencias son:

CLASIFICACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE LAS VENTANAS y PUERTAS (UNE EN 12207)			
Clase	Presión máxima de ensayo Pa	Permeabilidad de referencia a 100 Pa	
		m <sup>3</sup> /(hxm <sup>l</sup> )	m <sup>3</sup> /(hxm <sup>2</sup> )
0	Elemento no ensayado		
1	150	≤12,5	≤ 50
2	300	≤6,75	≤27
3	600	≤2,25	≤9
4	600	≤0.75	≤3

La clasificación se realiza según los resultados:

- si los resultados de pérdidas por metro lineal de junta m<sup>3</sup>/(hxm<sup>l</sup>) y los de superficie de ventana m<sup>3</sup>/(hxm<sup>2</sup>), corresponden a la misma clase, ésta será la clase para la ventana o puerta
- Si resultan dos clases consecutivas, se clasifica la más favorable
- Si resultan dos clases separadas por dos niveles, la clasificación corresponde al nivel intermedio.
- Si la diferencia de niveles es más de dos, la ventana no se clasifica

Para tratar de relacionar la clasificación de permeabilidad al aire, con el nivel de aislamiento de una ventana, se tratará de calcular la superficie de las ranuras que dan lugar a una clasificación. Para ello se debe determinar el paso de aire por una sección cualquiera, sometida a una diferencia de presiones

$$q = k \times S \times (2 \times \Delta P / \rho)^n$$

q = caudal de aire (m<sup>3</sup>/sxm<sup>2</sup>)

k = coeficiente de paso, variable entre 0,5 y 0,9 según geometría de la sección de paso y régimen del flujo

S = superficie de paso (m<sup>2</sup>)

ρ = densidad del aire (1,2 kg/m<sup>3</sup>)

ΔP = diferencia de presión (Pa)

n = exponente variable, con valores de 1 a 2

Como aplicación de esto, en la literatura científica se determina que el caudal de paso por causa de una presión diferencial entre las dos caras de una ventana o puerta no hermética es:

$$Q = 0,84 \times S \times (\Delta P)^{2/3}$$

Q = filtración de aire a causa de las rendijas (m<sup>3</sup>/sxm<sup>2</sup> de ventana o puerta)

S = superficie de las rendijas (m<sup>2</sup>)

ΔP = diferencia de presión en Pa

Si se consideran los valores de caudales por infiltraciones correspondientes a las clasificaciones de permeabilidad al aire normalizadas, es posible determinar la superficie aparente de las rendijas causantes de dichas pérdidas.

En el cuadro adjunto, se encuentran los resultados de la aplicación para los valores límite de las clases de permeabilidad al aire de los cerramientos de huecos acristalados. Se observa que los valores de superficie de rendijas son muy bajos en general (< 0,1% de la superficie).

A pesar de ello, el valor del aislamiento acústico se reduce de un modo importante incluso para estos bajos porcentajes que representan las rendijas en el cerramiento

Para determinarlo, basta aplicar a un cerramiento cualquiera que no tenga ninguna pérdida, los valores de reducción del aislamiento acústico por la pérdida por rendijas:

$$R_{Atri} = -10 \log \left( (1 - S_i/S_t) (1/10)^{R_{0Atri}/10} + S_i/S_t \right)$$

siendo :

$R_{Atri}$ : aislamiento acústico del cerramiento con rendijas de superficie  $S_i$   
 $R_{Atr0}$ : aislamiento acústico del cerramiento sin rendijas, con superficie  $S_t$

En la tabla normalizada, se asignan valores de aislamiento de 32 dBA para cerramientos practicables con Clase 3 de permeabilidad (es decir: cuando el valor asignado a la ventana y al vidrio es el mismo), y de 26 dBA para cerramientos de tipo corredera, con clase 2 de permeabilidad. El cálculo determina un cerramiento teórico sin pérdidas de  $R_{Atr}=33$  dBA para cerramientos practicables y de  $R_{Atr}=27$  dBA para los de cierre tipo corredera. Los resultados de estos cálculos se indican en la tabla adjunta.

A la vista de los resultados, las diferencias señaladas entre los dos tipos de sistemas de cerramiento en la tabla normalizada, no se pueden justificar solo por las pérdidas debidas al tamaño de las de infiltraciones.

Es probable que para la normalización, se haya considerado muchos tipos de cerramientos reales con importantes diferencias en la fabricación de la carpintería de ambos sistemas (hojas correderas más débiles acústicamente que hojas practicables, juntas de estanqueidad diferentes), que se traduzcan en una notable diferencia entre los aislamientos acústicos que se asignan según el tipo de sistema de apertura

<b>CUADRO DE PERDIDAS DE AISLAMIENTO ACUSTICO POR LAS PERDIDAS DE HERMETICIDAD AL AIRE EN VENTANAS Y PUERTAS</b>				
<b>CONCEPTOS</b>	<b>Clase de permeabilidad al aire de la ventana o puerta</b>			
	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Clase 4</b>
<b>Volumen de pérdidas de aire en ensayo: <math>m^3/hxm^2</math> (<math>m^3/sxm^2</math>)</b>	<b>50 (0,01389)</b>	<b>27 (0,0075)</b>	<b>9 (0,025)</b>	<b>3 (0,000833)</b>
<b>Superficie máxima de pérdidas: <math>m^2 \times 10^{-4}/m^2</math> de ventana o puerta</b>	<b>8,7</b>	<b>4,7</b>	<b>1,56</b>	<b>0,52</b>
<b>Valor de <math>R_{Atr}</math> dBA, (cuando <math>R_{Atr}= 27</math> dBA para <math>S_i=0</math>)</b>	<b>25,2</b>	<b>26</b>	<b>26,7</b>	<b>26,9</b>
<b>Valor de <math>R_{Atr}</math> dBA, (cuando <math>R_{Atr}= 33</math> dBA para <math>S_i=0</math>)</b>	<b>28,7</b>	<b>30,3</b>	<b>32</b>	<b>32, 8</b>

### ANEXO III: ANALISIS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DE VENTANAS Y PUERTAS CON VIDRIOS DE GRAN AISLAMIENTO ACUSTICO

Como se ha indicado antes, los valores normalizados no permiten aplicar el sistema salvo para valores de ventanas y puertas con  $R_{Atr} \leq 34$  dBA.

Pero esto se consigue con elementos de UVA de  $R_{Atr} \leq 36$  dBA, además de no estar normalizada ninguna UVA de valor  $R_{Atr} \leq 32$  dBA.

A partir de esos valores, deben ensayarse, lo que supone ensayar la práctica totalidad de ventanas y puertas con elementos UVA compuestos por vidrios laminares acústicos (con adhesivo acústico especial)

En estos casos parece posible recurrir a un cálculo predictivo para saber con suficiente aproximación el aislamiento acústico de una ventana o puerta

El sistema de cálculo es sencillo: se basa en obtener el aislamiento acústico del cerramiento, considerado como un elemento mixto de:

- el vidrio, con su valor de ensayo acústico.
- la carpintería, con su parte proporcional vista sobre la superficie total del hueco y asignándole un valor de base de  $R_{Atr} = 32$  dBA para cerramientos fijos o practicables (batientes u oscilobatientes), con permeabilidad mínima Clase 3

La ecuación a aplicar será:

$$R_{mAtr} = R_{2Atr} + \Delta R_{2Atr} = R_{2Atr} - 10 \lg [(1 - S_2/S_t) 10^{-(R_{1Atr} - R_{2Atr})/10} + S_2/S_t]$$

que resulta en este caso:

$$R_{mAtr} = 32 + \Delta R_{2Atr} = 32 - 10 \lg [(1 - S_2/S_t) 10^{-(R_{1Atr} - 32)/10} + S_2/S_t]$$

donde:

$R_{mAtr}$  : Aislamiento acústico de uno mixto, en dBA

$R_{1Atr}$ : Aislamiento acústico del vidrio, en dBA

$R_{2Atr}$  Aislamiento acústico de la carpintería, (= 32 dBA)

$\Delta R_{2Atr}$ : Incremento a añadir a  $R_{2Atr}$  para obtener  $R_{mAtr}$  en dBA

$S_t$  : Area total de hueco, en m2

$S_2$ : Area vista de la carpintería, en m2

En el cuadro adjunto, se presentan las soluciones de esta ecuación

VALORES ESTIMADOS DE AISLAMIENTO ACUSTICO			
$R_{mAtr}$ dBA DEL HUECO ACRISTALADO			
$(R_{mAtr} = 32 + \Delta R_{2Atr}$ dBA)			
$(R_{1Atr} - R_{2Atr})$ dBA	VALORES DE $\Delta R_{2Atr}$ dBA		
	$S_2/S_t$ %		
	10	20	30
0	0	0	0
2	1,8	1,6	1,3
4	3,4	2,8	2,3
6	4,9	4,2	3,2
8	6,1	4,8	3,8
10	7,2	5,5	4,3
12	8,4	6	4,7
14	8,67	6,3	4,84
$\geq 16$	9,1	6,6	5

### Ejemplo de aplicación:

El ensayo normalizado de una ventana oscilobatiente, ha presentado las siguientes características:

- Permeabilidad al aire Clase 4
- Ratio de  $S_2/S_t = 0,166$  (16,6 %)
- $R_{mAtr}$  (Aislamiento acústico de la ventana)= 39 dBA

El vidrio laminar acústico instalado en la ventana, presentaba un valor de aislamiento según el fabricante de

- $R_{1Atr}$  (Aislamiento acústico del vidrio)= 41 dBA

Según esto, con los valores del cuadro tendríamos:  $(R_{1Atr}-R_{2Atr}) = 41- 32 = 9$  dBA

El valor de  $\Delta R_{2Atr} \approx 6$  dBA

Luego el resultado previsto sería:  $R_{mAtr} = 32 + 6 = 38$  dBA

Este resultado es 1 dBA inferior al resultado de ensayo como era esperable, ya que los valores normalizados suelen ser siempre inferiores (conservadores) respecto a los valores reales de ensayo. En este sentido, el valor normalizado de  $R_{mAtr} = 32$  dBA para una Clase 3 de permeabilidad al aire, al considerar cerramientos de hueco de Clase 4, puede suponer un valor real mayor de 32 dBA, como se ha indicado en el ANEXO II anterior

Como conclusión: se puede decir que el uso de vidrios UVA conocidos en el mercado con hojas laminares, y que presentan altas prestaciones acústicas, instalados en ventanas o puertas simples practicables, pueden alcanzar valores de aislamiento hasta  $R_{mAtr} = 41/42$  dBA, como se ha comprobado en otros países de la UE, en numerosos ensayos de laboratorio sobre ventanas practicables de todo tipo (madera, aluminio y pvc), con UVA con vidrios laminares acústicos en ambas hojas

#### ANEXO IV: ANALISIS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DE VENTANAS Y PUERTAS CON CAJON DE PERSIANAS

Desde el punto de vista acústico, para elementos independientes, los cajones de persianas y las ventanas o puertas, pueden tener un aislamiento acústico diferente, por lo que el conjunto ventana-cajón de persiana dará un resultado acústico diferente al que tienen cada uno de ellos por separado.

Es fácilmente calculable el resultado final conociendo el aislamiento de cada uno de los elementos por separado y sus superficies respectivas, teniendo en cuenta que la unión de ambos elementos no suponga una zona débil acústicamente que comprometa el resultado final.

Para facilitar el cálculo, se presenta la tabla adjunta, que no es más que el desarrollo aplicable del aislamiento acústico de elementos mixtos, como ya se ha indicado antes, en este caso

$$R_{mAtr} = R_{2Atr} + \Delta R_{2Atr} = R_{2Atr} - 10 \lg \left[ (1 - S_2 / S_t) 10^{-(R_{1Atr} - R_{2Atr}) / 10} + S_2 / S_t \right] \text{ dBA}$$

donde:  $R_{mAtr}$ : Aislamiento acústico del cerramiento conjunto (mixto), en dBA

$R_{1Atr}$ : Aislamiento acústico de la ventana o puerta, en dBA

$R_{2Atr}$ : Aislamiento acústico del cajón de persiana, en dBA

$\Delta R_{2Atr}$ : Incremento a añadir a  $R_{2Atr}$  para obtener  $R_{mAtr}$  en dBA

$S_t$ : Área total de ventana + caja de persiana, en m<sup>2</sup>

$S_2$ : Área de la caja de persianas, en m<sup>2</sup>

<b>VALORES DE AISLAMIENTO ACUSTICO <math>R_{mAtr}</math> dBA DEL CONJUNTO VENTANA + CAJON DE PERSIANA</b>			
<b>(<math>R_{mAtr} = R_{2Atr} + \Delta R_{2Atr}</math> dBA)</b>			
<b>(<math>R_{1Atr} - R_{2Atr}</math>) dBA</b>	<b>VALORES DE <math>\Delta R_{2Atr}</math> dBA</b>		
	<b><math>S_2 / S_t</math></b>		
	<b>10 %</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>2</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,3</b>
<b>4</b>	<b>3,4</b>	<b>2,8</b>	<b>2,3</b>
<b>6</b>	<b>4,9</b>	<b>4,2</b>	<b>3,2</b>
<b>8</b>	<b>6,1</b>	<b>4,8</b>	<b>3,8</b>
<b>10</b>	<b>7,2</b>	<b>5,5</b>	<b>4,3</b>
<b>12</b>	<b>8,4</b>	<b>6</b>	<b>4,7</b>
<b>14</b>	<b>8,7</b>	<b>6,3</b>	<b>4,8</b>
<b>≥ 16</b>	<b>9,1</b>	<b>6,6</b>	<b>5</b>