



EL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DE LOS VIDRIOS EN EDIFICACIÓN

Penélope González de la Peña^{1*}
Fernando de la Rubia Jiménez²

¹Responsable desarrollo herramientas digitales Saint-Gobain Solutions
²Jefe Soluciones Vidrio Saint-Gobain Solutions

RESUMEN

Uno de los puntos más importantes en el estudio del comportamiento acústico de los edificios son los huecos existentes en la envolvente de este.

Por un lado, están expuestos al ruido del exterior, normalmente ruido de tráfico, con una componente en bajas frecuencias importante y por el otro, los vidrios presentan unas características acústicas diferentes al comportamiento de las partes ciegas en fachadas y cubiertas. Todo ello, junto con las uniones entre vidrio y carpinterías y la ventana al completo con la parte ciega, hace que en los huecos tenga que realizarse un estudio acústico a la hora de hacer el proyecto de acústica de una edificación, sobre todo cuando el edificio se encuentra en zonas expuestas al ruido del exterior donde la normativa es mucho más restrictiva.

En este paper analizaremos el comportamiento acústico de los vidrios para ventanas con las diferentes estrategias para mejorarlos y cuáles son las más indicadas en cada circunstancia. Veremos también en que se está trabajando dentro del I+D+i de los fabricantes para su mejora acústica en el futuro.

ABSTRACT

One of the most important points in the study of the acoustic behavior of buildings are the openings in the building envelope.

On the one hand, the openings are exposed to exterior noise, usually traffic noise, with a significant low frequency component, and on the other hand, the glass has different acoustic characteristics to the behavior of the rest of construction systems present in the envelope (façades, roofs...). All this points, together with the joints between glass and carpentry and the whole window with the envelope, means that the openings must have and acoustic study when carrying out the acoustic project of a building, especially when the building is located in external noise exposed areas where the norms are much more restrictive.

In this paper we will analyze the acoustic behavior of glasses for windows with the different strategies to improve them and which are the most suitable in each circumstance. We will also see what is being worked on the R+D manufacturer teams for acoustic improvements in the future.

Palabras Clave— Vidrios, Ventanas, Acústica edificios, I+D

1. INTRODUCCIÓN

El Código Técnico de la Edificación establece en su documento básico de protección frente al ruido (DB HR) los requerimientos acústicos solicitados en la envolvente del edificio dependiendo del nivel de ruido exterior que tenga el edificio.

En el Apartado 2.1. “Valores límite de aislamiento” se establecen las exigencias acústicas mínimas de atenuación acústica a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$ de los elementos constructivos de las fachadas, las cubiertas y del resto de elementos que conforman la envolvente del edificio.

Ld dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario, docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_e \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_e \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_e \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_e \leq 75$	42	37	42	37
$L_e > 75$	47	42	47	42

Figura 1. Apartado 2.1. “Valores límite de aislamiento”

Complementario a estos valores, se establecen los valores mínimos exigibles a los huecos en función del porcentaje de huecos que haya en la parte ciega junto con el nivel exigido en el Apartado 2.1. En la tabla 3.4. del documento se establecen los valores mínimos que deben cumplir los elementos que forman los huecos y la parte ciega de la fachada:

* **Autor de contacto:** penelope.gonzalez@saint-gobain.com

Copyright: ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{n,w,Air}$ dBA	Parte ciega 100 % RA, tr dBA	Parte ciega ≠100 % RA, tr dBA	Huecos Porcentaje de huecos RA, tr de los componentes del hueco, dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30 %	De 31 a 60 %	De 61 a 80 %	De 81 a 100 %
$D_{n,w,Air} = 30$	33	35	26	29	31	32	33
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{n,w,Air} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	
$D_{n,w,Air} = 34(1)$	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	
$D_{n,w,Air} = 36(1)$	38	40	33	35	37	38	38
		45	31	34	36	37	
		50	30	33	36	37	
$D_{n,w,Air} = 37$	39	40	35	37	39	39	39
		45	32	35	37	38	
		50	31	34	37	38	

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{n,w,Air}$ dBA	Parte ciega 100 % RA, tr dBA	Parte ciega ≠100 % RA, tr dBA	Huecos Porcentaje de huecos RA, tr de los componentes del hueco, dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30 %	De 31 a 60 %	De 61 a 80 %	De 81 a 100 %
$D_{n,w,Air} = 41(1)$	43	40	39	40	42	43	43
		45	36	39	41	42	
		50	35	38	41	42	
$D_{n,w,Air} = 42$	44	50	37	40	42	43	44
		55	36	39	42	43	
		60	36	39	42	43	
$D_{n,w,Air} = 46(1)$	48	50	43	45	47	48	48
		55	41	44	46	47	
		60	40	43	46	47	
$D_{n,w,Air} = 47$	49	55	42	45	47	48	49
		60	41	44	47	48	
		65	41	44	47	48	
$D_{n,w,Air} = 51(1)$	53	55	48	50	52	53	53
		60	46	49	51	52	
		65	46	49	51	52	

Figura 2. Tabla 3.4. DB HR

2. COMPORTAMIENTO DE LOS VIDRIOS

En este paper vamos a ver cómo es el comportamiento de los vidrios que se utilizan en las configuraciones más habituales de ventanas, junto con vidrios de altas prestaciones.

En todas las simulaciones y ensayos, se debe tener en cuenta que después hay que añadir el comportamiento acústico de todo el conjunto de la ventana: marco, capialzado, uniones a la parte opaca del cerramiento, tipo de ventana... que van a modificar el aislamiento conseguido por el vidrio.

Las estrategias que podemos emplear para el aislamiento acústico en los vidrios son similares a las que tenemos en el resto de cerramientos utilizados en construcción:

2.1. Comportamiento vidrios simples

Un vidrio simple o monolítico es aquel formado solo por una masa vítrea, sin ningún otro tipo de capa o tratamiento.

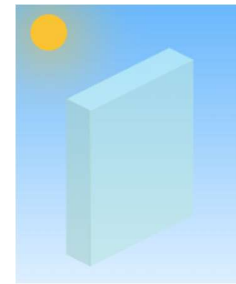


Figura 3. Vidrio monolítico

En este caso, la masa (definida en gran medida por el espesor del vidrio) va a absorber parte de las ondas sonoras provenientes del exterior, en el siguiente cuadro se pueden ver diferentes ensayos sobre vidrios simples y el aislamiento que ofrecen:

Tabla 1. Valores de aislamiento vidrios simples

Tipología	Tipo	Espesor (mm)	Masa (kg)	R_w (dB)	R_A (dBA)	R_{Atr} (dBA)
Vidrio simple	SGG Planilux	4	18	30 (-2;-2)	28	28
Vidrio simple	SGG Planilux	6	27	32(-1;-2)	31	30
Vidrio simple	SGG Planilux	8	36	33 (-2;-1)	32	31
Vidrio simple	SGG Stadip	20	84	40(-1;-2)	39	38
Vidrio simple	SGG Stadip	41	178	47(-1;-5)	46	42

Conforme se incrementa el espesor del vidrio y por tanto su masa, el aislamiento acústico proporcionado es mayor, pero, para conseguir aislamientos altos, se necesita llegar a unos espesores y unas masas muy altas que hacen inviable la colocación de este tipo de vidrios de forma masiva.

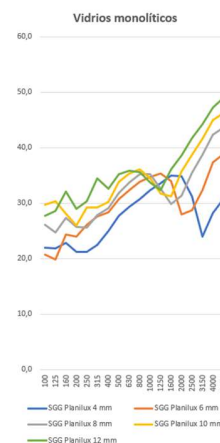


Figura 4. Gráfico aislamiento acústico vidrios monolíticos

Podemos observar que conforme incrementamos el espesor, y por tanto la masa del vidrio monolítico, se incrementan los valores de aislamiento, trasladando eso si la frecuencia crítica hacia la izquierda de espectro.

2.2. Comportamiento vidrios laminados

El vidrio laminar es un acristalamiento de seguridad compuesto de dos o más láminas de vidrio entre las que se intercala algún otro material, como el butiral de polivinilo (PVB), esta lámina intercalaria puede ser translúcida o transparente, tener colores, incluir dibujos, diodos...

En caso de choque o impacto este material intercalario mantiene los vidrios unidos, por lo que si el vidrio se rompe los trozos permanecen unidos, haciendo un vidrio más seguro que los monolíticos.



Figura 5. Vidrio laminado

El vidrio laminar va a mejorar el comportamiento frente a un vidrio monolítico del mismo espesor, al igual que ocurre con los sistemas constructivos de la parte ciega cuando tienen sistemas masa-muelle-masa.

Dependiendo del espesor de la cámara que se intercale entre los dos vidrios y de qué esté rellena, el aislamiento acústico puede variar, igualmente variará cuando el espesor de los vidrios colocados en cada una de las caras cambie, modificando las frecuencias de coincidencia y mejorando por tanto el comportamiento global del conjunto.

Se han realizado diferentes simulaciones con diferentes modificaciones para ver cómo se produce esta variación.

2.3. Vidrio simple vs Vidrios laminados

El mínimo espesor de vidrio laminar es un 22.1, es decir, dos vidrios de 2 mm con un material intercalario o cámara de aire de 1 mm. El espesor máximo al que llegamos con los vidrios laminados de forma estándar es hasta un 66.2, dos vidrios de 6 mm. Con un material intercalario de 2 mm.

Los ensayos y simulaciones realizados con los vidrios laminados son los siguientes:

Tabla 2. Valores de aislamiento vidrios laminados

Tipología	Tipo	Espesor (mm)	Masa (kg)	Rw (dB)	RA (dBA)	RATr (dBA)
Vidrio laminar	SGG Stadip 22.1	5	12	31(-1;-2)	30	29
Vidrio laminar	SGG Stadip 33.1	7	27	33(-1;-2)	32	31
Vidrio laminar	SGG Stadip Protect 44.2	9	36	34(-1;-2)	33	32
Vidrio laminar	SGG Stadip Protect 55.2	11	46	36(-1;-2)	35	34
Vidrio laminar	SGG Stadip Protect 66.2	13	56	35(-1;-3)	34	32

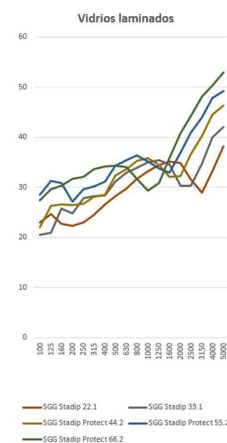


Figura 6. Gráfico aislamiento acústico vidrios laminados

El comportamiento en los vidrios laminados es igual que en los vidrios monolíticos, a mayor espesor del vidrio incrementamos el aislamiento, moviendo la frecuencia crítica hacia la izquierda.

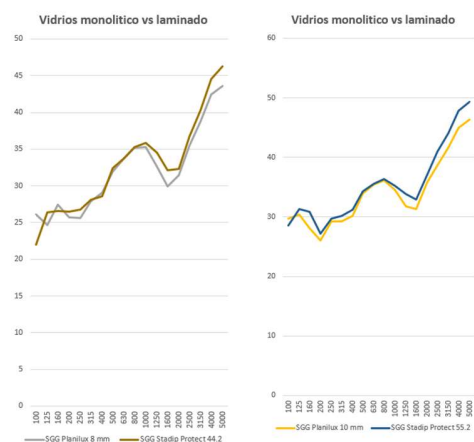


Figura 7. Gráfico vidrio monolítico vs vidrio laminado

El incremento de aislamiento que se produce está en torno a 1-2 dB con la mejora además en las siguientes prestaciones:

- Mayor nivel de resistencia
- Es un cristal prácticamente inseparable (en caso de rotura, la lámina ejerce de retención y evita que el cristal se haga añicos)
- El vidrio laminado aumenta la seguridad
- Protege a las personas frente a los riesgos de heridas en caso de rotura
- Filtra los rayos solares ultravioletas con el PVB en más de un 95%
- Sirve para mejorar los efectos de degradación del color
- El vidrio laminado da mejores prestaciones con, en general, menor peso.

En todos los casos existe un ligero incremento de aislamiento al pasar de vidrio monolítico a vidrio laminar, excepto en el último caso, en el que no se disponen de ensayos realizados sobre el vidrio si no que se ha hecho una simulación, las simulaciones, por lo general, ofrecen valores más bajos de aislamiento que cuando se realiza el ensayo en laboratorio.

2.4. Vidrios laminados con modificación en el espesor del intercalario y en el material.

Dentro del espacio que tienen los vidrios laminares, nos podemos encontrar diferentes materiales intercalarios que pueden modificar el comportamiento acústico, los materiales intercalarios de los vidrios laminados utilizados habitualmente son:

- PVB butiral de polivinilo
- SIL intercalario acústico

Tabla 3. Valores de aislamiento vidrios con intercalario acústico.

Tipología	Tipo	Espesor (mm)	Masa (kg)	Rw (dB)	RA (dBA)	RAtr (dBA)
Vidrio laminar	SGG STADIP SILENCE 22.1	5	11	33(-1;-4)	32	29
Vidrio laminar	SGG STADIP SILENCE 33.1	7	27	35(0;-3)	35	32
Vidrio laminar	SGG STADIP SILENCE 44.2	9	36	37(0;-3)	37	34
Vidrio laminar	SGG STADIP SILENCE 55.2	11	46	38(0;-2)	38	36
Vidrio laminar	SGG STADIP SILENCE 66.2	13	55	39(0;-2)	39	37

El vidrio laminar con interlayer acústico reduce la pérdida de aislamiento acústico en las proximidades de la frecuencia crítica, mejorando el aislamiento acústico ofrecido. Se puede observar que en los casos de los vidrios SILENCE, el factor C de corrección a ruido rosa es de 0, siendo además los térmicos de R_A y R_{Atr} mayores que en los vidrios laminares con PVB simple en su interior.

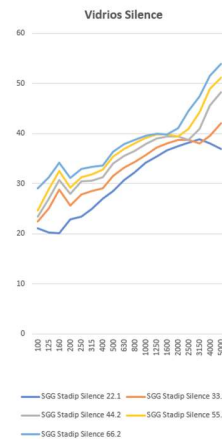


Figura 8. Gráfico vidrio intercalario acústico

Se puede observar en el gráfico que en estos casos la frecuencia crítica queda atenuada con el intercalario acústico, lo que ayuda a tener mejores prestaciones.

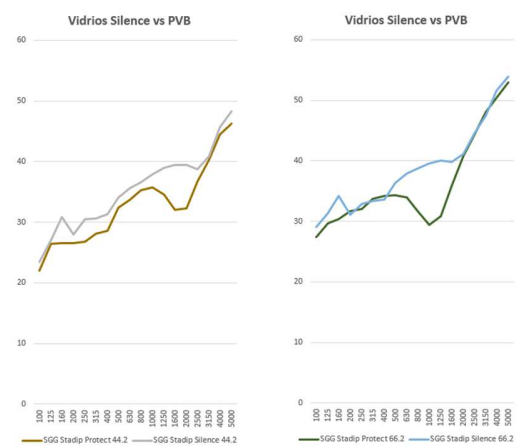


Figura 9. Gráfico vidrio Silence vs PVB

Si comparamos el comportamiento de los vidrios con PVB a los vidrios con SIL, podemos observar que el Silence da mejor prestación acústico, atenuándose la frecuencia crítica del vidrio.

2.7. Vidrios dobles



Figura 10. Vidrio doble

El doble acristalamiento contribuye a la mejora del aislamiento acústico, aumentando el valor del aislamiento medio y reduciendo el efecto de pérdida de aislamiento en el entorno de la frecuencia crítica.

Tabla 4. Valores de aislamiento vidrios dobles

Tipología	Tipo	Espesor (mm)	Masa (kg)	Rw (dB)	RA (dBA)	RAtr (dBA)
Vidrio doble	SGG Climalit Protect 33.2 16AIR 33.2	28	54	39(-1;-6)	38	33
Vidrio doble	SGG Climalit Protect 44.2 16AIR 44.2	34	76	40(-2;-6)	38	34
Vidrio doble	SGG Climalit 44.2SIL 16AIR 44.2SIL	34	76	45(-2;-7)	43	38
Vidrio doble	SGG Climalit Protect 55.2SIL 16AIR 44.2SIL	36	85	48(-3;-8)	45	40

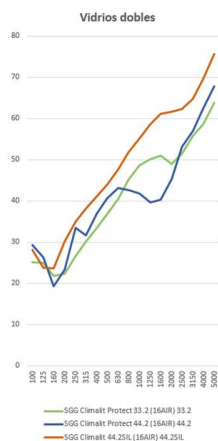


Figura 11. Gráfico vidrio dobles

2.8. Vidrios triples

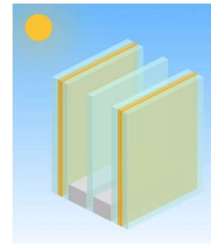


Figura 12. Vidrio triple

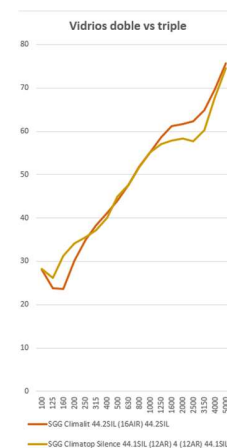


Figura 13. Vidrio doble vs vidrio triple

En este caso, los vidrios triples no tienen un comportamiento acústico mejor que los dobles, por lo que su uso sólo se recomienda en el caso de que se necesite mejorar la eficiencia energética del mismo ya que en el resto de los casos implican un mayor coste, mayor peso y mayor espesor sin un aporte de aislamiento acústico mejor.

3. CONCLUSIONES

De todo el estudio realizado podemos resaltar las siguientes conclusiones:

- El vidrio laminar ofrece un mejor comportamiento que el vidrio monolítico.
- El uso de laminares con PVB acústico Silence mejoran la atenuación del vidrio
- La elección del triple acristalamiento no está justificada desde un punto de vista acústico ya que se alcanzan las mismas prestaciones con el doble acristalamiento. En este caso, el uso de triple acristalamiento sólo se recomienda desde el punto de vista de la eficiencia energética.
- La unión del vidrio con el marco y de el conjunto de la ventana a la parte ciega del edificio es crítica para



conseguir las prestaciones acústicas necesarias. Por ello, se debe prestar especial atención a la ejecución.

4. REFERENCIAS

[1] Base de datos Saint-Gobain de ensayos y simulaciones de vidrios ISACO