

## **METAMATERIAL 3D PARA EL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO**

PACS: 43.55. T1

Taborga Pérez, Manuel  
dBcover Solutions  
Av. Benelux 91  
Elda, España  
Tel: 677472879  
E-mail: m.taborga@dbcover.com

Palabras Clave: Acoustic membrane, Airborne sound insulation, Acoustic mat, Soundproofing, Sound blocker, Noise reduction, Viscoelastic damping sheet.

### **ABSTRACT**

Nowadays, due to the improvement of building codes, the requirements of acoustic Airborne-sound insulation in living spaces and activities are higher. On the other hand, there is a tendency to build light constructions, easy to excite and hard to insulate. To address these challenges is necessary to use efficient materials that are able to perform efficiently in all the sound frequency range. dBsonic HM-3D was born from the theory of a double leaf walls Insulation, considering the three fundamental areas of the insulation curve: the one dominated by the resonance frequency, the one dominated by the mass law and the one dominated by the frequency of coincidence.

### **RESUMEN**

En la actualidad, el incremento de los requerimientos en cuanto al aislamiento acústico a ruido aéreo en recintos habitables y actividades, debido a la mejora de los códigos de construcción, la tendencia a construcciones livianas y las necesidades de confort, hacen fundamental el uso de materiales que aporten masa y desconexión a la vez, sin perder espacio y teniendo un especial énfasis en el control de las bajas frecuencias. dBsonic HM-3D nace desde la teoría del aislamiento de una pared doble, considerando las tres áreas fundamentales de la curva de aislamiento, dominadas por la frecuencia de resonancia, la ley de masas y frecuencia de coincidencia.

### **INTRODUCCIÓN**

Cada vez es más importante la protección de las personas frente al ruido, debido al crecimiento de las ciudades de forma exponencial y la cercanía de los habitantes a las actividades ruidosas, entre otras. Esto genera una tendencia creciente a la búsqueda y mejora constante de los materiales fono aislantes, los cuales además de cumplir con propiedades acústicas, deben además aportar una serie de mejoras en cuanto a instalación, emisión de volátiles orgánicos y de respeto con el medioambiente.

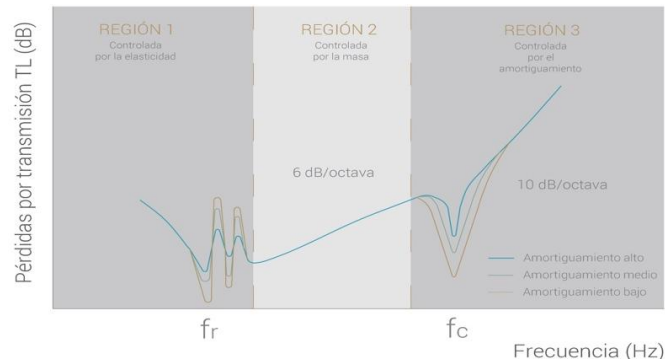
En esta búsqueda constante se ha intentado por primera vez crear una verdadera "Membrana Acústica", naciendo de la teoría del aislamiento y no de materiales existentes reconvertidos, tales

como: derivados Asfálticos, Polivinilos, reciclados de Caucho o EPDM, todos provenientes de aplicaciones de impermeabilización.

El desarrollo del HM-3D considera todo el rango de frecuencias que influyen en las ponderaciones  $R_w$  o  $STC$ , y no solo enfocado en las zonas dominadas por la ley de masas y la frecuencia de coincidencia. Su estructura con tres capas y su funcionamiento en tres zonas del aislamiento, le confieren la denominación de: **Metamaterial tridimensional**.

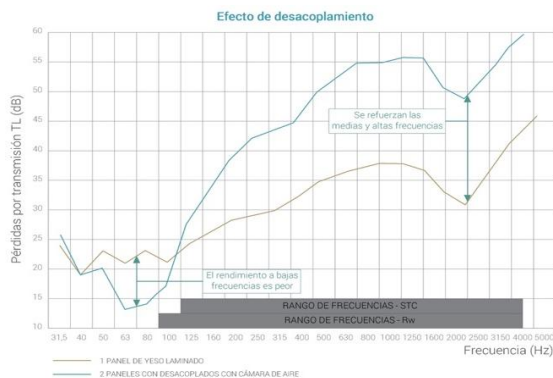
## TEORÍA DEL AISLAMIENTO

Desde el punto de vista acústico, una pared doble, está formada de dos paneles solidos separados por una capa intermedia elástica, usualmente una capa de aire o una membrana. El aislamiento específico de una pared (TL, Transmission loss), depende sobretodo de su masa por unidad de área, rigidez, desacoplamiento, del amortiguamiento intrínseco y de la estanqueidad. El comportamiento del aislamiento en una pared múltiple se puede ver en la siguiente gráfica:



### Región 1: Zona dominada por la Frecuencia de Resonancia ( $f_r$ )

Es la frecuencia natural de vibración del paramento (“efecto tambor”). La pared doble provoca una mejora acústica a medias y altas frecuencias por el desacople, pero lógicamente aparece el fenómeno de resonancia solo presente en paredes múltiples que genera una caída del aislamiento a bajas frecuencias [1]. Depende de las dos masas rígidas ( $M_1$ ,  $M_2$ ) y de las características de la cámara (distancia  $-d$ , amortiguación y rigidez- $K$ ) en un sistema masa-muelle-masa.



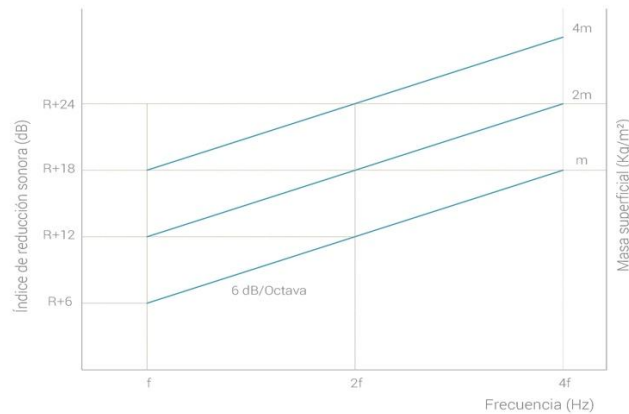
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K \frac{M_1 + M_2}{M_1 \times M_2}}$$

$$f_0 = \frac{615}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}}$$

### Región 2: Zona dominada por la ley de masa y la frecuencia

Se puede utilizar la ley de masa para calcular la R (TL), puesto que cuando más pesa una partición, más se opone a ser excitada por una onda acústica, aislando más. La ley de masa predice que la pérdida por transmisión aumentara 5-6 dB, cada vez que se duplique la masa superficial ( $m$ ) o la frecuencia ( $f$ ) [2].

$$R = 20 \log(m f) - 47, \quad dB$$

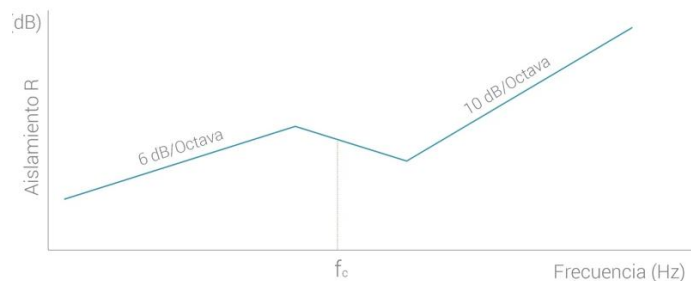


### Región 3: Zona dominada por la Frecuencia de Coincidencia ( $f_c$ )

En alguna frecuencia por sobre la región dominada por la masa, la energía acústica incidente que se transmite a través de los paramentos se acopla con las ondas de sonido incidentes produciéndose una resonancia y creando un “agujero acústico”; dando como resultado, la transmisión más fácil del sonido. Este fenómeno ocurre en paramentos simples y múltiples. La TL en este punto caerá entre 10 a 15 dB por debajo de los niveles teóricos esperados. Por sobre este valle de caída la TL vuelve a trabajar según la ley de masas e incluso excede la pendiente de 5 dB/octava. [1].

siendo:  
 $d$  espesor de la pared (m)  
 $\rho$  densidad (Kg/m<sup>3</sup>)  
 $E$  módulo de Young  
 $\sigma$  coeficiente de Poisson

$$f_c = \frac{6,4 \times 10^4}{d} \sqrt{\frac{\rho (1 - \sigma^2)}{E}}$$



La  $f_c$  depende de una serie de factores, como la densidad superficial (masa por unidad de área), dimensiones, condiciones de contorno, flancos, rigidez de capas intermedias, rigidez de flexión

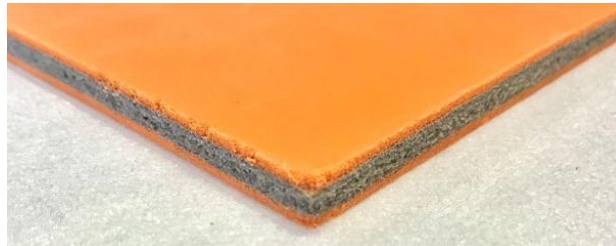
(la cual depende del módulo de Young - E, momento de inercia - I, módulo de Poisson -  $\mu$  y del espesor - e) [1].

### CONFIGURACIÓN DEL HM 3D

Entendiendo los desafíos de las tres zonas de aislamiento, la solución ha de ser capaz de añadir masa en poco espacio, ser capaz de desacoplar elementos y provocar un alto amortiguamiento intrínseco de todo el sistema.

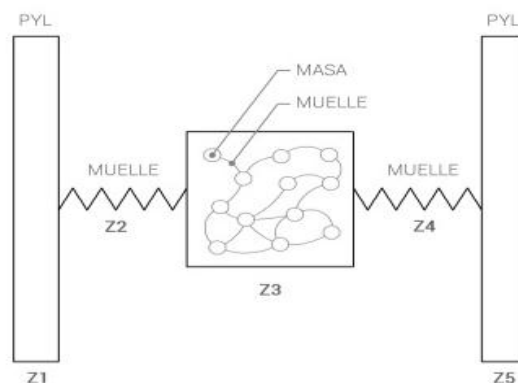
La solución es una membrana tricapa que combina masa, elasticidad y amortiguamiento.

Se debe considerar la conexión de la capa intermedia a las caras exteriores de las paredes, debido a la fuerte influencia de rigidez de contacto. Múltiples capas intermedias sin fijación fuerte, reducen la rigidez dinámica del conjunto al generar una unión más flexible entre ellas. Por esta razón en la configuración es fundamental un sistema muelle-masa-muelle (Látex + Poliuretano cargado + Látex).



La configuración en tres capas también aumenta la resistencia que opone el medio de transmisión a las ondas que se propagan sobre este y por lo tanto es equivalente a la Impedancia (Z), es decir una forma de disipación de energía de las ondas que se desplazan en un medio. Se define como la razón entre la presión sonora (p) y la velocidad de las partículas (v) de un medio material.

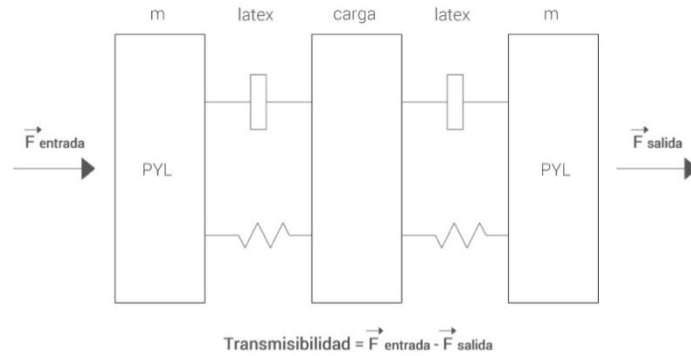
$$Z = \frac{p}{v}$$



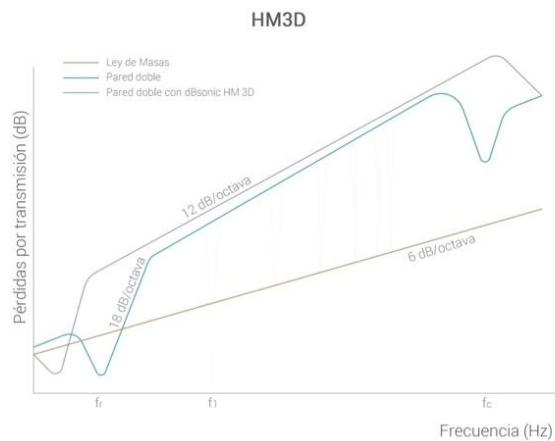
$$Z_{tot} = Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5$$

Cuando se aporta elasticidad entre dos masas rígidas (Látex), se disipa energía por viscosidad [5], así funciona una membrana acústica, haciendo la curva semejante a la ley de masas; es

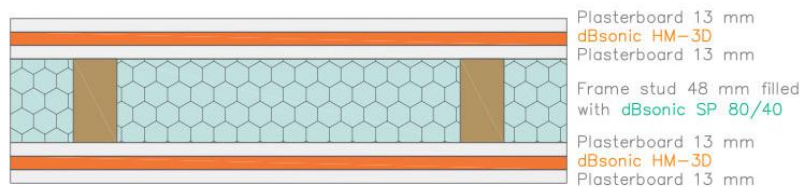
decir, más lineal, disminuyendo las resonancias que aparecen en la curva que disminuyen el aislamiento.



La frecuencia de resonancia se desplaza más hacia bajas frecuencias, desplazándola de nuestras frecuencias de interés (zona de audición) y la de coincidencia más hacia altas frecuencias, puede llegar a provocar mejoras que alcanzan hasta los 4 dB en algunos casos.

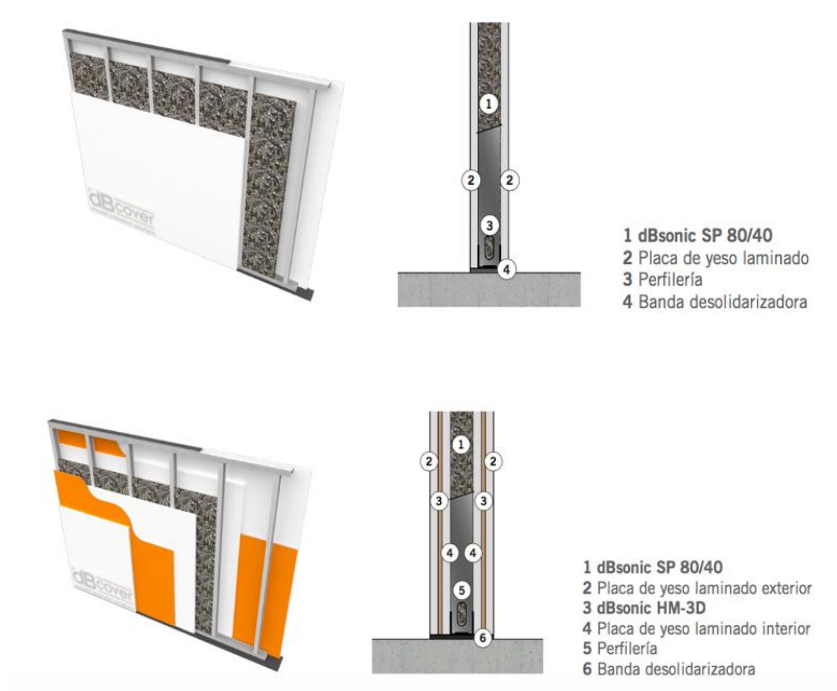


Para el caso del cartón yeso con bajo amortiguamiento interno, la masa pesada flexible aporta mayor amortiguamiento total en un sistema sándwich.



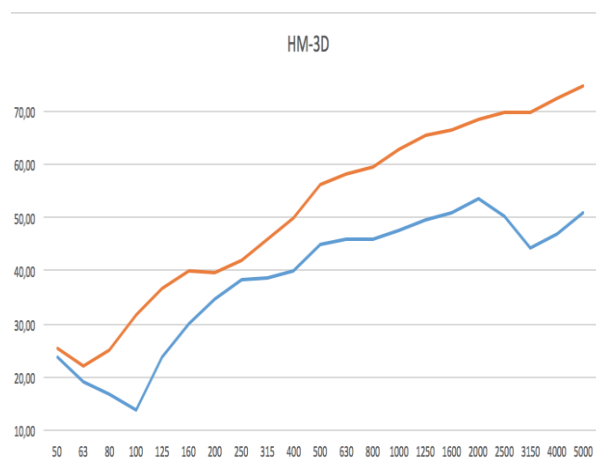
**ANÁLISIS EMPÍRICO**

Para analizar la mejora empíricamente, se evaluaron sistemas de pared seca, uno simple sin membrana y otro doble con membrana en el Instituto Fraunhofer con la Norma ISO 10140 [6].



En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos:

f (Hz)	Sencillo	doble	mejora
	R	R	ΔR
50	23,60	25,40	1,80
63	19,20	22,00	2,80
80	16,90	25,20	8,30
100	13,80	31,80	18,00
125	23,60	36,50	12,90
160	30,00	39,90	9,90
200	34,60	39,60	5,00
250	38,20	42,00	3,80
315	38,60	46,00	7,40
400	39,80	50,00	10,20
500	45,00	56,00	11,00
630	45,80	58,30	12,50
800	46,00	59,60	13,60
1000	47,40	62,90	15,50
1250	49,60	65,50	15,90
1600	50,90	66,50	15,60
2000	53,60	68,30	14,70
2500	50,30	69,80	19,50
3150	44,20	69,80	25,60
4000	46,80	72,30	25,50
5000	51,00	74,70	23,70
Rw	44	55	11,00
RA	40	53	



## CONCLUSIONES

El uso de una membrana acústica tridimensional (muelle-masa-muelle) en una partición de doble hoja provoca una mejora sustancial en el aislamiento debido a los siguientes factores:

- Disminución de la rigidez de contacto entre materiales
- Disminución del espesor de los materiales del sistema, sin perjudicar la TL
- Disminución de la rigidez dinámica del sistema de aislamiento
- Generación de Impedancia de transmisión dificultando y filtrando frecuencias incidentes
- Disipación de energía por viscosidad
- Mejora de los valles de resonancia y coincidencia, aumentando el aislamiento global
- Mejora a bajas frecuencias en comparación a membranas de solo una capa
- Disminución de la incidencia de ondas estacionarias en la cámara por bloqueo de frecuencia de ataque

Todas las características antes mencionadas hacen que esta Membrana pueda reemplazar a sistemas multicapas de varias placas de materiales, disminuyendo el peso de los sistemas aislantes, siendo más fácil su instalación y obteniendo mejoras sustanciales en el aislamiento al poder controlar mejor las bajas frecuencias.

El uso de Polímeros como el Látex y el Poliuretano, mejoran la vida útil del material su comportamiento térmico, y al ser cargado con minerales de origen natural, disminuye la cantidad de materia de fácil degradación y con emisiones como Asfalto, polivinilos, caucho o EPDM normalmente utilizados.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] F.J. Rodríguez, J. Crespo y C. Sanchidrián (2008). Guía Acústica de la Construcción. ISSN 978-84-96437-81-4.
- [2] F. Alto, K. Polman. Master Handbook of Acoustics. Sixth edition. ISSN 978-0-07-184104-7.
- [3] C. Hopkins. Sound Insulation (2014). ISSN 978-0-7506-6526-1
- [4] Beranek L.L. Acoustics. Acoustic Laboratory. Massachusetts Institute of Technology.
- [5] M. Möser, J. Barros. Engineering acoustic. ISBN: 978-3-642-02543-3.
- [6] UNE-EN ISO 10140-2 Acoustics -- Laboratory measurement of sound insulation of building elements -- Part 2: Measurement of airborne sound insulation