

# Acústica para un Diseño Absorbente

Paneles modulares para la aislación y absorción acústica

Escuela de Arquitectura y Diseño  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
2013

Diseño Industrial  
Rebeca Alejandra Fernández Bórquez  
Profesor guía: Sr. Juan Carlos Jeldes Pontio.







Hoy el diseñador enfrenta una nueva oportunidad, diseñar para producciones a baja escala, low production, con la precisión del cálculo del computador pasado por código a máquinas CNC. La oportunidad está ligada a los bajos costos de instalación de las tecnologías, en Chile. También a la información disponible de manera abierta en la web y a los proveedores dispuestos a vender al por menor componentes o materiales desde y hacia cualquier parte del mundo.

Es así como un diseñador puede diseñar y fabricar en un proceso continuo, en donde la precisión del cálculo le permite abordar objetos con parámetros complejos y en series.

Es por esto que el trabajo de Rebeca incluye el proceso de fabricación CNC en una materia que exige series ajustadas a un cálculo matemático.

Rebeca Estudia el fenómeno de la sonoridad para la división de espacios y realiza módulos, paneles divisorios con absorción acústica.

Desarrolla un estudio sobre la plegabilidad y la modularidad, la mecánica del sonido y la tecnología de los materiales.

En esta memoria se registra el trabajo con el cual Rebeca Fernández se titula como Diseñadora Industrial.

Juan Carlos Jeldes.

# Índice

## Capítulo I

Presentación del Proyecto .....

09.  
10.  
11.

Prólogo  
Introducción  
Antecedentes del Proyecto

### Estado del arte

12. Paneles Acústicos de madera  
Placas fonoabsorbentes de espuma  
13. Doble vidriado Hermético  
Materiales Absorbentes  
Difusores y Resonadores Acústicos  
14. Cámara Anecoica  
Materiales Acústicos

### Contexto del Proyecto

15. Salud y niveles de ruido  
16. Efectos sobre las funciones fisiológicas

### Origen del Proyecto

17. Diseño Modular  
18.

## Capítulo II

Propuestas de Desarrollo .....

23.  
26.

Tablas de medición acústica en paneles ranurados y perforados

### Propuesta Formal 1

Materialidad  
27. Utilización del material  
28. Vistas Isométricas

### Propuesta Formal 2

Materialidad  
32. Utilización del material  
33. Vistas Isométricas

### Propuesta Formal 3

36. Vistas Isométricas  
37. Detalles constructivos  
38.

### Propuesta Formal 4

47. Detalles constructivos  
48. Absorción de las ondas sonoras en el panel  
51. Materialidad  
52. Detalle fotografías  
55.

### Prueba de Sonido Biombo Acústico

56. Equipos de medición  
57. Esquema utilización de los equipos en la sala  
59. Graficos de medición acústica  
60. Conclusiones  
65. Correcciones  
66. Dimensiones  
70. Proposición  
71.

# Índice

## Capítulo III

Anexos .....	75.
	76.
	79.
	81.
	82.
	84.
	85.
	86
	87.
	88.
	89.
	90.
	91.
	92.
	93.
<b>Capítulo II</b>	
Propuestas de	
Desarrollo .....	96.
	97.
	98.
	99.
	100.
	101.
	102.
	103.
	105.
	107.

## Ingeniería del Papel

### El Pop-Up

### Diseño Modular

Estructuras desplegadas en barras

Sistema plegable-desplegable

Sistema armable-desarmable

Sistema adosable

### La Acústica

Definiciones Acústicas

A-b

D-E

F-G

L-N

O-P

R-S

T-U

### Conceptos básicos del sonido

¿Qué es el sonido?

¿Qué es la onda sonora?

### La Acústica

Absorción Acústica

Aislación Acústica

El ruido

Acondicionamiento Acústico

Reverberancia

Paneles Acústicos

Primera proposición maqueta paneles acústicos

Segunda proposición maqueta paneles acústicos.

### Bibliografía

### Colofón.



# Capítulo I

---

## Presentación del Proyecto

Cada objeto va cambiando en relación con la evolución y las costumbres de las personas. Los diseñadores unen las demandas clásicas que surgen de la vida en ciudades cada vez más densas y cada vez más restringidos de espacio para transformar y crear nuevas formas que pasan a ser indispensables para nuestro uso y la vida cotidiana. A mediados de los años 80 éstas características se reúnen para interpretar nuevas modalidades y hábitos de vida.

“Todo se transforma y todo cambia su función”

El encuentro con estos productos da una sensación de sorpresa y descubrimiento, son en realidad piezas de mobiliario en movimiento: versátil e ingenioso, que se mueven en el espacio con agilidad, se abren y cierran, cambian constantemente para satisfacer las nuevas necesidades.

Los objetos pueden ser interpretados, transformándose en un producto totalmente nuevo que cumple una función completamente nueva. Los objetos cotidianos con funciones ordinarias inspiran estos proyectos que se reasignan y se combinan con otros objetos utilitarios.

Desde esta base el proyecto se adentra en las formas y objetos modulados, adecuados a distintos espacios combinándolo con una problemática que invade nuestros espacios ya sea interiores o exteriores; la acústica. Con estas dos características se trabaja en proponer una estructura que se adecue a variados espacios cerrados o abiertos y que a la vez juegue con las variaciones acústicas del lugar, reduciendo ruidos molestos.

*El silencio busca al ruido por momentos. En poesía el silencio son los ojos entre líneas, la mirada entre palabras que buscan refugio. El ruido en poesía confunde al ritmo, pero finalmente con él marcha el mundo. Todo poeta debe ser sordo y cojo entre palabras y atreverse a bailar con los ojos cerrados. Todo poeta debe llevar su música por su cerebro.*

Desde las épocas más remotas de nuestra historia, la acústica ha formado parte del ambiente de la vida humana, como mismo desde el punto de vista de la comunicación hablada o mediante rudimentarios instrumentos musicales.

La acústica como ciencia apareció en el momento en que se comenzaron a diferenciar los sonidos más o menos puros.

Según se ha podido apreciar, la acústica ha sido precedida por grandes avances a través de observaciones empíricas, a lo largo del tiempo. La música, la arquitectura, la ingeniería, la medicina, la lingüística, etc, buscan la acústica como una herramienta de trabajo, por ejemplo para realizar: a) proyectos de auditorios, b) estudios de grabación sonora, c) percepción subjetiva de sonidos, d) producción artificial de la voz, e) aislamiento contra el ruido, f) utilización de la acústica en la medicina, etc.

En la actualidad existen distintos tipos de soluciones acústicas para recintos de todo tipo, ya sea casas, estudios, oficinas, teatros, etc. Cada uno con sus propias características dependiendo del lugar, podemos encontrar revestimientos para muros, trabajados en madera, espuma acústica, yeso, tabiquería, decoraciones acústicas y doble vidrioado hermético.

### Paneles de madera

Los paneles acústicos NOTSOUND se suministran en una gran variedad de perforaciones y ranurados. Ha llevado a cabo la medida de los coeficientes de absorción acústica de tableros de madera aglomerada y tableros DM perforados y ranurados.



### Placas fonoabsorbentes de espuma

Espuma de poliéster terminada en cuñas (puntas), son utilizadas en revestimientos de paredes y techos.

Las cuñas facilitan la penetración del sonido dentro del material al no ofrecer un ángulo perpendicular a la incidencia del sonido, aumentando la absorción



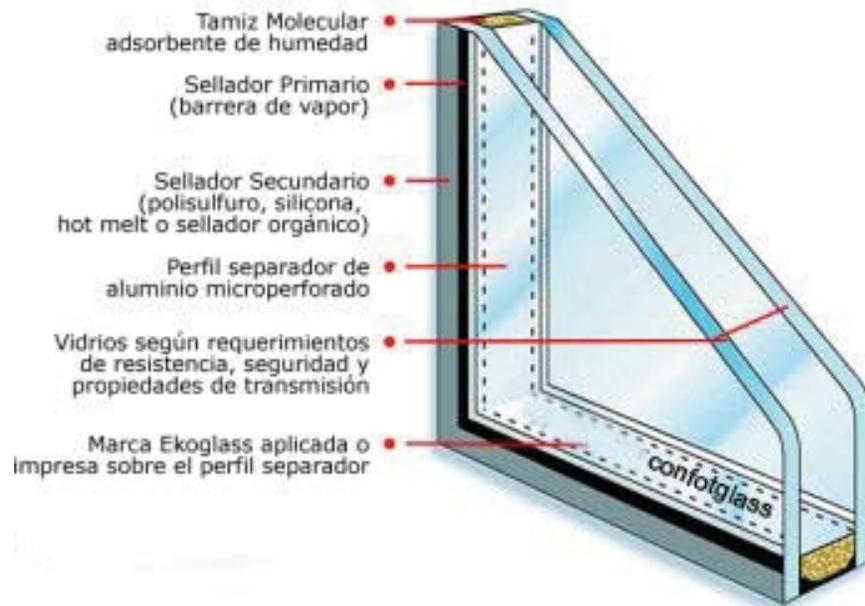
### The Fort Partition System by Arihiro Miyake

Diseñador Arihiro Miyake ha creado el sistema de partición acústica. Formado a partir de fibra reciclada de botellas de PET, las piezas están ensambladas por un sistema de imanes de alto rendimiento, que permite la fácil modificación y capacidad de ampliación ilimitada del sistema.



### Doble vidrioado hermético

El doble vidrioado hermético funciona como aislante térmico y acústico aumentando la sensación de confort. Un doble vidrioado comúnmente denominado DVH es un producto compuesto por dos vidrios Float, separados entre sí por una cámara de aire seco y quieto, herméticamente sellado al paso de la humedad y al vapor de agua. Esta separación entre vidrios o “cámara de aire” es lo que aporta la condición al DVH de ser aislante térmico y acústico.



### MATERIALES ABSORBENTES

La misión de los materiales absorbentes acústicos es evitar la reflexión del sonido que incide sobre ellos.

Toda fuente de ruido en el interior de un local produce más ruido que en el exterior debido a que el local impide la salida del ruido y actúa como amplificador. Fábricas teatros, restaurantes, auditorios, etc. deben tener la absorción suficiente para evitar problemas de ruido.

### Difusores y resonadores acústicos

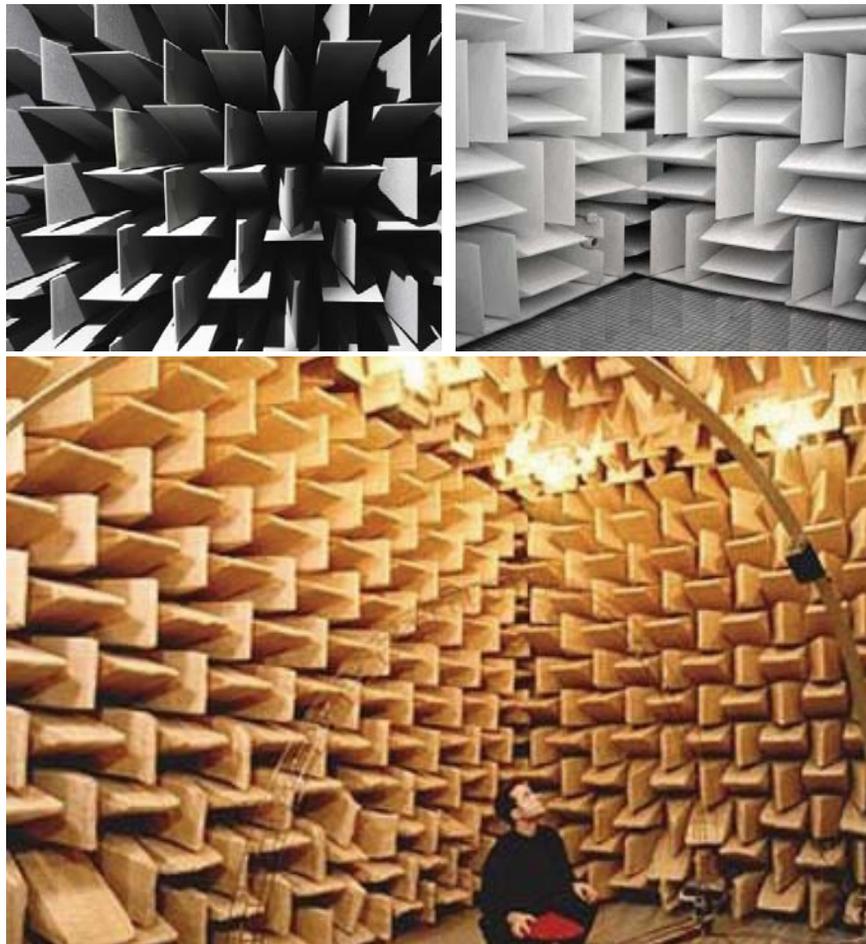
Los difusores y resonadores de acústica integral son elementos autoportantes para aislación en todo tipo de salas. Su misión es la de eliminar las reflexiones indeseables que se producen cuando el sonido incide directamente sobre las superficies de la sala, sin disminuir el tiempo de reverberación.



### Cámara anecoica

Es una sala especialmente diseñada para absorber el sonido que incide sobre las paredes, el suelo y el techo de la misma cámara, anulando los efectos de eco y reverberación del sonido y se mide en decibelios.

La sala anecoica está diseñada para reducir, en la medida de lo posible, la reflexión del sonido: las cámaras anecoicas están aisladas del exterior y constan de unas paredes recubiertas con cuñas en forma de pirámide con la base apoyada sobre la pared, construidas con materiales que absorben el sonido y aumentan la dispersión del escaso sonido que no se absorbe, placa anecoica. Entre estos materiales están la fibra de vidrio o espumas.



### Materiales Acústico

#### ABSORCIÓN SONORA

Placas fono-absorventes  
Lana de vidrio  
Lana de Roca

#### AISLACIÓN SONORA

Aislante Vinílico Alta Densidad  
Placas de Yeso-Cartón  
Placas de fibrocemento  
Chapa metálica  
Poliestireno expandido (solo aislante de ruido de impacto)  
Paredes móviles acústicas

#### ABSORCIÓN Y AISLACIÓN SONORA

Placas compuestas aislantes y Fonoabsorventes

#### CONTROL DE VIBRACIONES

Amortiguadores antivibratorios

#### ATENUACIÓN SONORA

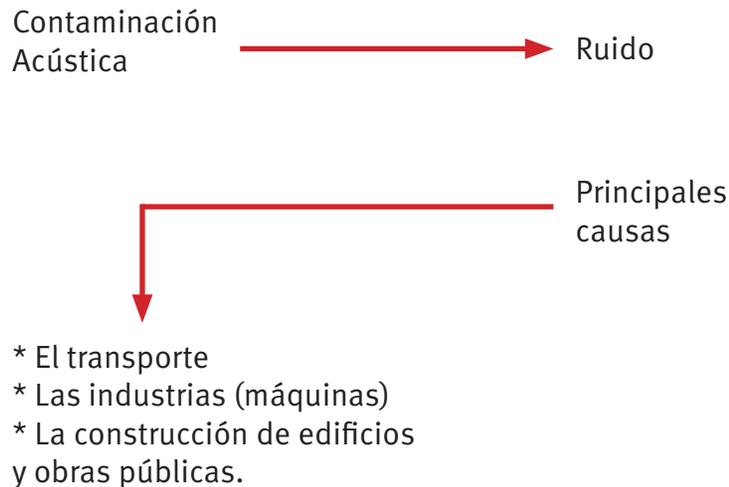
Cabinas Acústicas  
Pantallas Acústicas  
Silenciadores reactivos  
Silenciadores expansivos  
Mamparas  
Cortinas acústicas  
Ventanas acústicas

## Contexto del proyecto

Podemos definir la contaminación acústica como el exceso de sonido que altera las condiciones ambientales normales en una determinada zona y degrada la calidad de vida de los habitantes de esa zona.

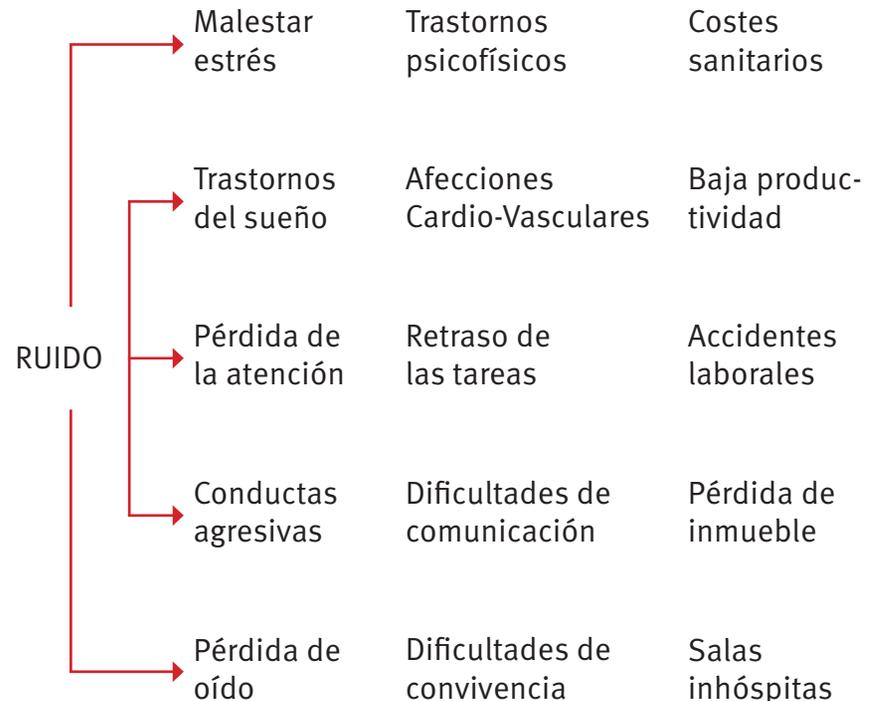
El término contaminación acústica hace referencia al ruido (1) (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por la actividad humana (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, etc), que produce efectos negativos sobre la salud física y mental de las personas. Este término está estrechamente relacionado con el ruido debido a que la contaminación acústica se da cuando el ruido es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos para la salud.

La calidad acústica del espacio es un tema relativamente poco tratado en la arquitectura, salvo casos específicos como auditorios o teatros.

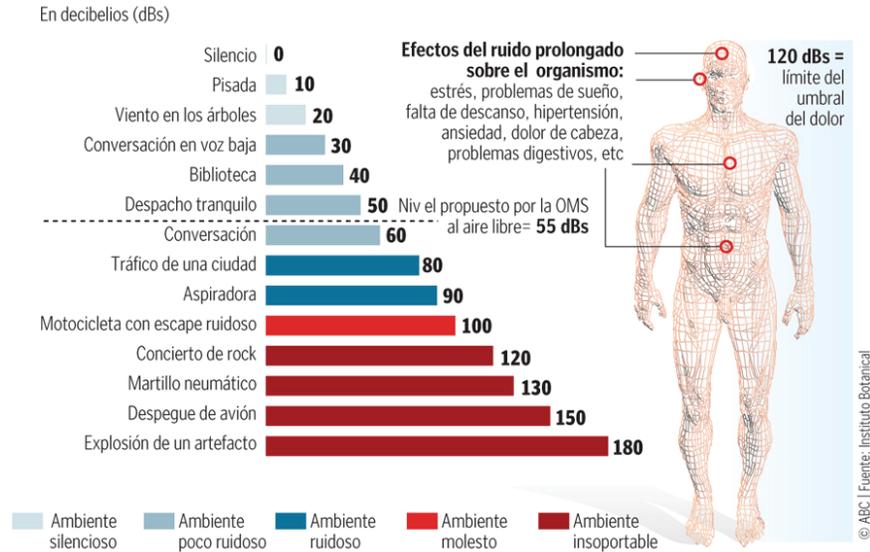


(1) Ver pág. 100

Se ha desarrollado una unidad de medida de los niveles de presión acústica que se denomina decibelio (dB). Cada unidad de decibelios representa un escalonamiento basado en las capacidades del oído humano, de tal forma que con esta escala se definen los valores que puede percibir nuestro sistema auditivo. Así, el nivel 0 equivale al silencio absoluto, y el máximo sería el nivel correspondiente a 140 (dB), que se asimila al límite del dolor.



### SALUD Y NIVELES DE RUIDO



La exposición al ruido en el trabajo puede ser perjudicial para la salud de los trabajadores. El efecto más conocido del ruido en el trabajos la pérdida de la audición, un problema que ya se observaba entre los trabajadores del cobre en 1731. Sin embargo, también puede aumentar el estrés y multiplicar el riesgo de sufrir un accidente.

#### Efectos sobre las funciones fisiológicas.

La exposición al ruido puede tener un impacto permanente sobre las funciones fisiológicas de los trabajadores y personas que viven cerca de aeropuertos, industrias y calles ruidosas. Después de una exposición prolongada, los individuos susceptibles pueden desarrollar efectos permanentes, como hipertensión y cardiopatía asociadas con la exposición a altos niveles de sonido. La magnitud y duración de los efectos se determinan en parte por las características individuales, estilo de vida y condiciones ambientales. Los sonidos también provocan respuestas reflejo, en particular cuando son poco familiares y aparecen súbitamente.

#### Disminución de la capacidad auditiva

La disminución de la capacidad auditiva puede deberse a un bloqueo mecánico de la transmisión del sonido al oído interno (pérdida de audición conductiva) o a lesiones de las células ciliadas de la cóclea, que forma parte del oído interno (pérdida de audición sensorial). En raras ocasiones el deterioro auditivo también puede ser provocado por trastornos de procesamiento auditivo central (cuando los centros auditivos del cerebro se ven afectados).

#### El ruido y las sustancias químicas

Algunas sustancias peligrosas son ototóxicas (es decir, que son tóxicas para el oído). Al parecer, los trabajadores que se ven expuestos a algunas de estas sustancias y a ruidos sonoros corren el riesgo de sufrir daños auditivos que aquellos que están expuestos únicamente a uno de estos factores de riesgo.

#### Acúfenos

Los acúfenos son sensaciones de timbre, zumbido o explosión que se sienten en los oídos. Una exposición excesiva al ruido aumenta el riesgo de sufrir acúfenos. Si el ruido es de impulso (por ejemplo, una detonación), el riesgo puede aumentar de oído considerable. El acúfenos puede ser el primer indicio de que el ruido esta dañando el oído.

#### Los trastornos del sueño.

El ruido produce trastornos primarios durante las horas de sueño y efectos secundarios al día siguiente; esto es, los efectos primarios se presentan como dificultad o imposibilidad para conciliar el sueño, interrupción del sueño y alteración en la profundidad del sueño; y como consecuencia de lo señalado, se pueden producir cambios en la presión arterial y arritmia cardíaca, vaso constricción, variación en el ritmo respiratorio, y sobresaltos corporales.

Se define el espacio a trabajar; La sala de máquinas de la Escuela de Arquitectura y Diseño, esa sala se encuentra cerrada herméticamente por una pared de doble-vidriado, lo que permite que el ruido generado por las máquinas en su interior no traspasen las paredes hacia el resto del resiento. La problemática ahora es que ese tipo de aislación permite solamente como la palabra lo dice, **aislar el sonido (1)** en su interior pero no permite **absorberlo (2)**, lo que imposibilita mucho las labores a realizar para las personas que se encuentran dentro de ella, ya que las ondas sonoras rebotan en su interior infinitamente, permaneciendo el **ruido acústico (3)** en su interior.

El origen de la forma y material se desprende de un estudio en papel en primera instancia, para esto se estudia la Ingeniería del Papel (Origami, Kirigami, Kusudama, Makigami), el pop-up, etc (4). Desde esta primera mirada, y de las formas que podemos darle al papel, ya sea por sistemas de plegabilidad, etc, se puede instalar la base para la visualización de estructuras modulares, dos características principales del proyecto; una estructura modular que nos ayuda con el tratamiento acústico de un lugar determinado.

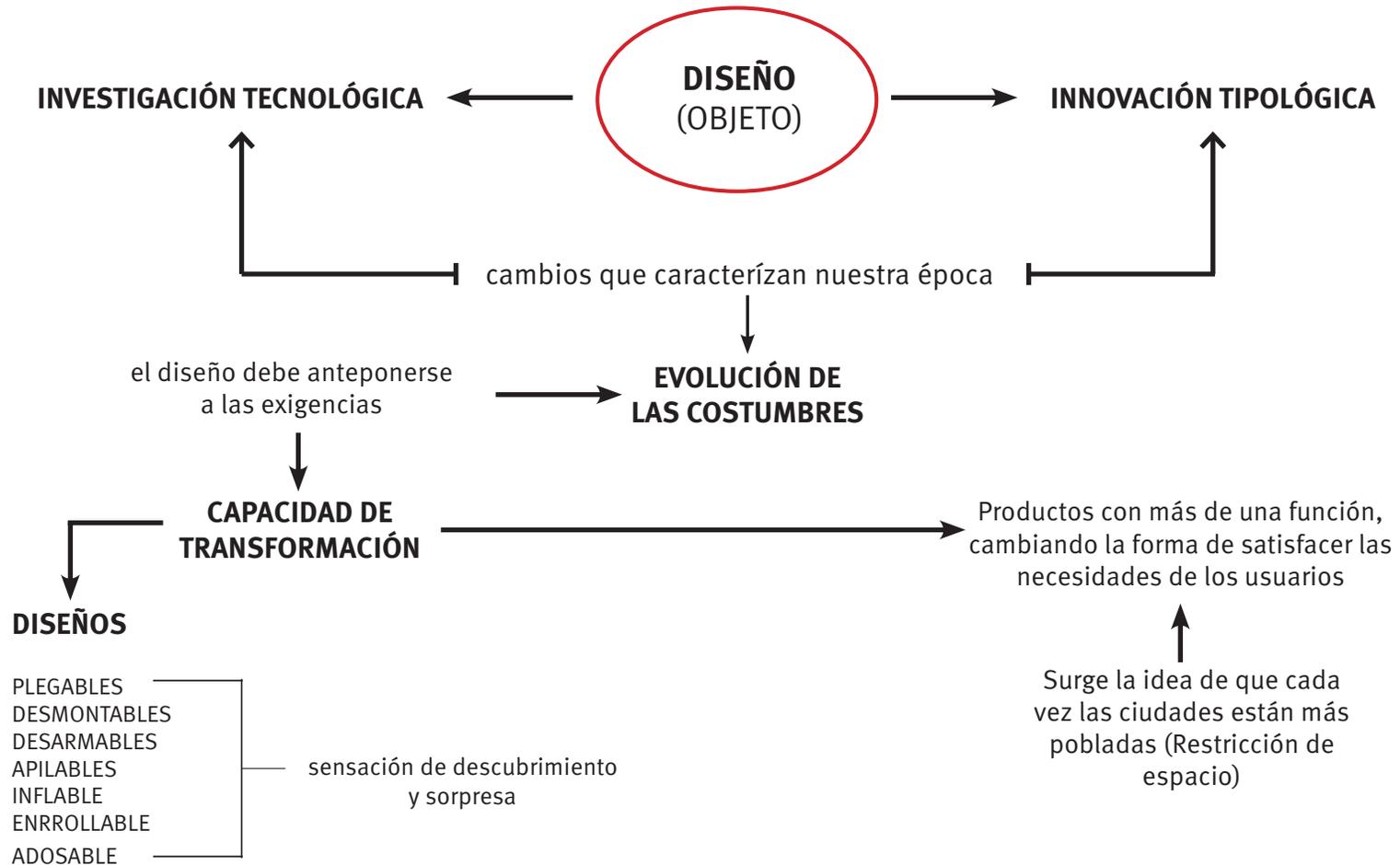
Como bien es sabido, una de las características fundamentales para trabajar el tema de la acústica son las concavidades, desde pequeños nos mantienen con la idea de la concavidad de las cajas de huevos, que nos ayuda con los espacios que necesitan una buena absorción del sonido, como los estudios de grabación, los teatros, etc. En nuestro caso no estamos tan lejos de esa situación pero si el estudio nos dice que si bien estamos en lo correcto con lo de las concavidades a la hora de disipar una onda sonora, estamos errados con el tema de la materialidad de las cajas de huevo. Es desde aquí que se busca encontrar el material preciso para trabajar y la forma final, ya sea concavidades, perforaciones, ranurados, etc, con la que esta se presenta a enfrentar las ondas de sonoras. Entonces, no basta con que tengamos un buen material absorbente, también se debe preocupar de la forma que este tenga para así aprovechar en un 100% las cualidades del material.

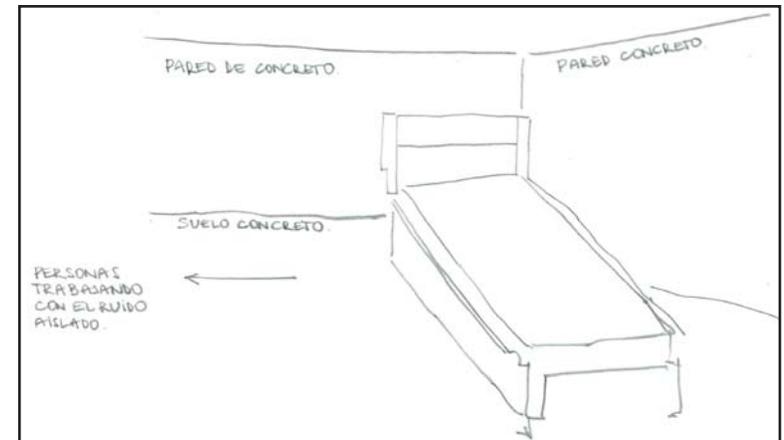
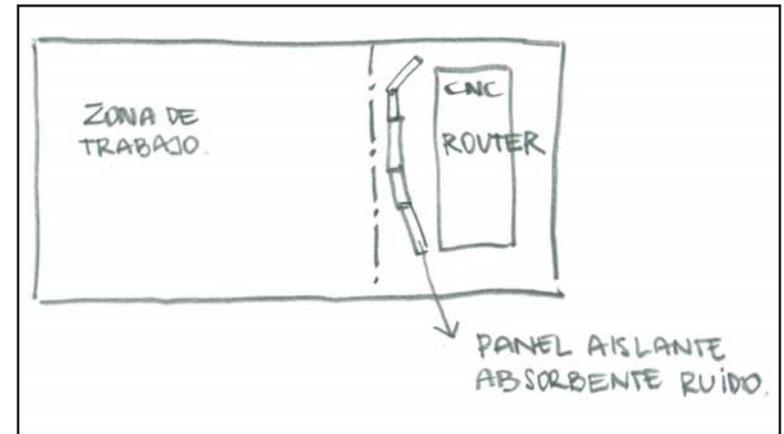
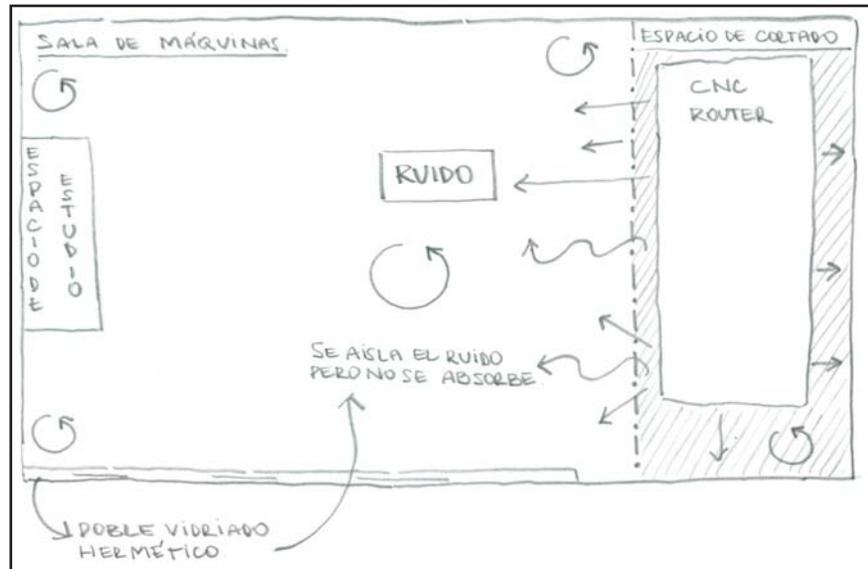
(1) Ver pág. 100

(2) Ver pág. 101

(3) Ver pág. 100

Diseño Modular





La sala encierra el ruido en un solo lugar, por un lado se tiene la máquina trabajando y en el mismo espacio se encuentran las personas manipulándola o trabajando con las demás máquinas que existen ahí. Como la materialidad impide que las ondas sonoras traspasen las paredes o la aislación del vidriado hermético, el sonido se concentra en su interior, generando muy malas condiciones de trabajo dentro de ella.

Se observa que existen dos tipos de espacios dentro de la sala, el espacio de trabajo humano y el espacio de trabajo automatizado de las máquinas que emiten ruidos molestos, de alguna u otra forma se podría implementar una separación de ambientes o un absorbedor de sonido que pudiera permitir la convivencia entre ambos tipos de trabajo.



# Capítulo II

---

Propuestas de  
Desarrollo

## Origen de l Proyecto

Se basa en un estudio realizado especialmente para la realización de paneles acústicos a base de madera.

Las medidas se han efectuado en la cámara reverberante del laboratorio de acústica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Cataluña. La muestra medida estaba formada por 14 tableros, de 1,2 m x 0,6 m cada uno, unidos entre sí y colocados en la parte central de la cámara reverberante. Se han realizado las siguientes medidas:

Los resultados de las medidas están expresados en términos del coeficiente de absorción acústica por metro cuadrado.

- \* MUESTRA CON CAVIDAD DE AIRE 4 CM
- \* MUESTRA CON CAVIDAD DE AIRE 20 CM
- \* MUESTRA CON CAVIDAD DE AIRE 40 CM

En los tres casos se ha adosado a la muestra lana de roca de 40 mm de espesor y 50 Kg/m<sup>3</sup> de densidad. La muestra ha sido cercada perimetralmente por unos tableros de madera adaptados a su altura con objeto de evitar la absorción lateral.

**COMPOSICIÓN:** Aglomerado chapado de 17 mm - Tablero DM de 13 mm. - Bajo pedido, Fenólicos y Okume

**DIMENSIONES STANDARD en mm.:** 600x600 - 600x1200 - 1000x2000

**TIPOS DE PERFORACIÓN Y RANURADO STANDARD:**

PERFORACIÓN:  $\varnothing$  5 x 16 mm. e/e = 7,7% perforación

$\varnothing$  8 x 20 mm. e/e = 12,6% perforación

$\varnothing$  8 x 16 mm. e/e = 19,6% perforación

$\varnothing$  8 x 20 mm. e/e al trasbolillo = 25,2% perforación

RANURADO: Ranura 8 x 40 mm., 20 e/e y 20 entre ranuras = 25,5% perforación

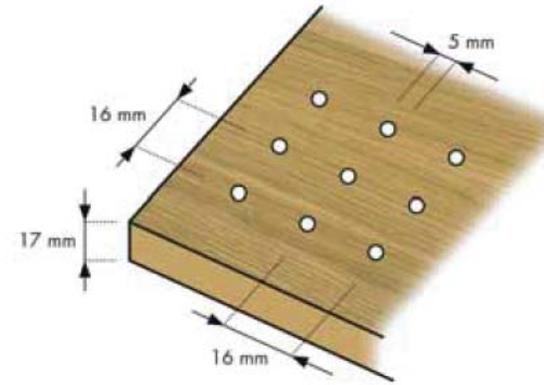
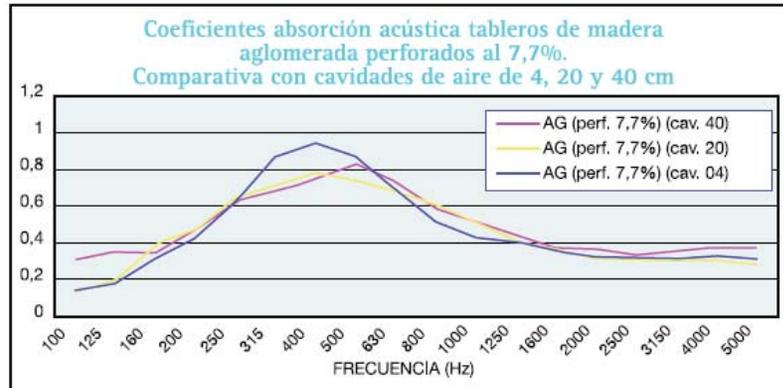
Ranura 8 x 75 mm., 20 e/e y 20 entre ranuras = 30,8% perforación

**ACABADO:** Madera a elegir, PVC, melanina, fórmica, DM para pintar y barnizar, etc.

**MATERIAL BASE:** Aglomerado, DM. (También en material ignífugo clase M-1 standard)

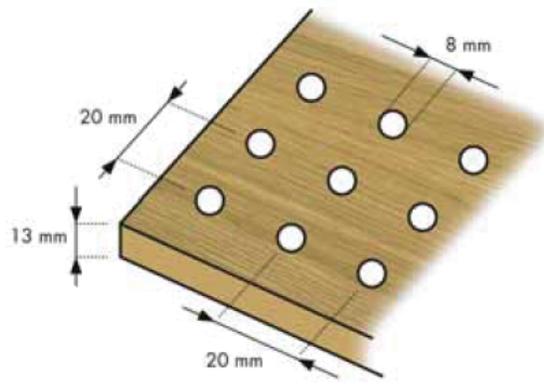
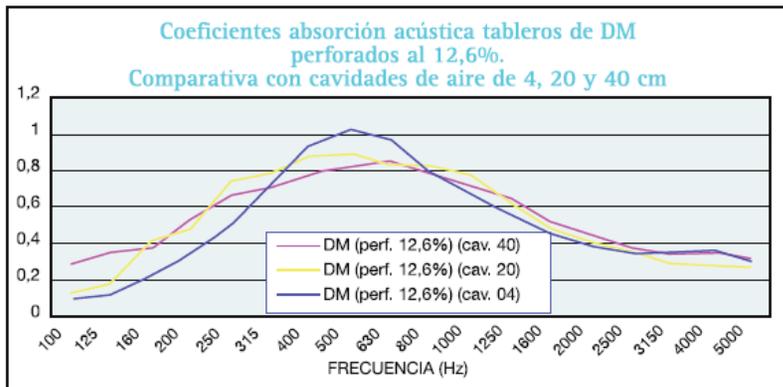
Bajo pedido se pueden realizar los porcentajes y figuras de perforación que se deseen.

**TABLERO DE MADERA AGLOMERADA CON UNA PERFORACIÓN DEL 7,7%**



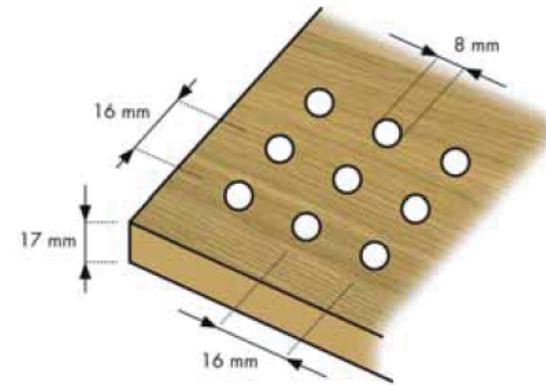
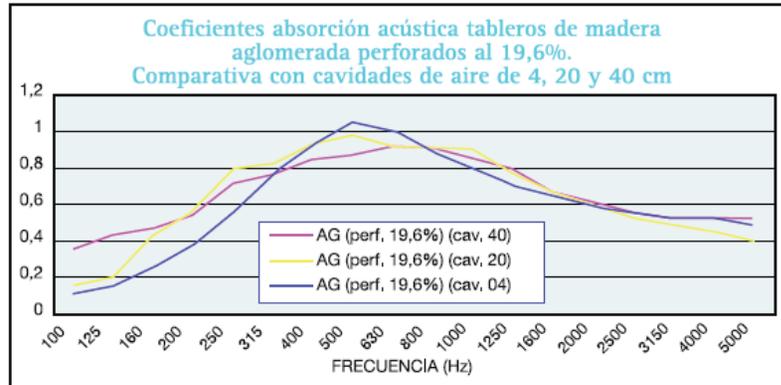
**MUESTRA:** Tablero de madera aglomerada perforada al 7,7% **DIMENSIONES UNITARIAS:** 1.200 mm x 600 mm x 17 mm  
**PESO DE LA MUESTRA:** 9,7 kg/m<sup>2</sup> **NÚMERO DE UNIDADES:** 14 tableros (2 x 7) **SUPERFICIE DE LA MUESTRA:** 10,08 m<sup>2</sup> (2,4 m x 4,2 m)  
**CAVIDADES DE AIRE:** 4 cm, 20 cm y 40 cm **ABSORBENTE ADOSADO:** Lana de roca de 40 mm y 50 kg/m<sup>3</sup>

**TABLERO DE DM CON UNA PERFORACIÓN DEL 12,6%**



**MUESTRA:** Tablero de DM perforado al 12,6% **DIMENSIONES UNITARIAS:** 1.200 mm x 600 mm x 13 mm  
**PESO DE LA MUESTRA:** 7,8 kg/m<sup>2</sup> **NÚMERO DE UNIDADES:** 14 tableros (2 x 7) **SUPERFICIE DE LA MUESTRA:** 10,08 m<sup>2</sup> (2,4 m x 4,2 m)  
**CAVIDADES DE AIRE:** 4 cm, 20 cm y 40 cm **ABSORBENTE ADOSADO:** Lana de roca de 40 mm y 50 kg/m<sup>3</sup>

### TABLERO DE MADERA AGLOMERADA CON UNA PERFORACIÓN DEL 19,6 %

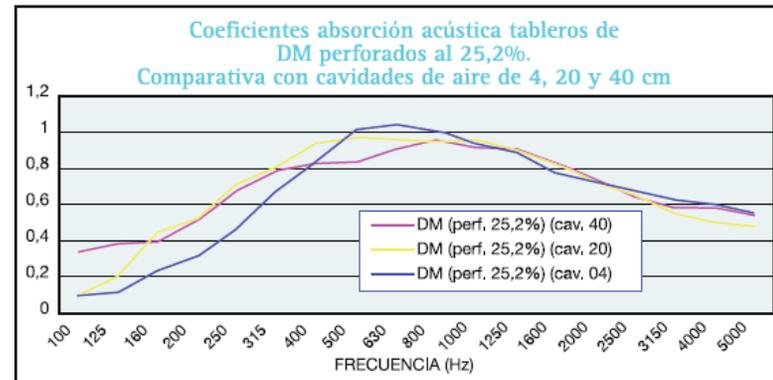
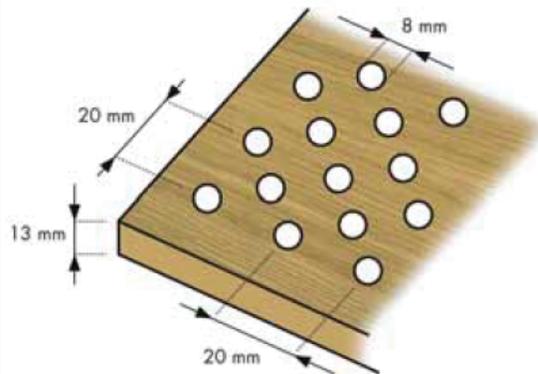


MUESTRA: Tablero de madera aglomerada perforada al 19,6% DIMENSIONES UNITARIAS: 1.200 mm x 600 mm x 17 mm

PESO DE LA MUESTRA: 9,0 kg/m<sup>2</sup> NÚMERO DE UNIDADES: 14 tableros (2 x 7) SUPERFICIE DE LA MUESTRA: 10,08 m<sup>2</sup> (2,4 m x 4,2 m)

CAVIDADES DE AIRE: 4 cm, 20 cm y 40 cm ABSORBENTE ADOSADO: Lana de roca de 40 mm y 50 kg/m<sup>3</sup>

### TABLERO DE DM CON UNA PERFORACIÓN DEL 25,2%

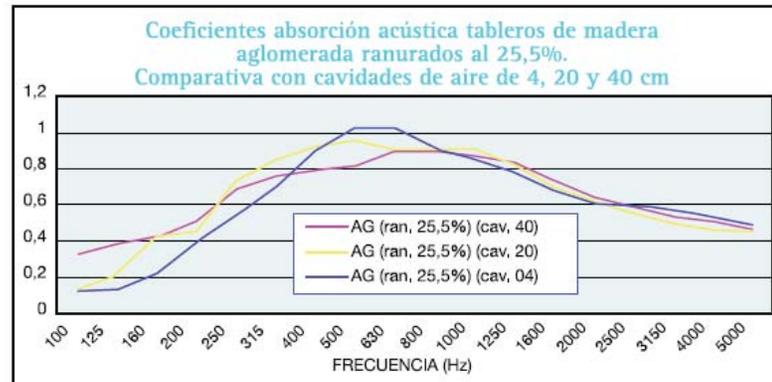
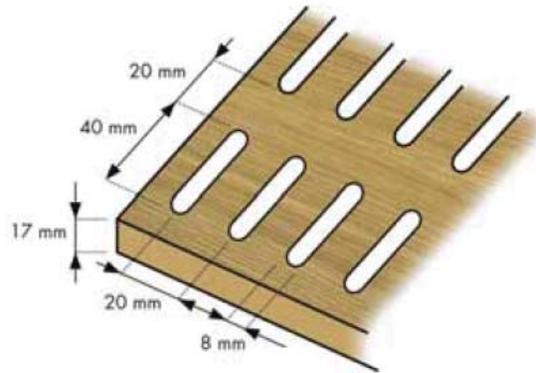


MUESTRA: Tablero de DM perforado al 25,2% DIMENSIONES UNITARIAS: 1.200 mm x 600 mm x 13 mm

PESO DE LA MUESTRA: 6,8 kg/m<sup>2</sup> NÚMERO DE UNIDADES: 14 tableros (2 x 7) SUPERFICIE DE LA MUESTRA: 10,08 m<sup>2</sup> (2,4 m x 4,2 m)

CAVIDADES DE AIRE: 4 cm, 20 cm y 40 cm ABSORBENTE ADOSADO: Lana de roca de 40 mm y 50 kg/m<sup>3</sup>

### TABLERO DE MADERA AGLOMERADA CON UN RANURADO DEL 25,5%

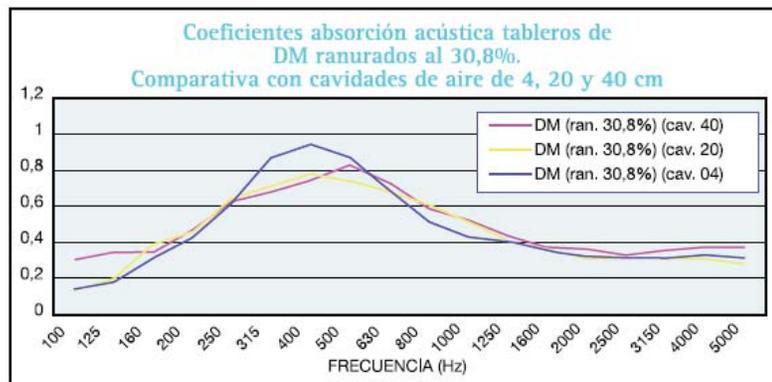
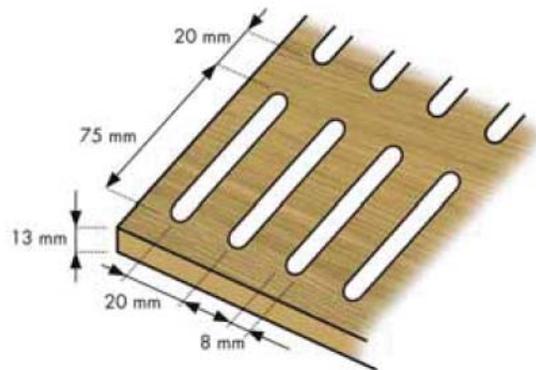


MUESTRA: Tablero de madera aglomerada ranurada al 25,5% DIMENSIONES UNITARIAS: 1.200 mm x 600 mm x 17 mm

PESO DE LA MUESTRA: 8,2 kg/m<sup>2</sup> NÚMERO DE UNIDADES: 14 tableros (2 x 7) SUPERFICIE DE LA MUESTRA: 10,08 m<sup>2</sup> (2,4 m x 4,2 m)

CAVIDADES DE AIRE: 4 cm, 20 cm y 40 cm ABSORBENTE ADOSADO: Lana de roca de 40 mm y 50 kg/m<sup>3</sup>

### TABLERO DE DM RANURADO DEL 30,8%

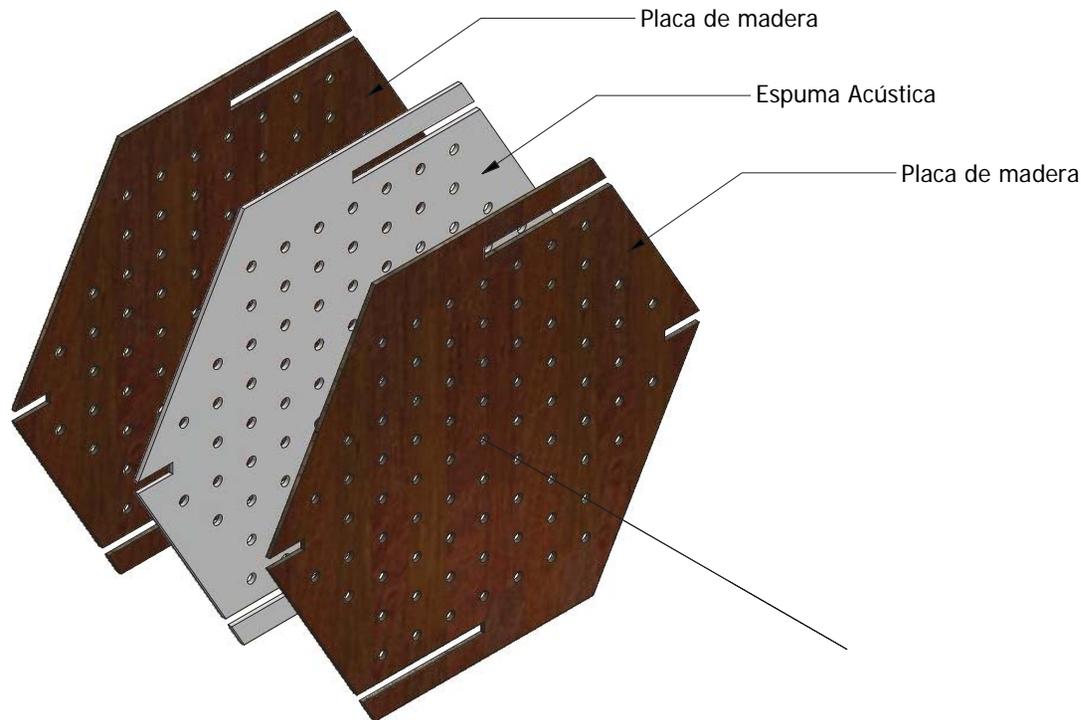


MUESTRA: Tablero de DM perforada ranurado al 30,8% DIMENSIONES UNITARIAS: 1.200 mm x 600 mm x 13 mm

PESO DE LA MUESTRA: 6,4 kg/m<sup>2</sup> NÚMERO DE UNIDADES: 14 tableros (2 x 7) SUPERFICIE DE LA MUESTRA: 10,08 m<sup>2</sup> (2,4 m x 4,2 m)

CAVIDADES DE AIRE: 4 cm, 20 cm y 40 cm ABSORBENTE ADOSADO: Lana de roca de 40 mm y 50 kg/m<sup>3</sup>

### Materialidad



#### **Placa de madera**

Tapa de madera (MFD) es un aglomerado elaborado con fibras de madera aglutinadas con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor, en seco, hasta alcanzar una densidad media. Su grosor es de 3 mm con una densidad aproximada de 800 Kg/m<sup>3</sup>

#### **Espuma Acústica**

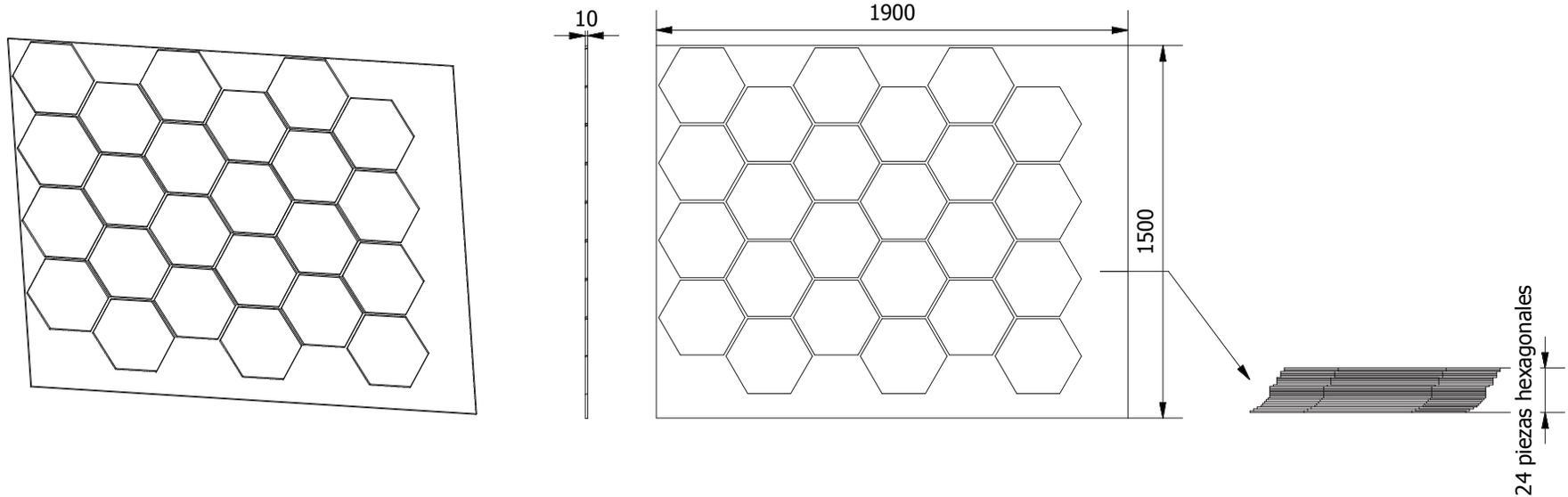
Espuma de poliuretano, grosor de 2 mm con una densidad de 21 Kg/m<sup>2</sup>. Este material combinado con otros materiales resulta muy efectivo para disminuir la transmisión de sonidos y para amortiguar vibraciones y eliminar resonancias.

“Mayor densidad y espesor = Mayor absorción

Los materiales que realmente aíslan son los blandos, al mismo tiempo el espesor es importante, pero no fundamental. Lo que no puede faltar es un espacio de al menos 1 cm entre el material acústico y la pared.”

## Utilización del Material

Corte Hexagonal



### Espuma Acústica (Poliuretano expandido)

Tamaño 1900 x 1500 mm

Grosor 10 mm

Densidad 12 Kg/m<sup>3</sup> \$2.900 ----> \$120 cada hexágono

Densidad 15 Kg/m<sup>3</sup> \$3.500 ----> \$145 cada hexágono

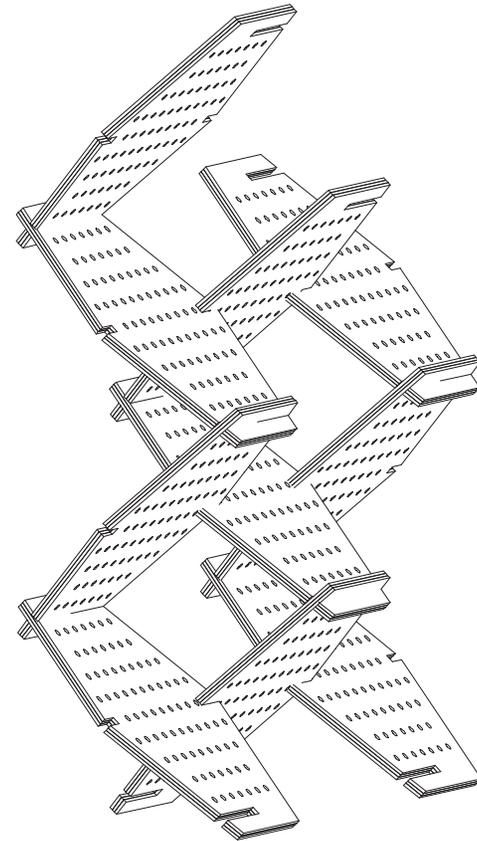
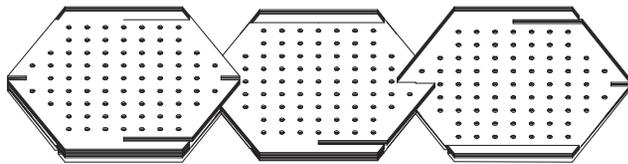
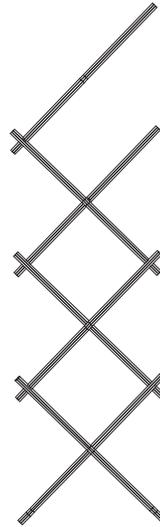
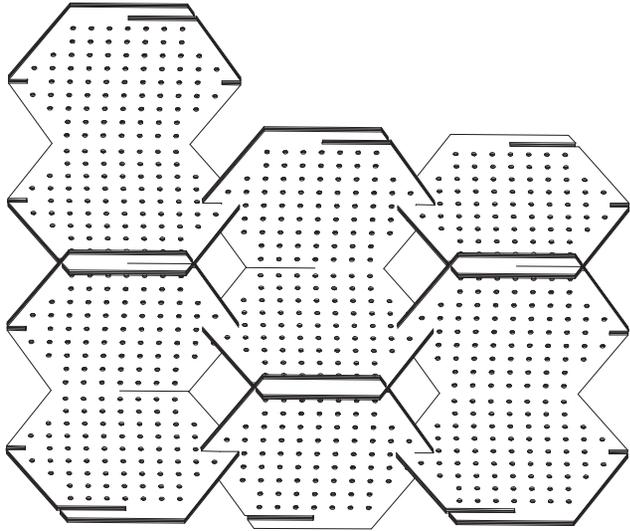
Densidad 21 Kg/m<sup>3</sup> \$4.650 ----> \$193 cada hexágono

Densidad 25 Kg/m<sup>3</sup> \$5.400 ----> \$225 cada hexágono

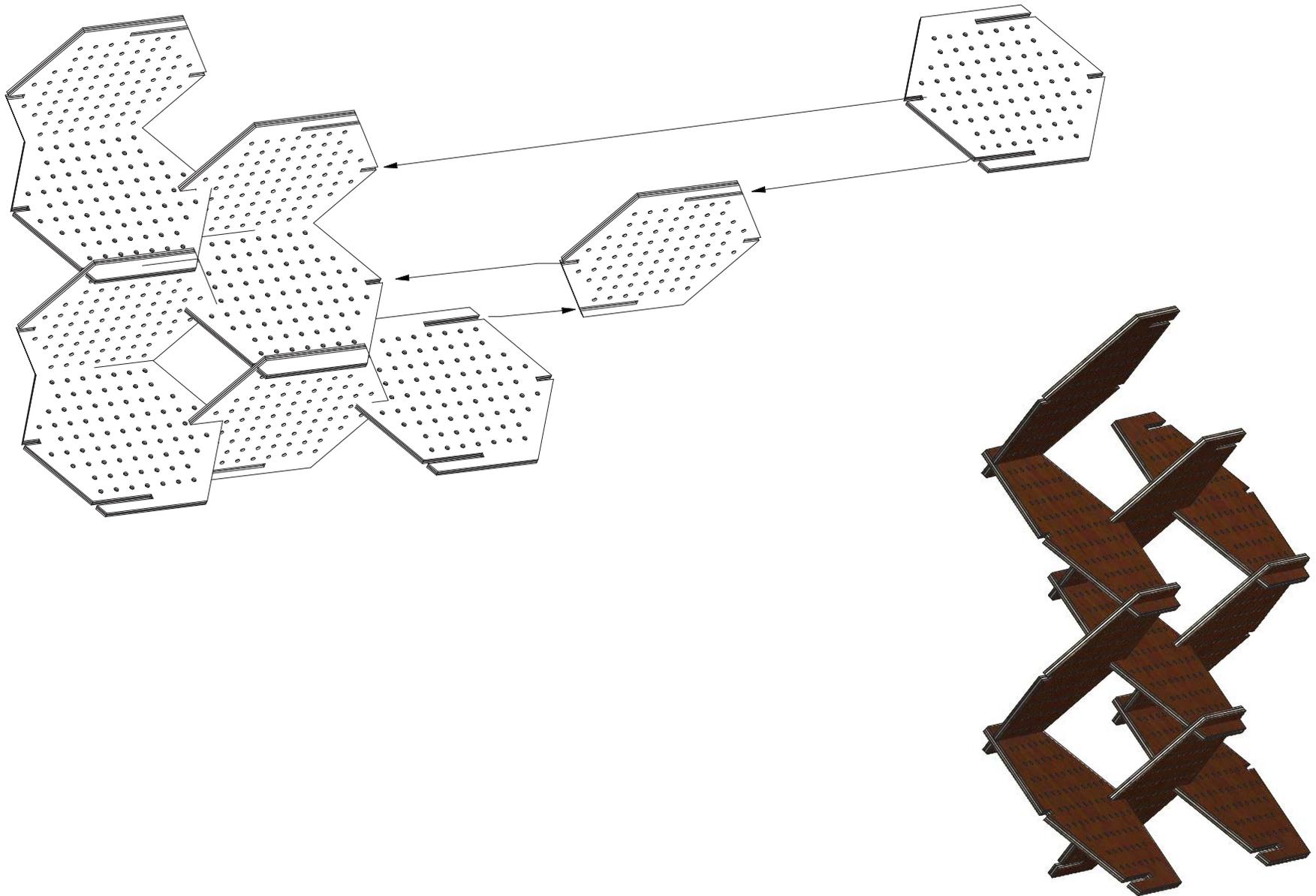
Cubre 2,85 m<sup>2</sup>

Por cada lámina de espuma se puede obtener 24 hexágonos

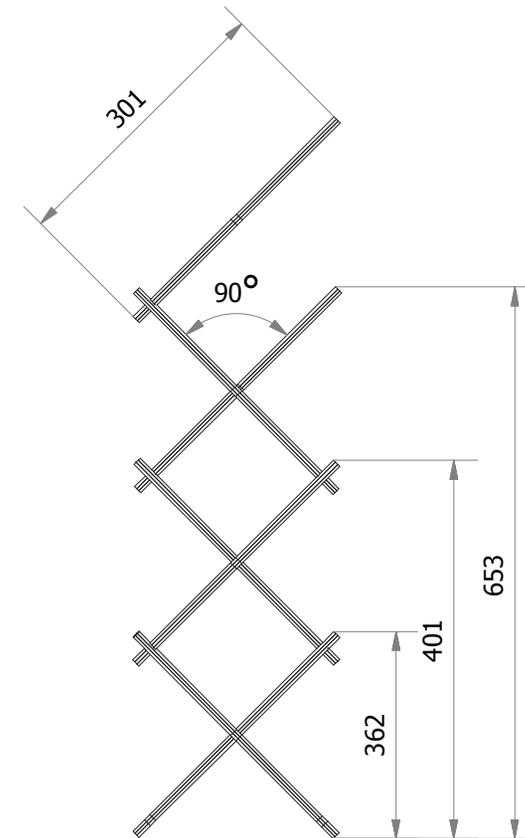
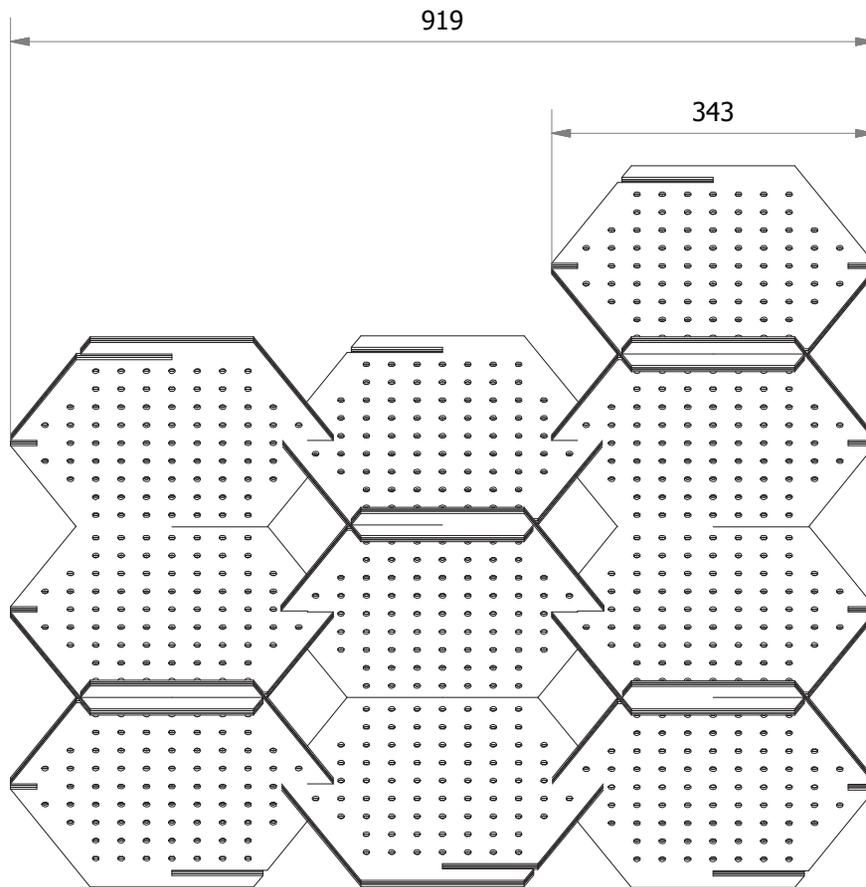
Vistas



Vistas



Cotas

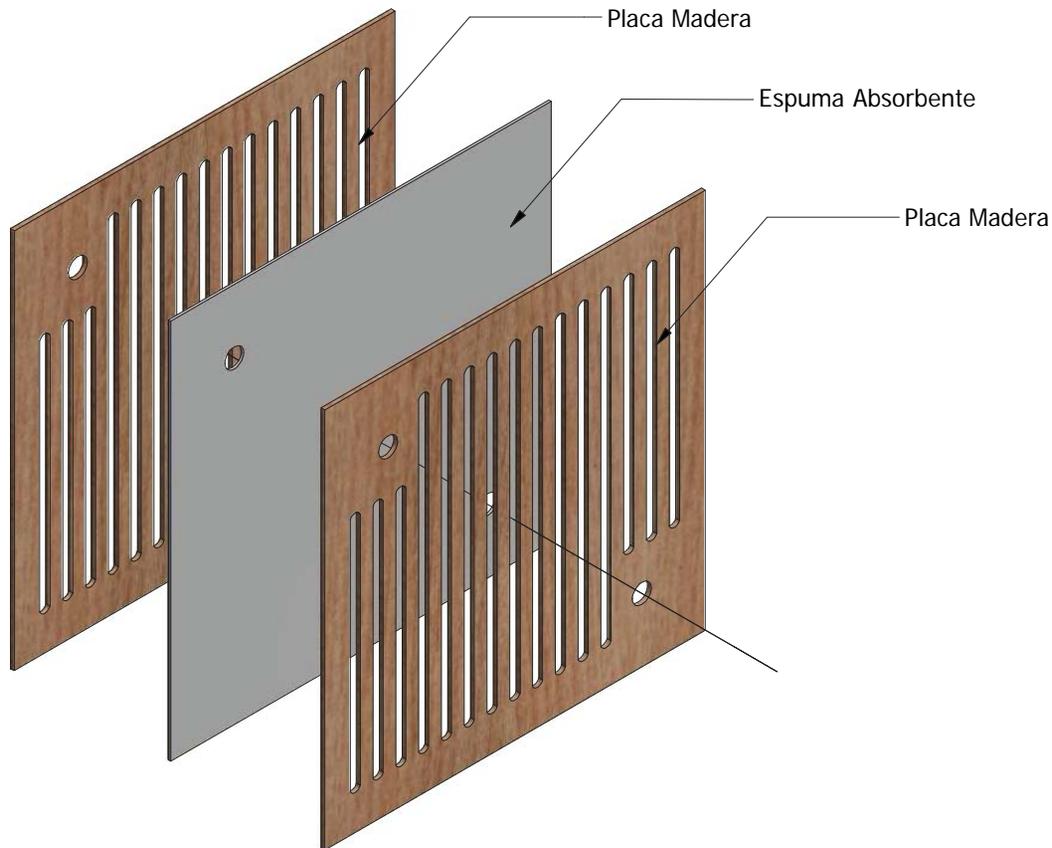


Corrección

La unidad estructural en forma exagonal cumplía bien su función en cuanto al anclaje en su ancho y en su largo, ganando un buen espacio superficial, el tipo de unión permitía un fácil armado y desarmado del muro acústico y cada hexágono podía dejar a elección libre el alto y el ancho que se quería ocupar, dependiendo de los metros que fuesen necesarios para cada caso en particular.

La problemática de la forma es que el material no se aprovechaba en un 100% ya que el ángulo de  $90^\circ$  que se formaba al anclar los hexágonos, primero dejaba mucho espacio de espesor de muro (el ancho) y segundo costaba mucho ganar altura, ocupando mucho material en cuanto a la superficie, por esto, el ángulo de  $90^\circ$  no es favorable para la estructura.

### Materialidad



#### **Placa de madera**

Tapa de madera (MFD) es un aglomerado elaborado con fibras de madera aglutinadas con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor, en seco, hasta alcanzar una densidad media. Su grosor es de 3 mm con una densidad aproximada de 800 Kg/m<sup>3</sup>

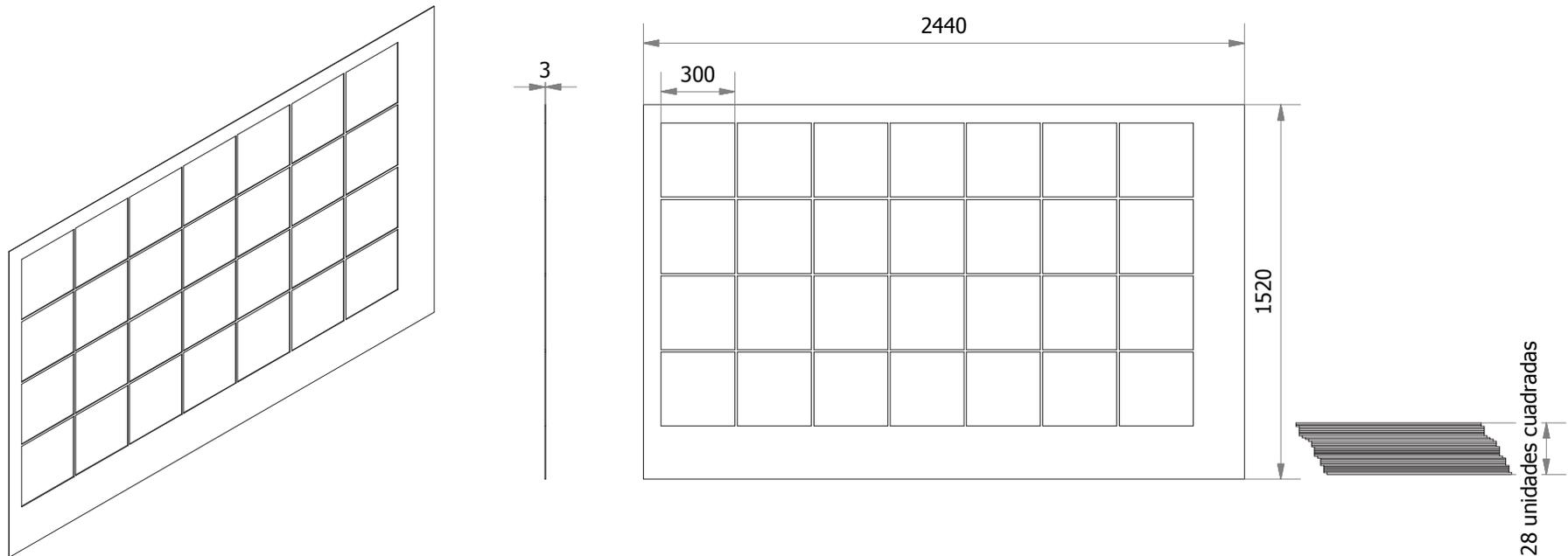
#### **Espuma Acústica**

Espuma de poliuretano, grosor de 2 mm con una densidad de 21 Kg/m<sup>2</sup>. Este material combinado con otros materiales resulta muy efectivo para disminuir la transmisión de sonidos y para amortiguar vibraciones y eliminar resonancias.

“Mayor densidad y espesor = Mayor absorción

Los materiales que realmente aíslan son los blandos, al mismo tiempo el espesor es importante, pero no fundamental. Lo que no puede faltar es un espacio de al menos 1 cm entre el material acústico y la pared.”

Utilización del Material



**Placa de madera (MDF)**

Tamaño 1520 x 2440

Grosor 3 mm

Cubre 3.7 m<sup>2</sup>

Por cada tablero de madera MDF se puede obtener 28 unidades

Precio: \$4.800 ---> \$171 c/u

Por cada tablero se puede obtener 14 pares, a los que se debe sumar una lámina de espuma acústica. Cada "Sándwich" de madera + espuma + madera se puede calcular aproximadamente por:

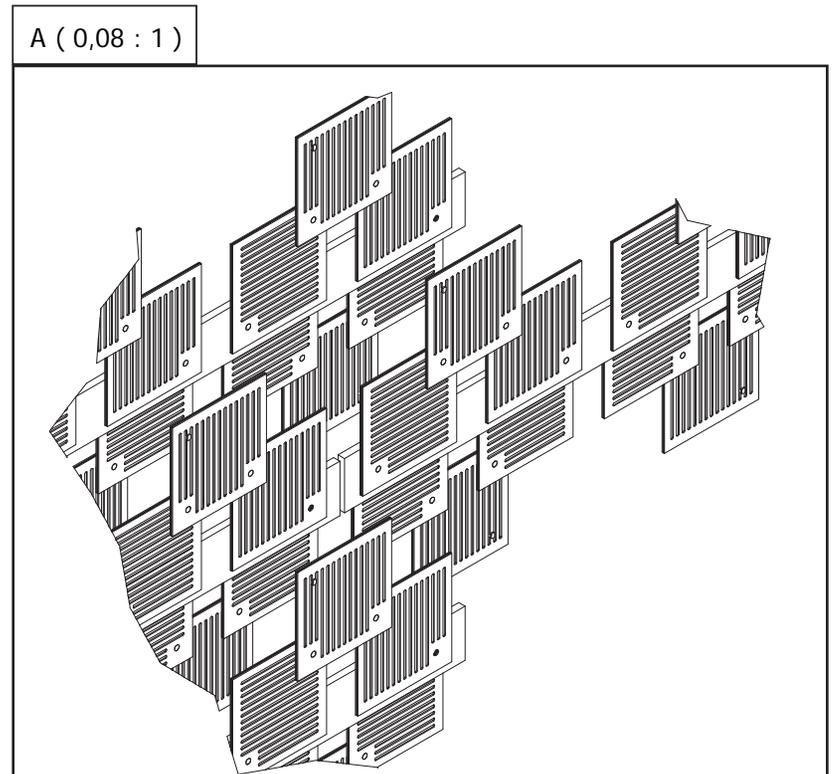
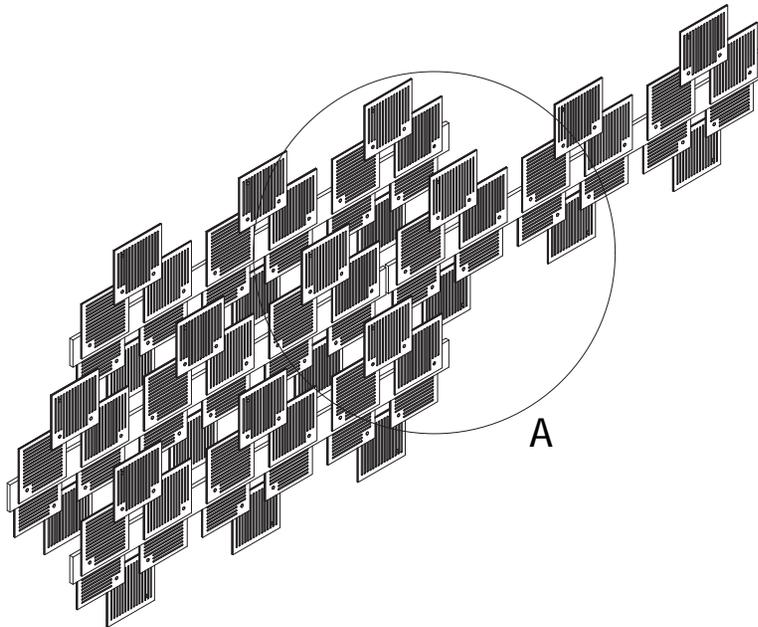
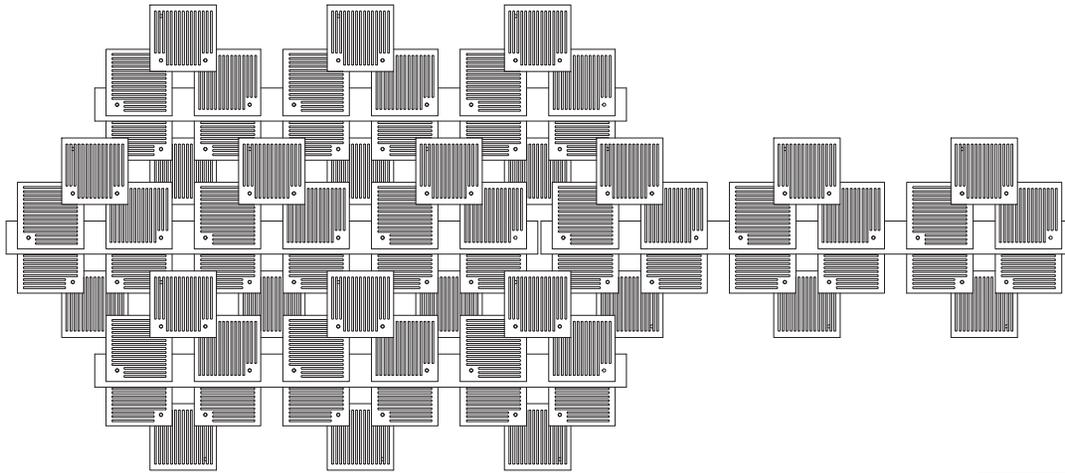
Madera 3 mm/ espuma 10 mm densidad 12 kg/m<sup>3</sup> = \$240

Madera 3 mm/ espuma 10 mm densidad 15 kg/m<sup>3</sup> = \$287

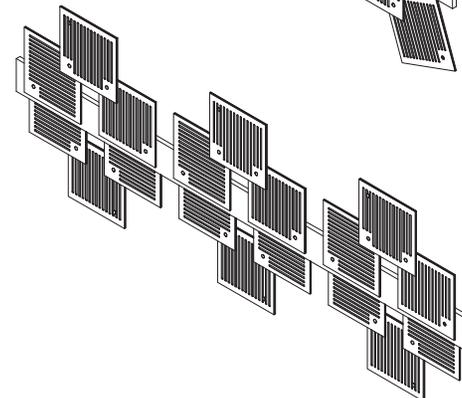
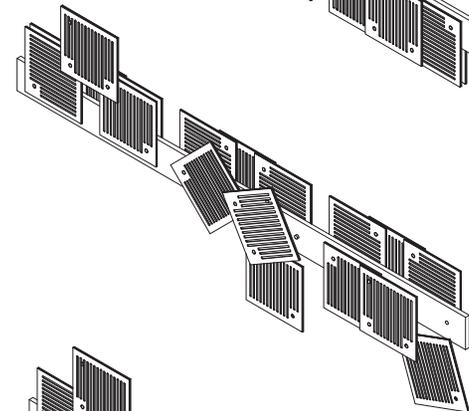
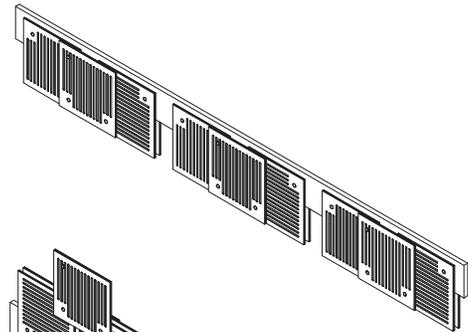
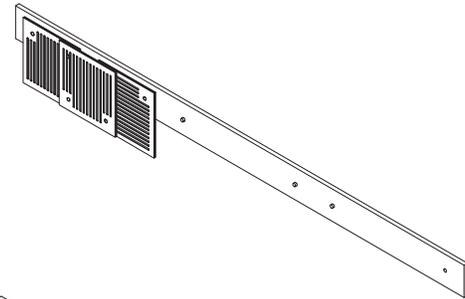
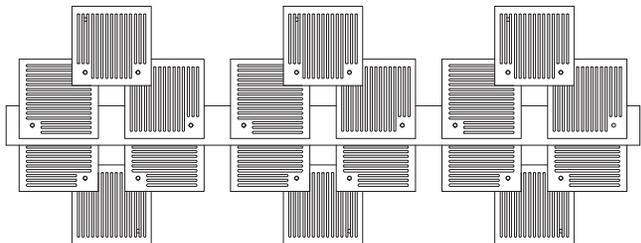
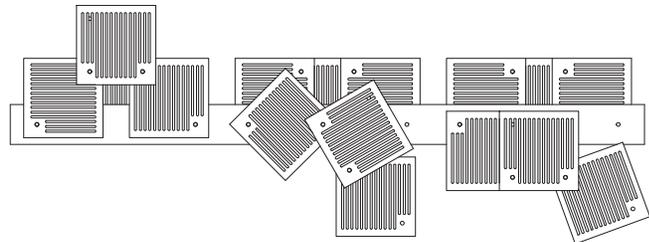
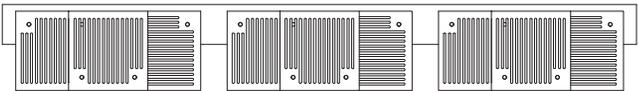
Madera 3 mm/ espuma 10 mm densidad 21 kg/m<sup>3</sup> = \$335

Madera 3 mm/ espuma 10 mm densidad 25 kg/m<sup>3</sup> = \$366

Vistas

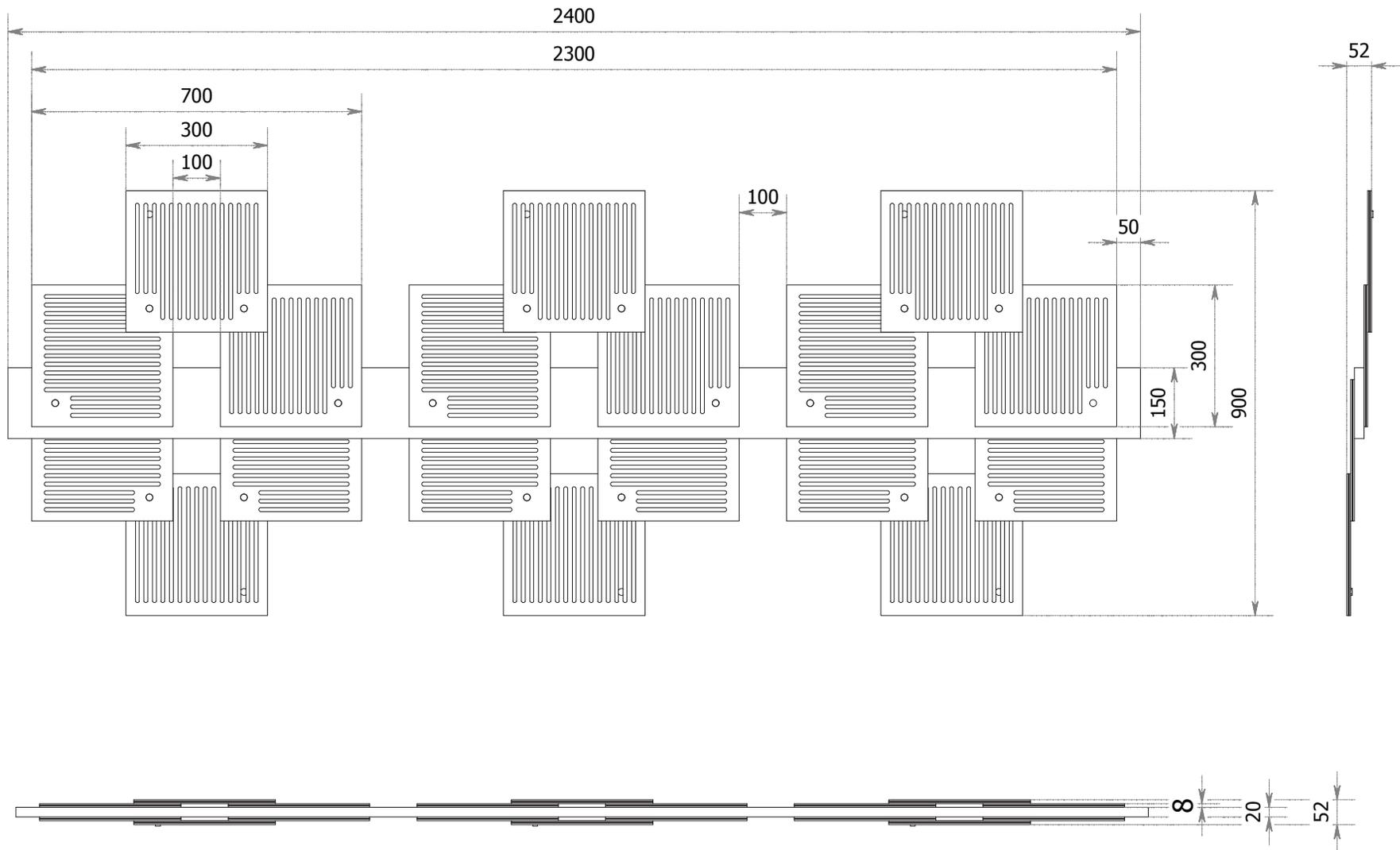


Vistas

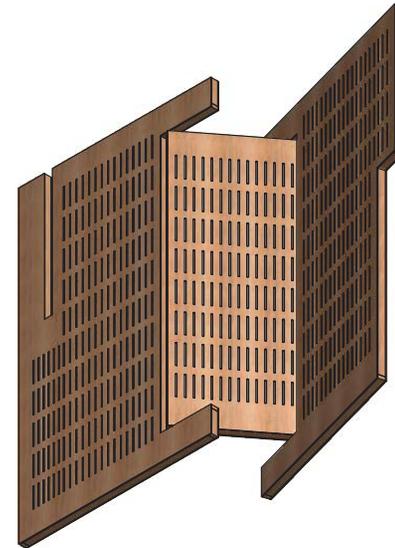
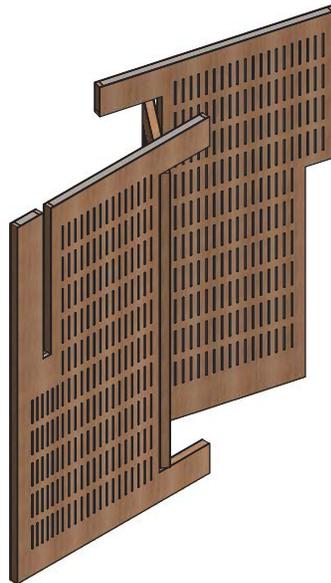
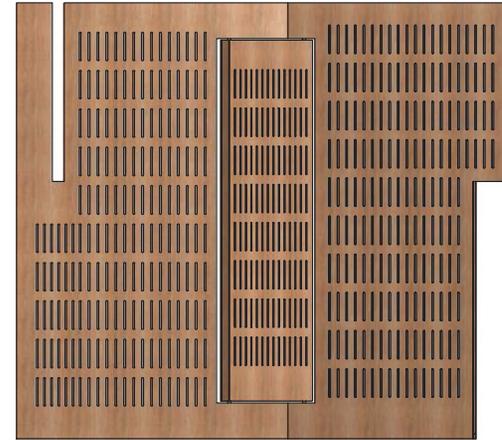
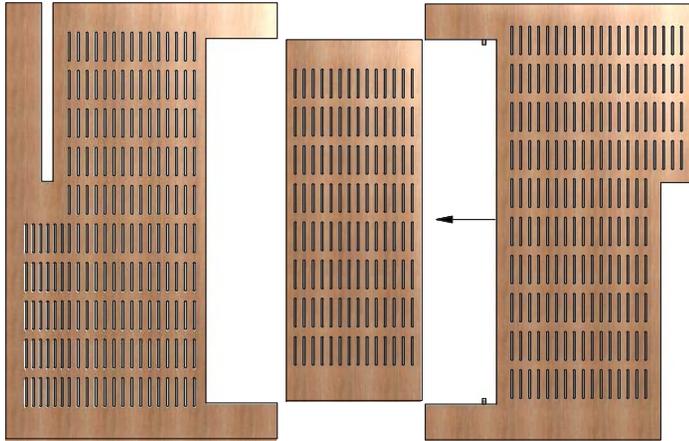


# Propuesta Formal 2

## Cotas



### Propuesta Formal 3

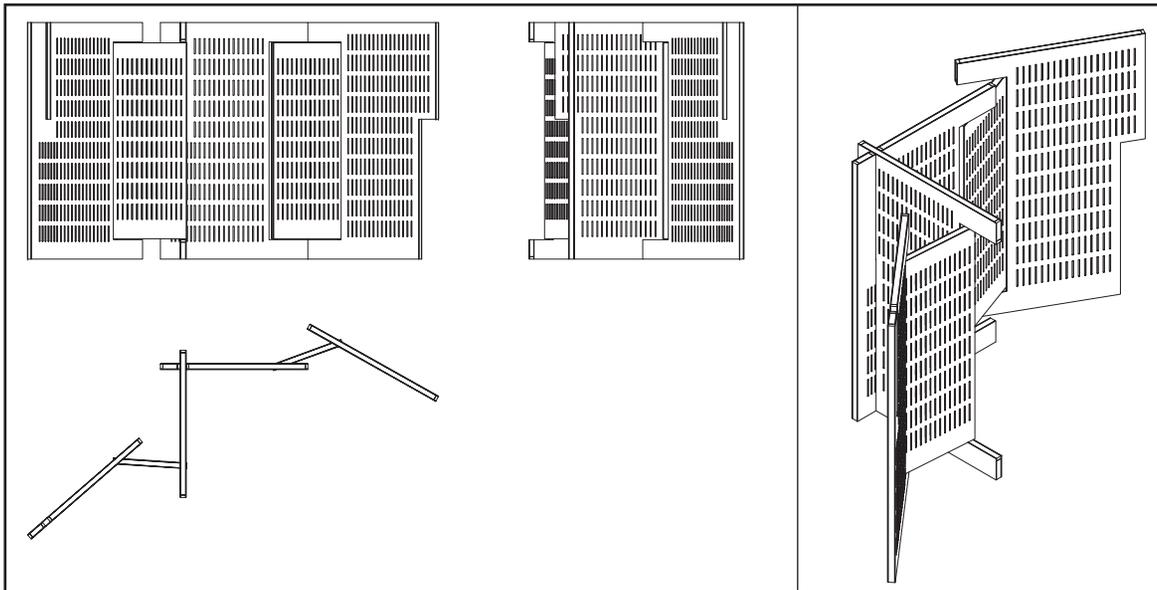
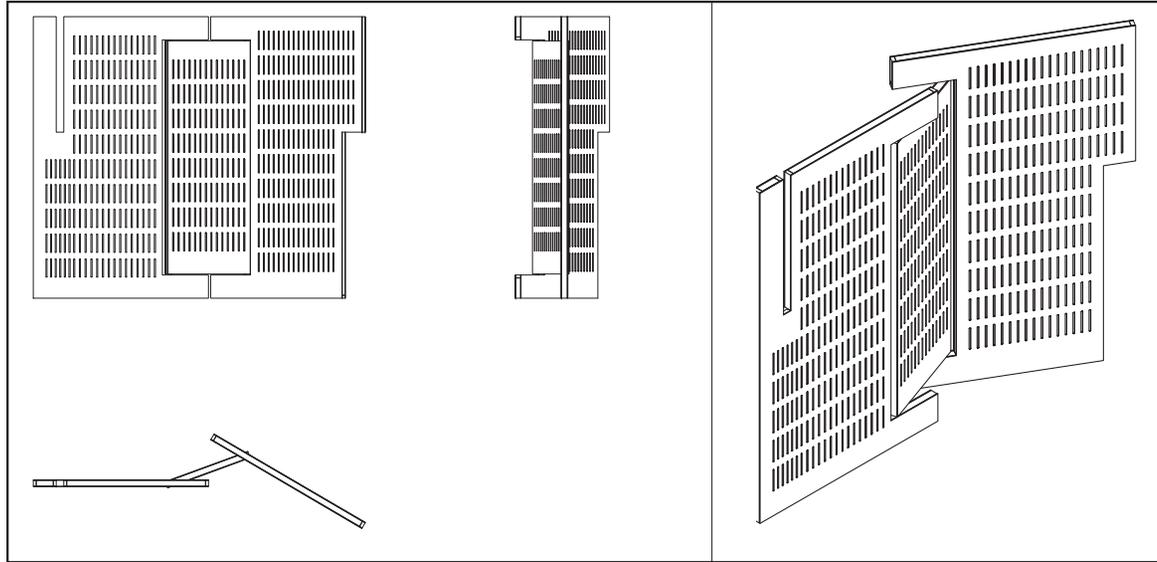


Paneles de madera ranurados por ambos lados, formados por 3 caras móviles, se pueden utilizar como paneles divisorios, o como revestimientos de muro.

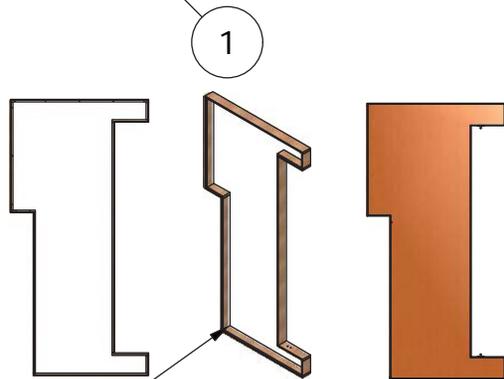
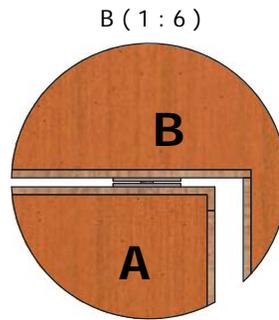
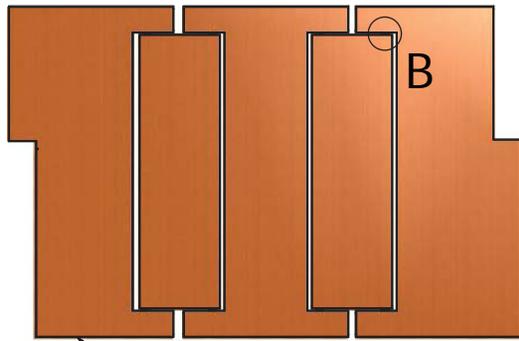
Las visagras que lo unen los exteriores con la pieza central son de pivote, lo que permite que las caras se muevan en distintas direcciones.

# Propuesta Formal 3

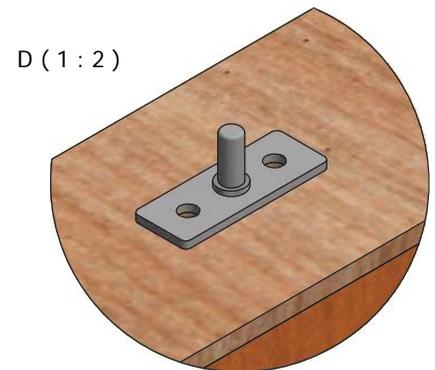
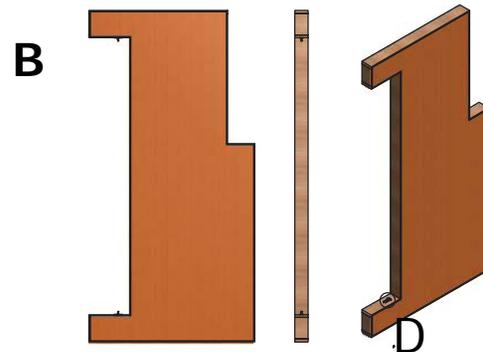
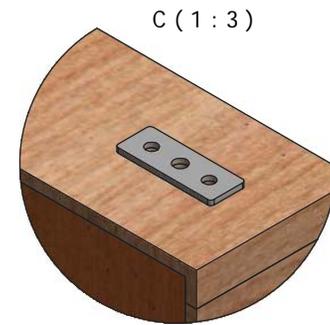
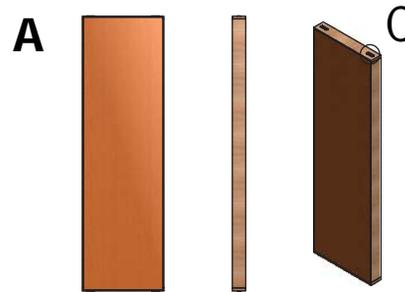
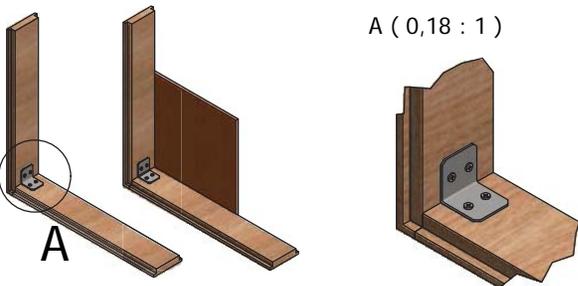
## Vistas



Detalles constructivos



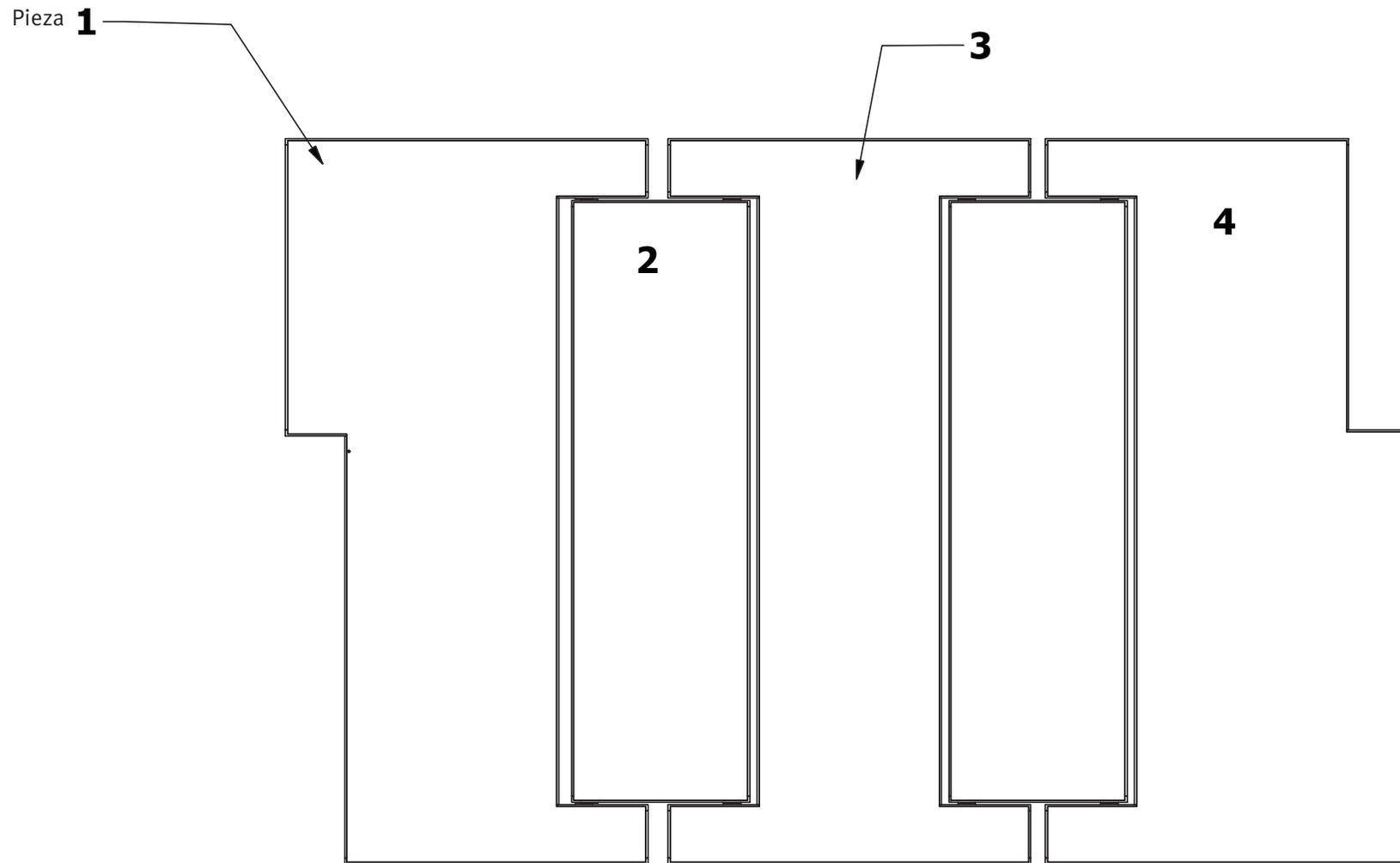
Detalle Fijación forma L



## Propuesta Formal 3

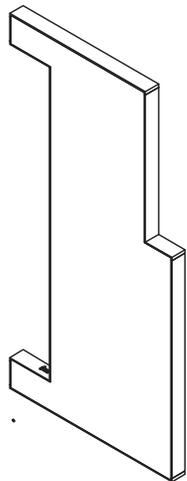
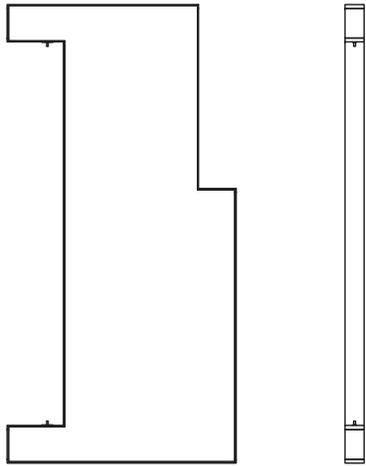
---

Detalles constructivos



## Propuesta Formal 3

### Detalles constructivos



### PIEZA 1

#### Número de piezas:

2 Tablero madera terciada 9mm 1.22x2.44 m = \$8.790x2 = \$17.580

1 Listón madera terciada 21mm 100x2040 mm

1 Listón madera terciada 21 mm 100x1419 mm

1 Listón madera terciada 21mm 100x1220 mm

1 Listón madera terciada 21mm 100x1020 mm

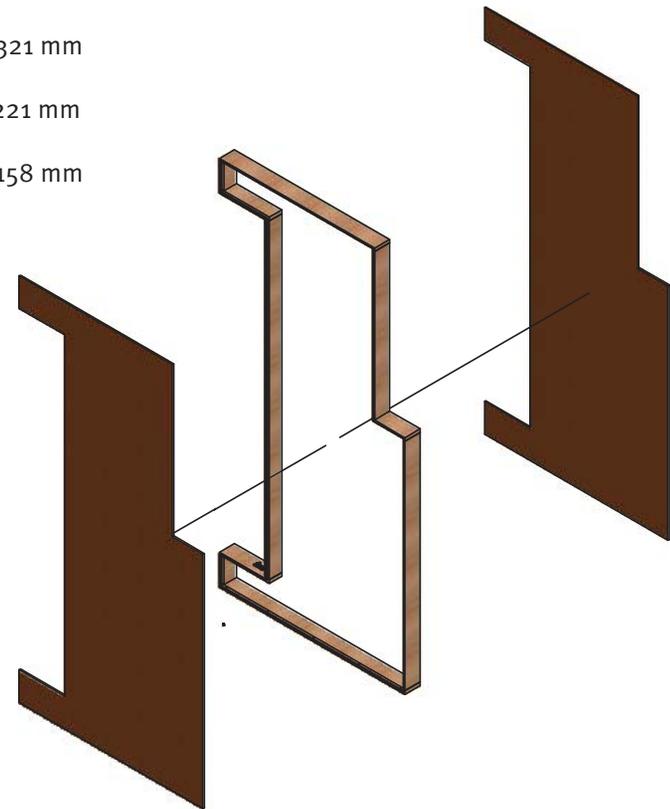
1 Listón madera terciada 21mm 100x958 mm

2 Listón madera terciada 21mm 100x321 mm

1 Listón madera terciada 21mm 100x221 mm

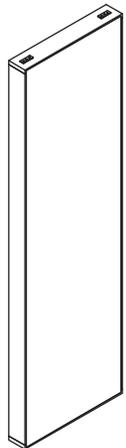
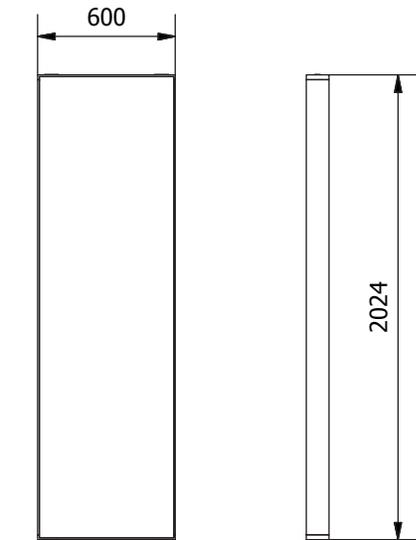
2 Listón madera terciada 21mm 100x158 mm

2 bisagra pivote



## Propuesta Formal 3

### Detalles constructivos



### PIEZA 2

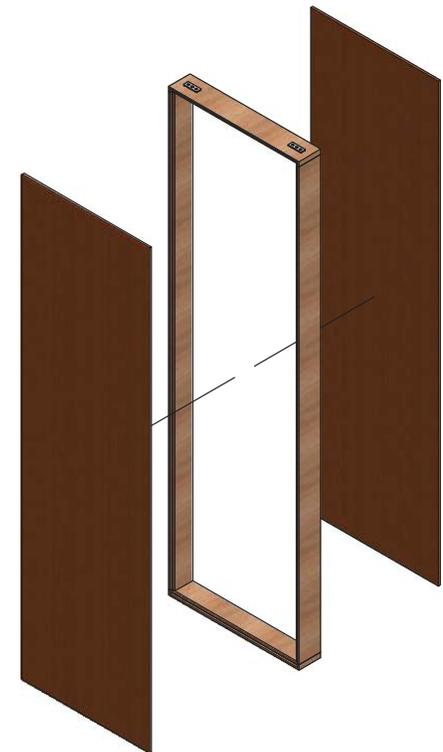
#### Número de piezas:

2 Tablero madera terciada 9mm 586x2010 m = retasos

2 Listón madera terciada 21mm 100x2024 mm

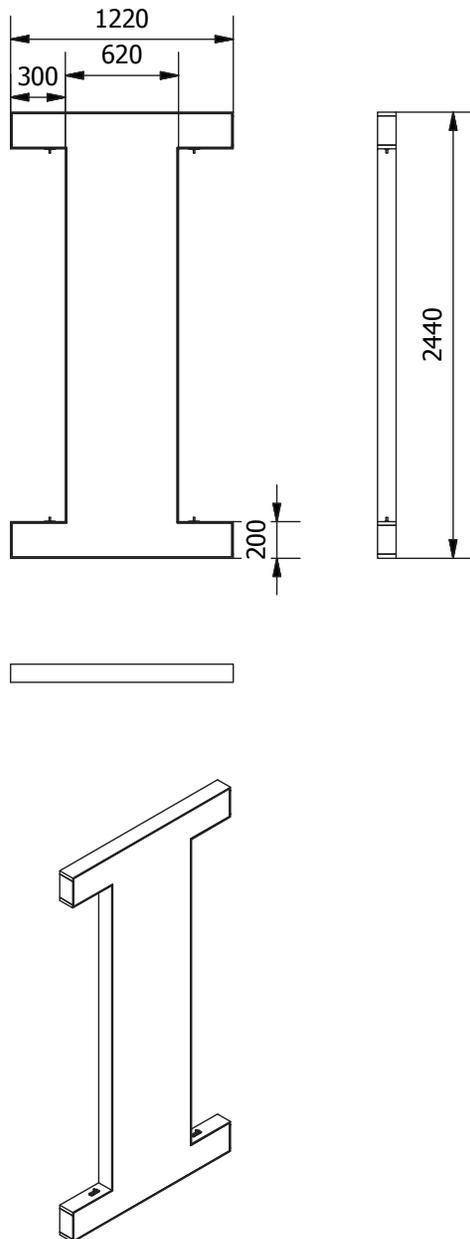
2 Listón madera terciada 21 mm 100x600 mm

2 bisagra pivote



## Propuesta Formal 3

### Detalles constructivos



### PIEZA 3

#### Número de piezas:

2 Tablero madera terciada 9mm 586x2010 m = \$8790x2 = \$17.580

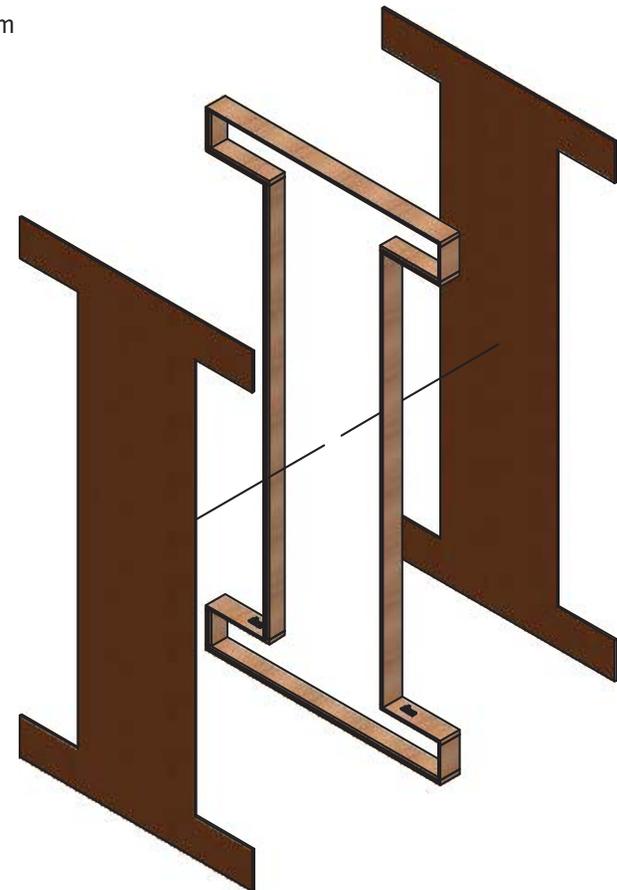
2 Listón madera terciada 21mm 100x2024 mm

2 Listón madera terciada 21 mm 100x1220 mm

4 Listón madera terciada 21 mm 100x321 mm

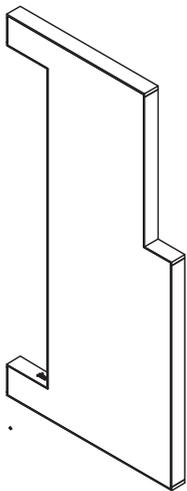
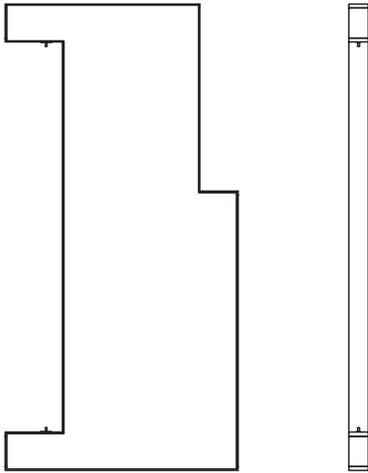
4 Listón madera terciada 21 mm 100x158 mm

2 bisagra pivote



### Propuesta Formal 3

#### Detalles constructivos



#### PIEZA 4

##### Número de piezas:

2 Tablero madera terciada 9mm 1.22x2.44 m = \$8.790x2 = \$17.580

1 Listón madera terciada 21mm 100x2040 mm

1 Listón madera terciada 21 mm 100x1419 mm

1 Listón madera terciada 21mm 100x1220 mm

1 Listón madera terciada 21mm 100x1020 mm

1 Listón madera terciada 21mm 100x958 mm

2 Listón madera terciada 21mm 100x321 mm

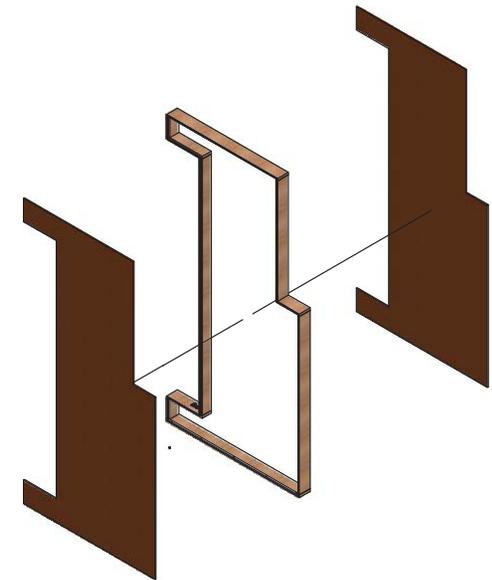
1 Listón madera terciada 21mm 100x221 mm

2 Listón madera terciada 21mm 100x158 mm

2 bisagra pivote

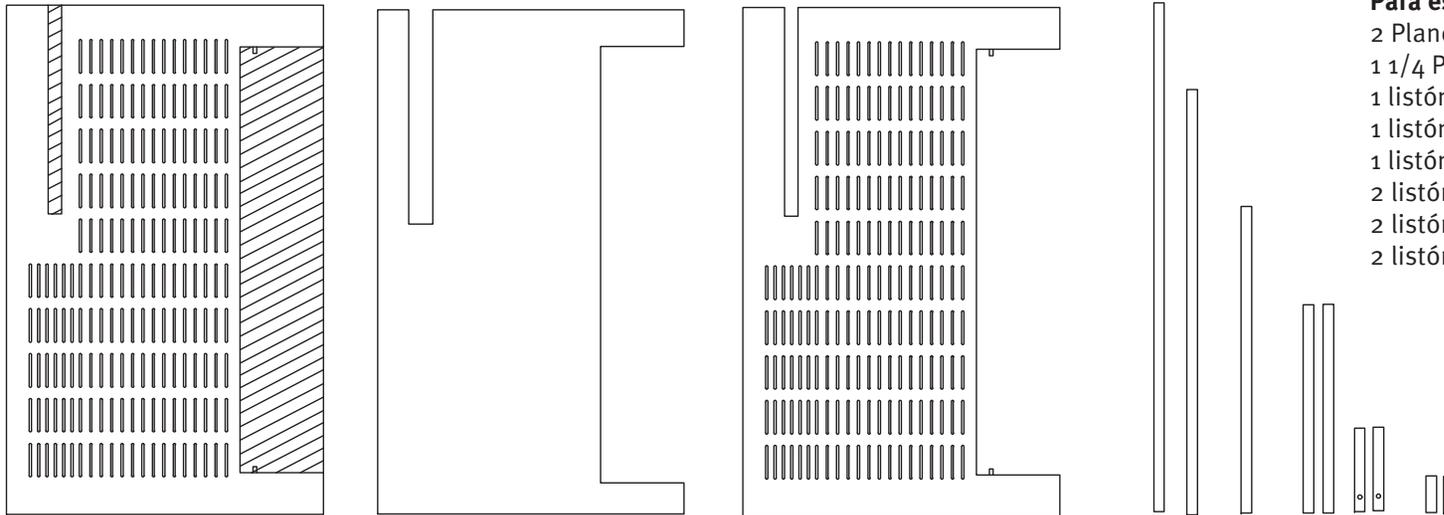
##### Corrección:

La estructuración de los distintos paneles se debe cambiar por listones ensamblados en su interior, en sus uniones, luego de poner las planchas de terciado ranurado por ambos lados, cerrando la estructura con la espuma absorbente de poliuretano en su interior.



## Propuesta Formal 3

### Ensamblaje 1



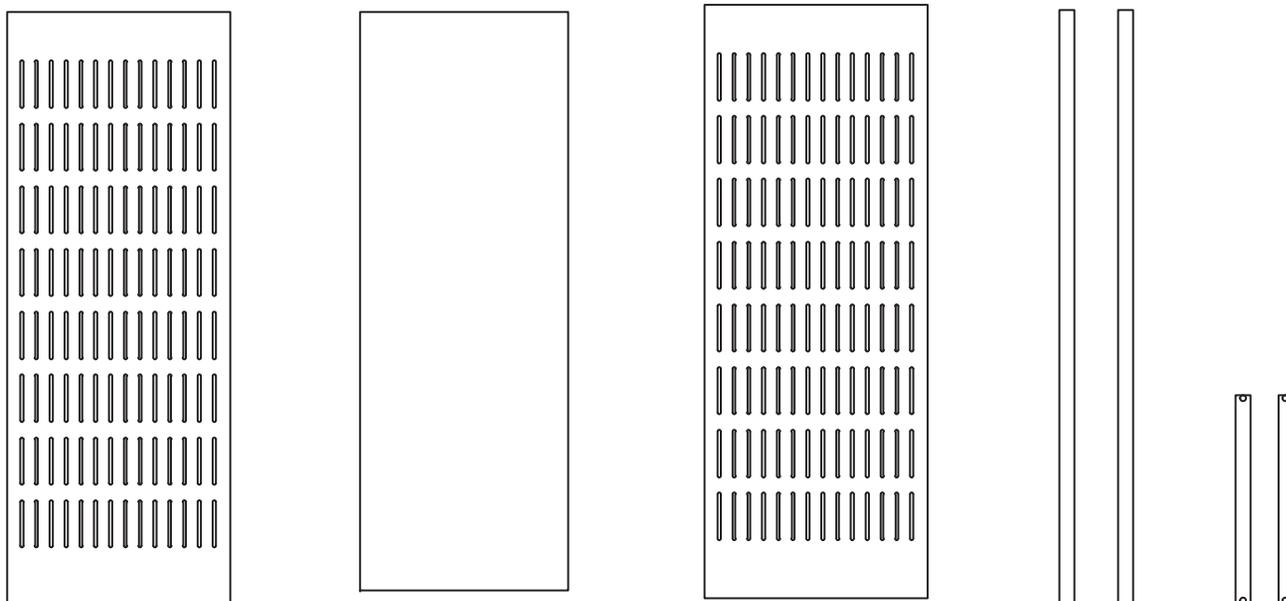
#### Para esta pieza se necesita:

- 2 Planchas de MDF 5.5 mm
- 1 1/4 Planchas de espuma 50 mm
- 1 listón madera 1x2" x2440mm
- 1 listón madera 1x2" x2040mm
- 1 listón madera 1x2" x1520mm
- 2 listón madera 1x2" x1000mm
- 2 listón madera 1x2" x400mm
- 2 listón madera 1x2" x200mm

Plancha MDF 5.5mm 2440x1520 mm = \$ 8.100 x 2	\$16.200
Plancha espuma de poliuretano 40mm 1900x1500mm = 8.800 + 1/4 de la plancha = \$2.200	\$11.000
1 Listón madera cepillada de 1x2" x 2440mm = \$650 (retaso 750mm)	\$650
1 Listón madera cepillada de 1x2" x 2040mm = \$650 (retaso 1160mm)	\$650
1 Listón madera cepillada de 1x2" x 1520mm = \$650 (retaso 1680mm)	\$650
2 Listón madera cepillada de 1x2" x 1000mm = \$650 (retaso 1200)	\$650
2 listón madera cepillada de 1x2" x 400mm = se usan retasos	\$0
2 listón madera cepillada de 1x2" x 200 mm = se usan retasos	\$0
Retasos = 1 listón de 1680mm / 1 listón de 1160 mm	<b>Total por pieza = \$29.800</b>

### Propuesta Formal 3

#### Ensamblaje 2



**Para esta pieza se necesita:**  
 1 Planchas de MDF 5.5 mm  
 1 Planchas de espuma 50 mm  
 2 listón madera 1x2" x 2020mm  
 2 listón madera 1x2" x 760mm

1/2 Plancha MDF 5.5mm 760x2440 mm = \$ 8.100

1/2 Plancha espuma de poliuretano 40mm 750x1900mm = 8.800

1 Listón madera cepillada de 1x2" x 2020mm = \$650 (retaso 1180mm)

1 Listón madera cepillada de 1x2" x 2020mm = \$650 (retaso 1180mm)

1 Listón madera cepillada de 1x2" x 760mm = \$0 Se ocupa retaso

2 Listón madera cepillada de 1x2" x 760mm = \$0 Se ocupa retaso

\$4.050

\$4.400

\$650

\$650

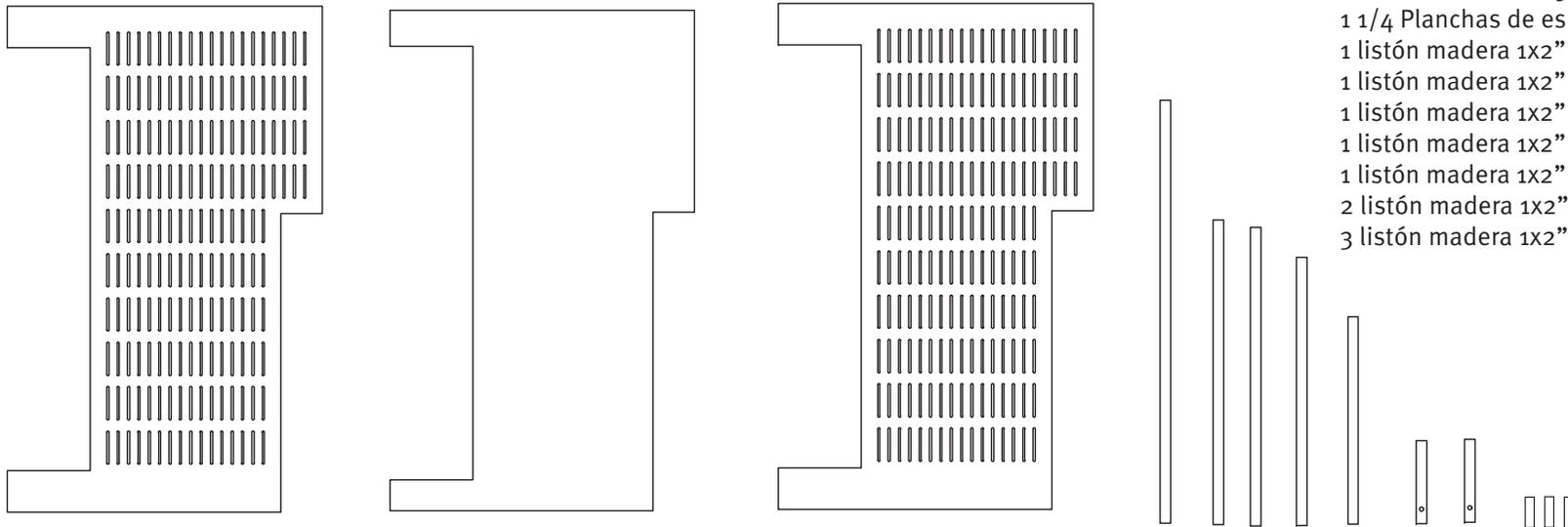
\$0

\$0

**Total por pieza = \$9.750**

## Propuesta Formal 3

### Ensamblaje 2



#### Para esta pieza se necesita:

- 2 Planchas de MDF 5.5 mm
- 1 1/4 Planchas de espuma 50 mm
- 1 listón madera 1x2" x2040mm
- 1 listón madera 1x2" x1520mm
- 1 listón madera 1x2" x1440mm
- 1 listón madera 1x2" x1294mm
- 1 listón madera 1x2" x1000mm
- 2 listón madera 1x2" x400mm
- 3 listón madera 1x2" x200mm

1/2 Plancha MDF 5.5mm 760x2440 mm = \$ 8.100

1/2 Plancha espuma de poliuretano 40mm 750x1900mm = 8.800

1 Listón madera cepillada de 1x2" x 2020mm = \$650 (retaso 1180mm)

1 Listón madera cepillada de 1x2" x 2020mm = \$650 (retaso 1180mm)

1 Listón madera cepillada de 1x2" x 760mm = \$0 Se ocupa retaso

2 Listón madera cepillada de 1x2" x 760mm = \$0 Se ocupa retaso

\$4.050

\$4.400

\$650

\$650

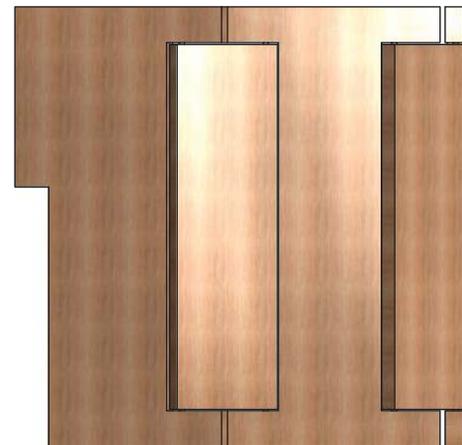
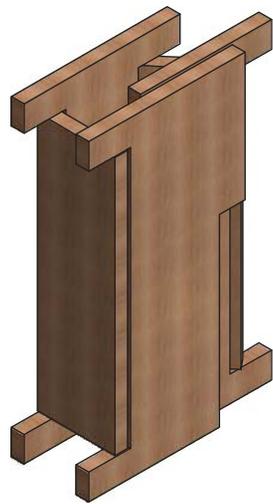
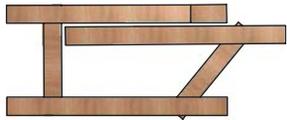
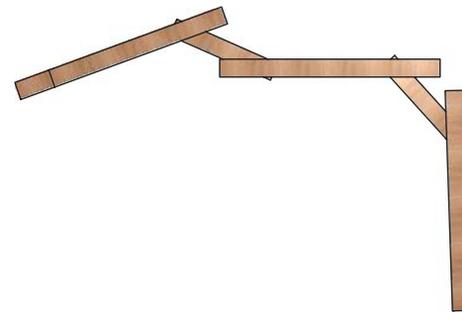
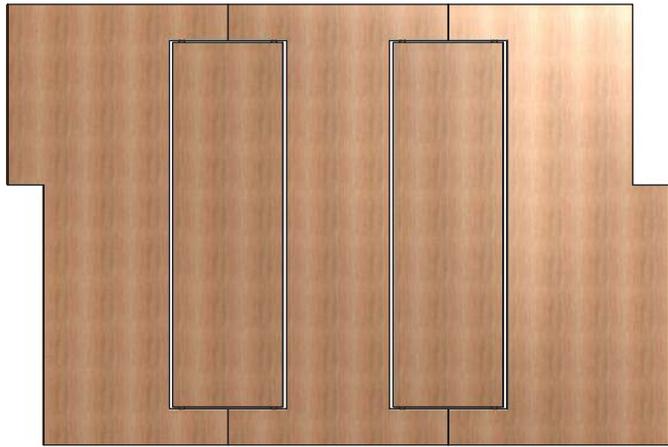
\$0

\$0

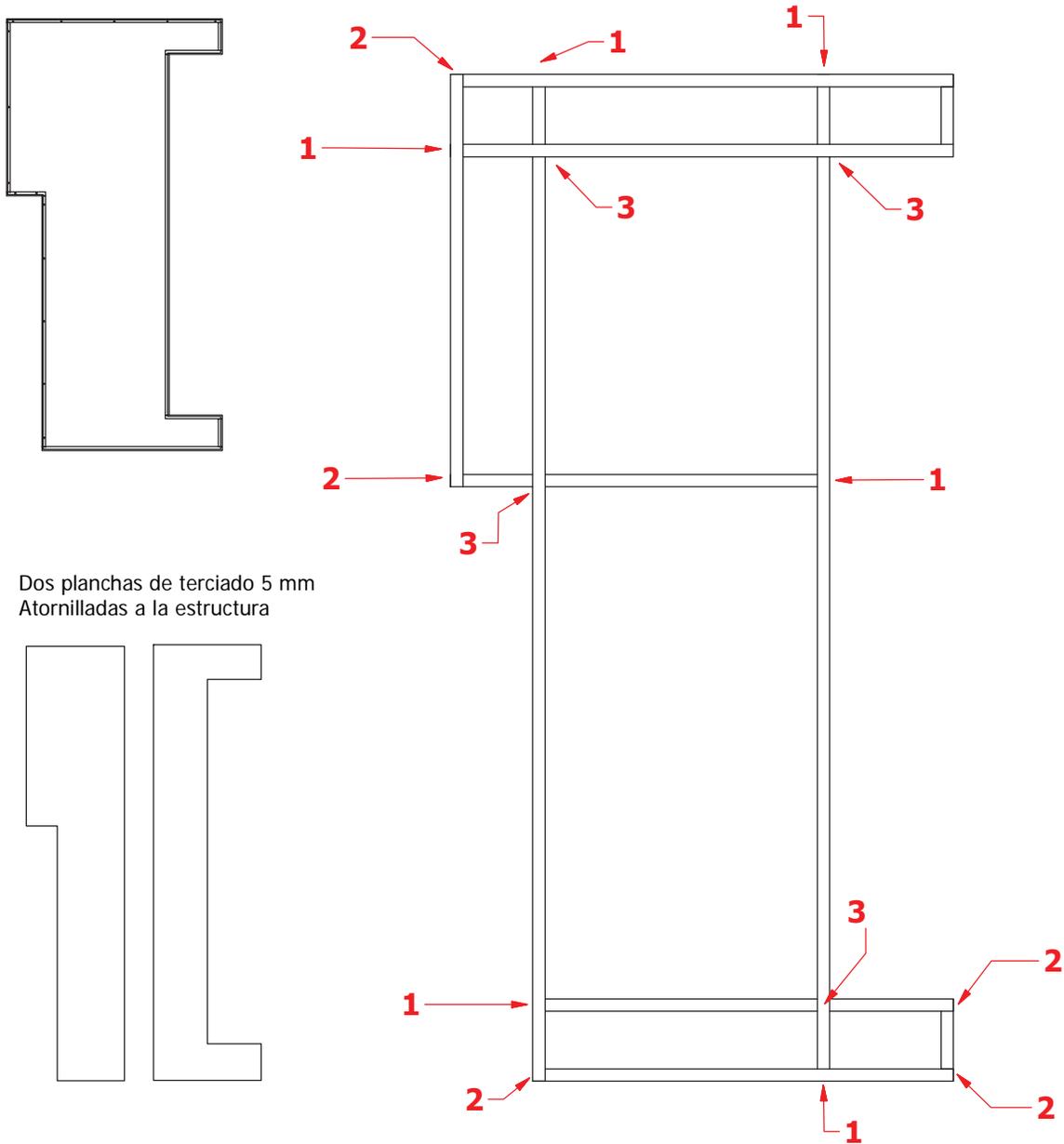
**Total por pieza = \$9.750**

# Propuesta Formal 4

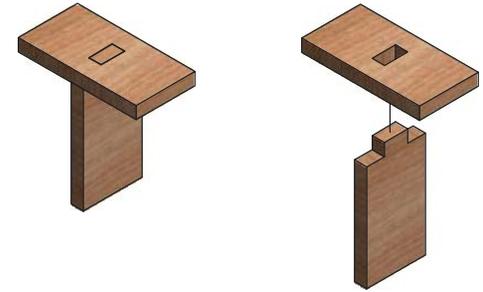
---



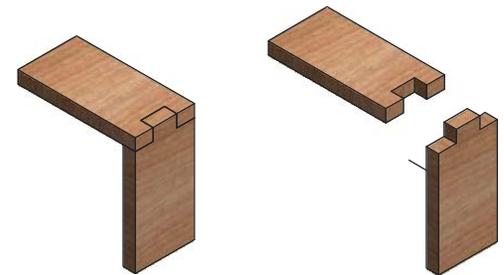
Detalles constructivos pieza 1



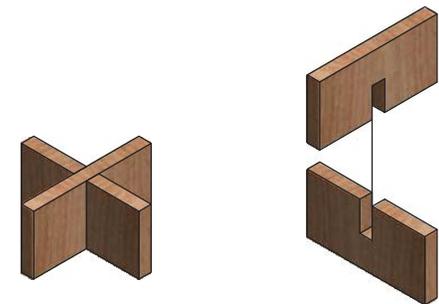
Detalle encaje 1



Detalle encaje 2

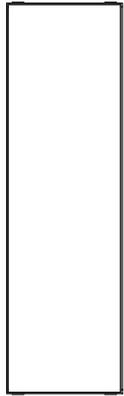


Detalle encaje 3

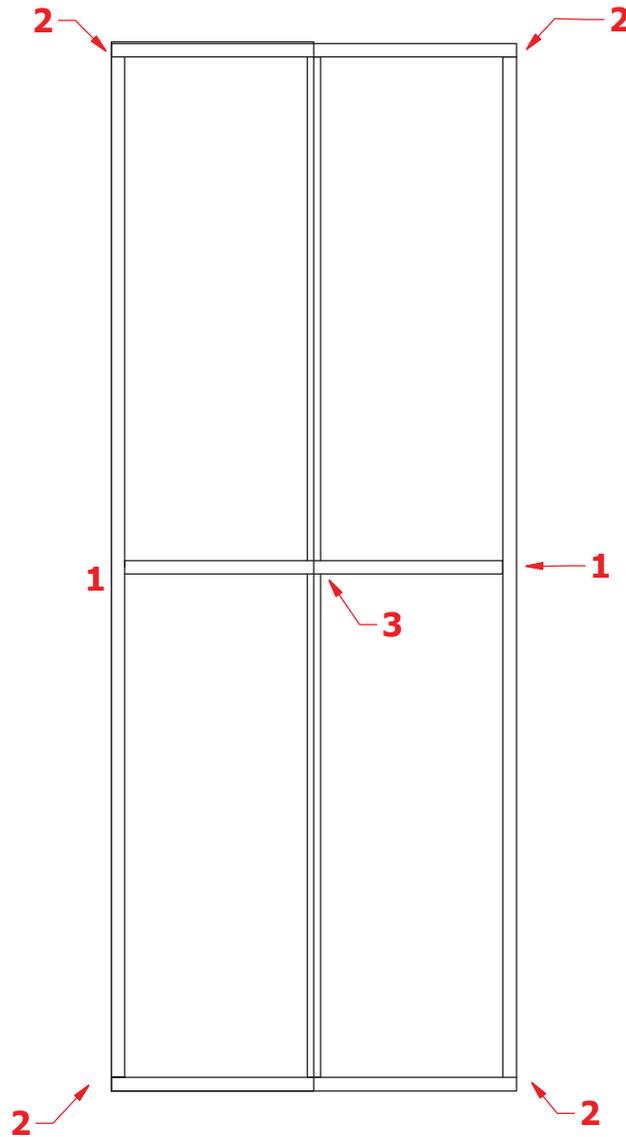
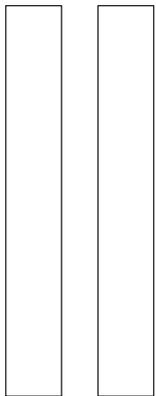


## Propuesta Formal 4

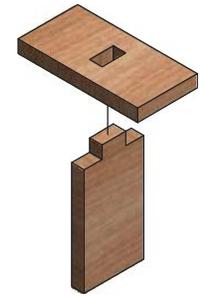
### Detalles constructivos pieza 2



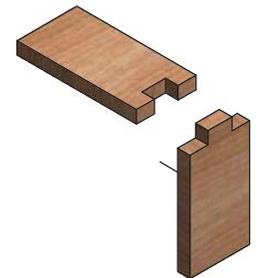
Dos planchas de terciado 5 mm  
Atornilladas a la estructura



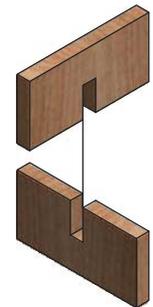
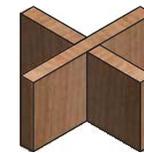
Detalle encaje **1**



Detalle encaje **2**

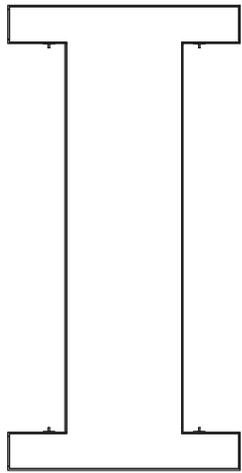


Detalle encaje **3**

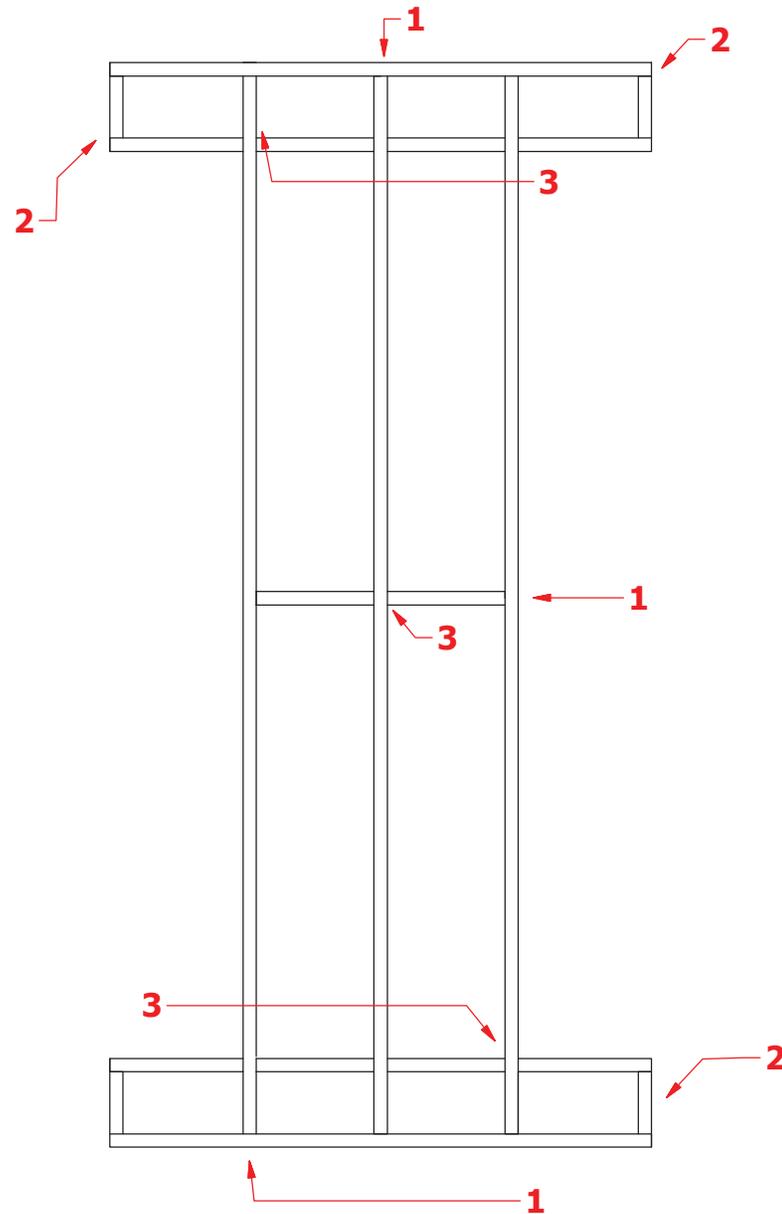
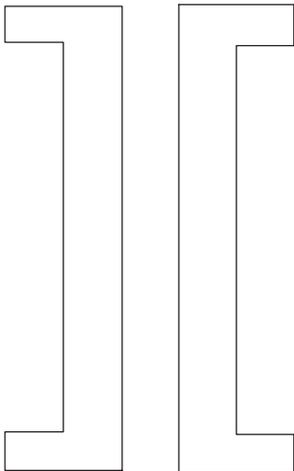


## Propuesta Formal 4

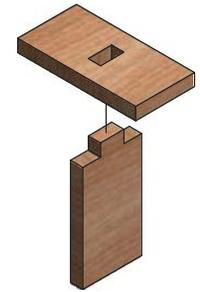
### Detalles constructivos pieza 3



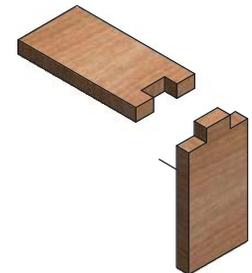
Dos planchas de terciado 5 mm  
Atornilladas a la estructura



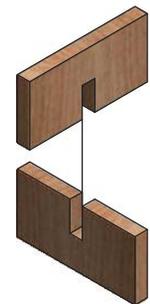
Detalle encaje **1**



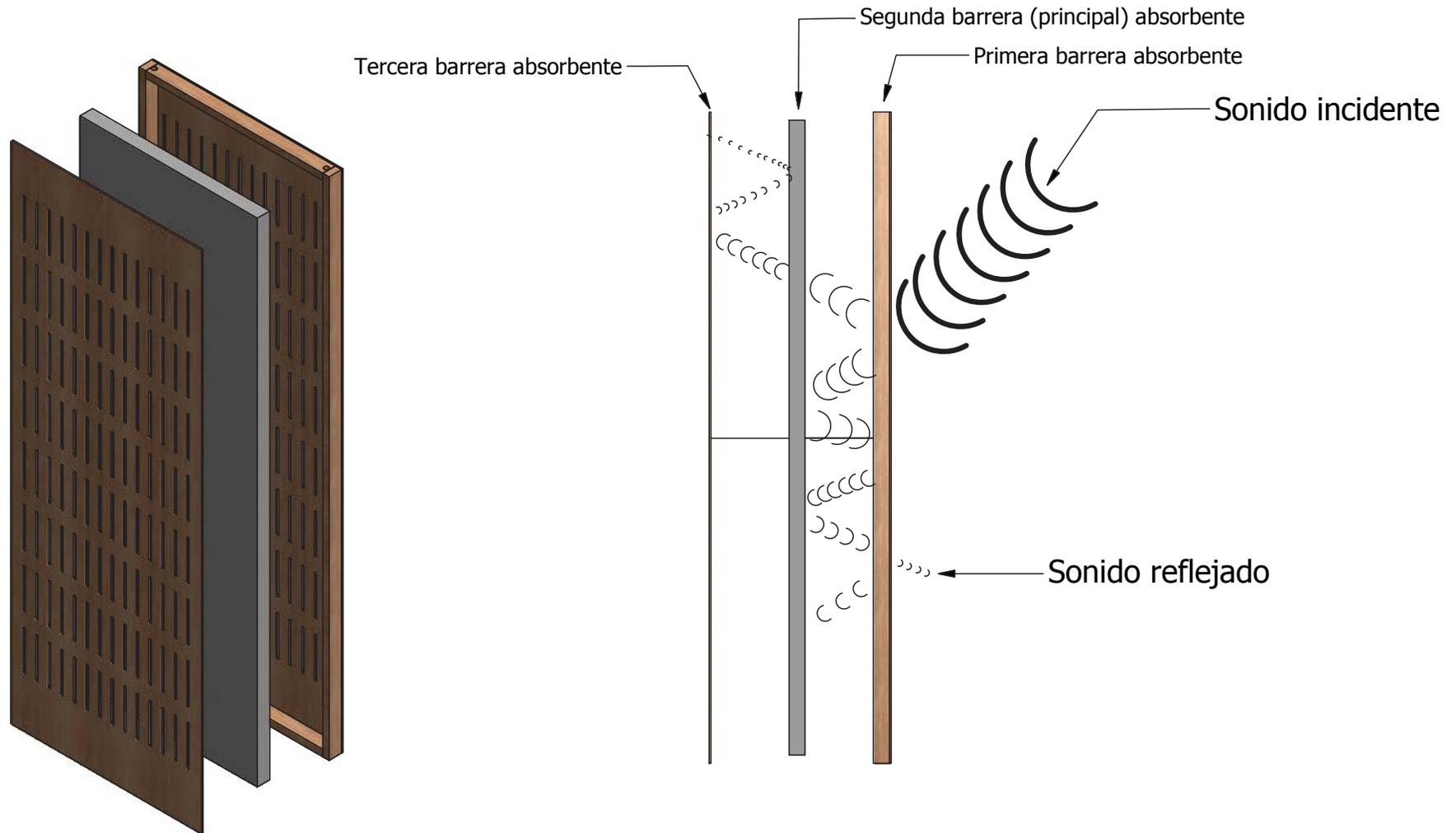
Detalle encaje **2**



Detalle encaje **3**

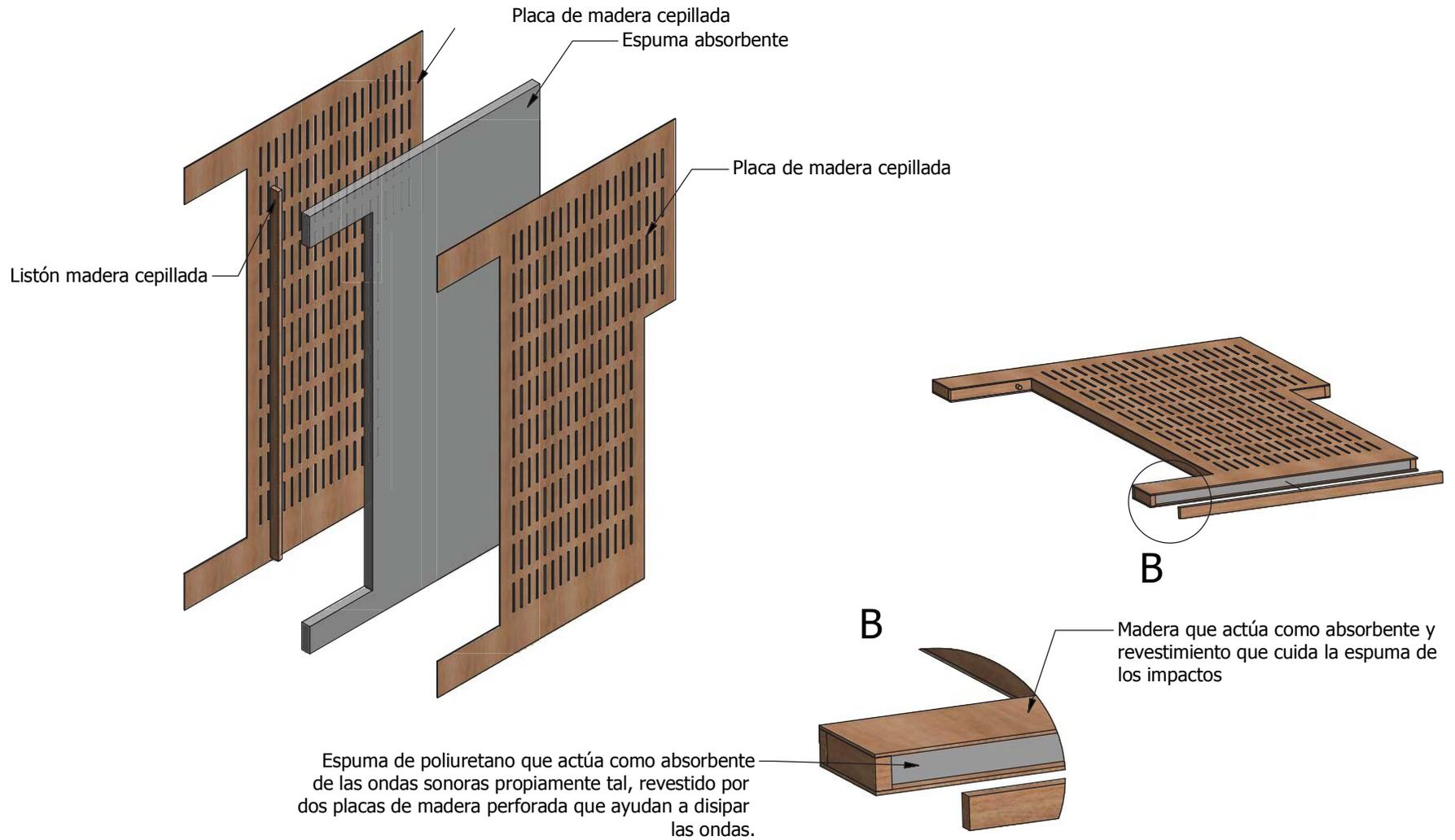


Absorción de las ondas sonoras en el panel acústico



La energía sonora atraviesa los paneles perforados por los orificios y también a través de la madera fibrosa y es absorbida en su mayor parte por el material espumoso (espuma de poliuretano), por último las ondas sonoras rebotan en el material y las que no son absorbidas llegan a la tercera barrera de madera la cuál absorbe y refleja, finalmente algunas ondas sonoras con menos intensidad traspasan el material.

Materialidad



## Propuesta Formal 4

### Materialidad

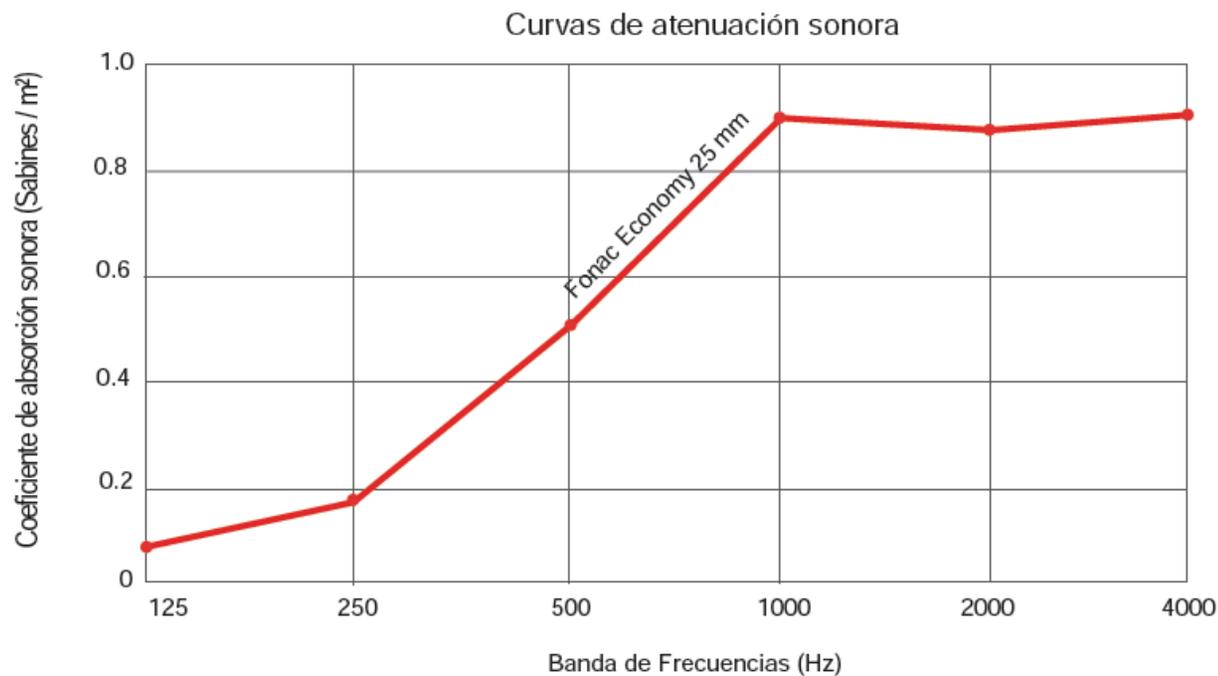
#### Placas Fonoabsorbentes (Espuma poliuretano)

Placas fonoabsorbentes hechas en espuma flexible con terminación lisa. Evitan las reflexiones de sonidos en paredes o techos, atenuando el nivel sonoro general.

Son utilizadas como revestimiento a la vista para el tratamiento acústico de ambientes



### Prestación acústica



Ensayos de absorción sonora realizados en el Laboratorio de Acústica y Luminotécnica (LAL), de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires.

Materialidad

**Coefficiente de absorción sonora**

Material	Bandas de Frecuencias (Hz)					
Hz	125	250	500	1000	2000	4000
25mm	0.07	0.18	0.52	0.91	0.87	0.93

**Características Técnicas**

	Eco	Pro	Class1
Densidad	28 kg/m <sup>3</sup>	32 kg/m <sup>3</sup>	11 kg/m <sup>3</sup>
Resist. Tracción	84 kgf /cm <sup>2</sup>	183 kg/cm <sup>2</sup>	S/D
Flamabilidad*	IRAM 13257	IRAM 13257 ISO 3795	CLASS 1 UL94 IRAM 11910

\*Solitar los ensayos a pedidos@sonoflex.com

**Presentación**

Dimensiones (cm)	61 x 61
Superficie Vista	Lisa
Espesor Nominal (mm)	20 - 25 - 30 - 35
Color Base	Grafito - Beige - Perla (Class 1)
Terminación:	Natural - Tiza - Arena - pintado en colores a elección
Tolerancia	+/- 5%

**Importante:**

- Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
- Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
- Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

**Condiciones de almacenamiento:**

- Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, al abrigo de la humedad y protegidos de la acción directa o indirecta del sol.
- Preservar el material en su envase hasta su uso.
- Altura máxima por pallet: 12 bultos.

**Para mayor información:**

atencionalcliente@sonoflex.com

## Propuesta Formal 4



1



2



3

**1** Ranuración del tablero de terciado en la máquina CNC. Tiempo de corte aproximado por tablero; 30 min, cantidad de tableros; 8 partes, que fueron ensamblados en la estructuración de listones correspondientes

**2** Detalle ranuración. La fresa que ranuraba el panel de terciado era de 8 mm de diámetro, dejando surcos de 8 mm de ancho, 70 mm de largo con una separación entre si de 30 mm.

**3** Estructuración interna de los paneles con los listones de terciado de 18 mm de ancho.

**4** Paneles acústicos armados, ensamblados entre si por bisagras de pivote. Se compone por 4 paneles modulados ranurados por ambos lados con una capa de espuma acústica en su interior.



4

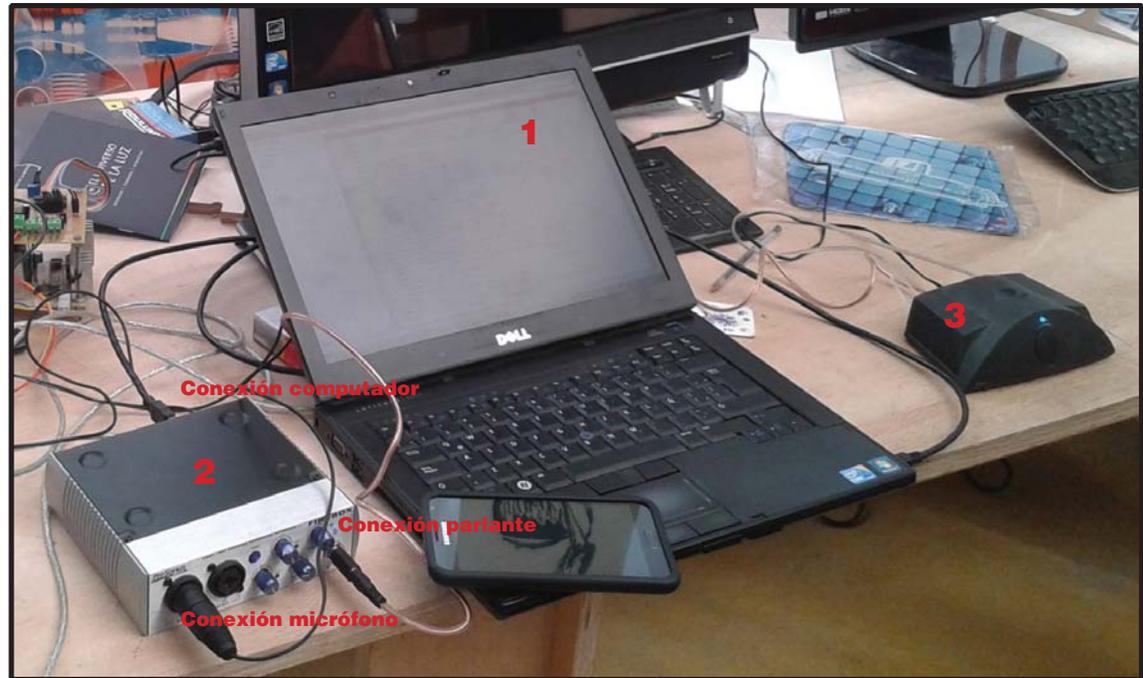
# Prueba de sonido

## BIOMBO ACÚSTICO

Pruebas de sonido para Biombo Acústico  
Lugar: Sala de máquinas Escuela de Arquitectura e [ad] PUCV  
Fuente de sonido: Máquina CNC, 18.000 rpm

### Equipos de medición

1. Computador
2. Tarjeta de sonido externa
3. Amplificador
4. Parlante
5. Micrófono



### 1. Computador

Desde el computador se genera el barrido de frecuencias, y se manda hacia la tarjeta de vídeo externa.

**Barrido de frecuencia:** Se halla conformado por las audio-frecuencias, es decir, toda la gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano.

### 2. Tarjeta de sonido externa

La tarjeta permite la salida y entrada de audio al computador, controlada por un programa, consiste en hacer, mediante un programa que actúa de mezclador, que las aplicaciones multimedia del componente de audio suenen y puedan ser gestionadas.

Luego de que el computador manda el barrido de frecuencia a la tarjeta de sonido, esta manda la señal hacia un amplificador.

El amplificador envía la señal aumentada hacia el parlante y de ahí hacia el exterior, la sala de máquinas.

### 3. Amplificador

La función del amplificador es aumentar el nivel de una señal, incrementando, para ello, la amplitud de la señal de entrada.

**La amplitud,** En física la amplitud de un movimiento oscilatorio, ondulatorio o señal electromagnética es una medida de la variación máxima del desplazamiento que varía periódicamente en el tiempo.

El amplificador envía la señal aumentada hacia el parlante y de ahí hacia el exterior, la sala de máquinas.

## Propuesta Formal 5

### 4. Parlante

Es un transductor electroacústico utilizado para la reproducción de sonido. Un transductor electroacústico es aquel dispositivo que transforma la electricidad en sonido, o viceversa.

La transducción sigue un doble procedimiento: eléctrico-mecánico-acústico. En la primera etapa convierte las ondas eléctricas en energía mecánica, y en la segunda convierte la energía mecánica en ondas de frecuencia acústica. Es por tanto la puerta por donde sale el sonido al exterior desde los aparatos que posibilitaron su amplificación

**El computador genera todo el barrido de frecuencias, esta se manda a una tarjeta de sonido externa y de ahí sale a un amplificador, el que lo manda al parlante, la señal sale en forma de sonido a la sala de máquinas, las ondas**



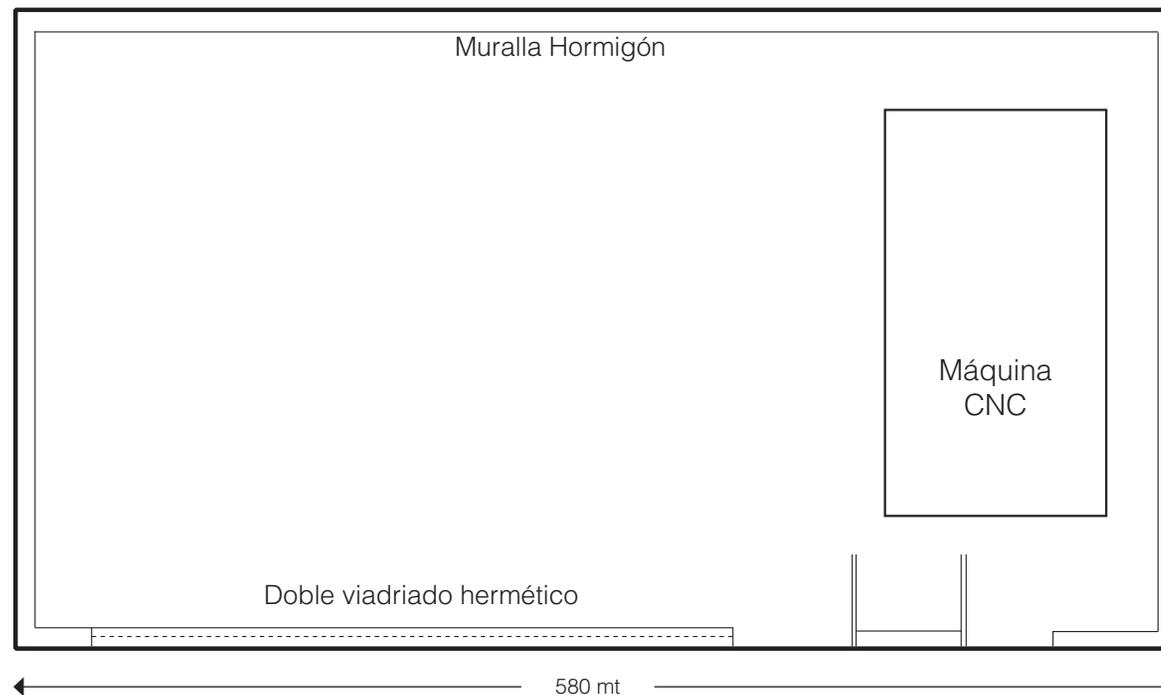
### 5. Micrófono

es un transductor acústico-electrico. Su función es la de traducir las vibraciones debidas a la presión acústica ejercida sobre su cápsula por las ondas sonoras en energía eléctrica.

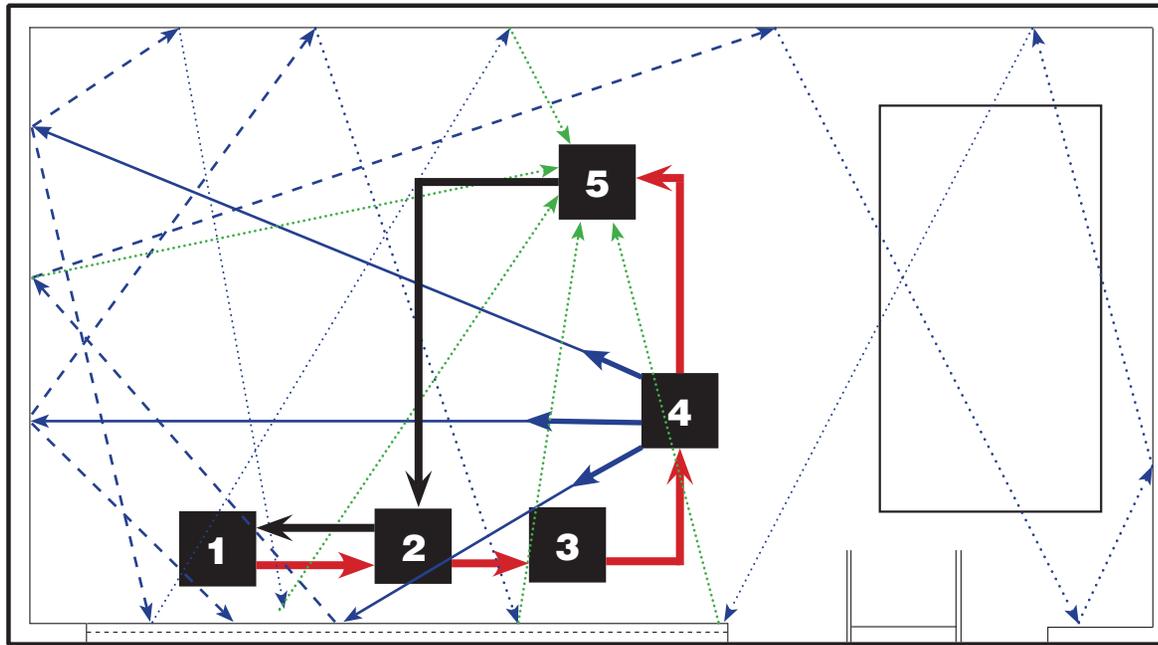
El micrófono capta las ondas sonoras, este se encuentra conectado a una tarjeta de sonido externa, la que traspasa esta señal al computador, el que junto con un programa traduce

**que revotan en las paredes son captadas por el micrófono, el que manda esta señal nuevamente a la tarjeta de sonido y luego al computador, el que traduce estas señales y compara los resultados de lo que salió y entró.**

### Ubicación en el espacio (Taller de máquinas)



Esquema utilización de los equipos



El computador **(1)** manda la señal a la tarjeta de sonido **(2)** desde ahí va hacia el amplificador **(3)**, esta señal aumentada llega al parlante **(4)** el que se encarga de esparcir el sonido por la sala **(azul)**, las ondas de sonido revotan una y mil veces por las paredes de concreto, fenómeno llamado reverberancia, el micrófono **(5)** se encarga de recoger esta señal **(verde)**, la envía a la tarjeta de sonido **(2)** y al computador **(1)**, el que compara los resultados de lo que entró y lo que salió.

Procedimientos

Las pruebas se llevan a cabo en 10 etapas, las que varían según la posición del parlante y el micrófono, y el biombo acústico, el parlante se posiciona en 3 lugares distintos, al igual que el micrófono para poder encontrar alguna variación en el resultado. Cinco de estas pruebas son con el biombo acústico dentro del taller de máquinas y las cinco restantes sin el biombo.

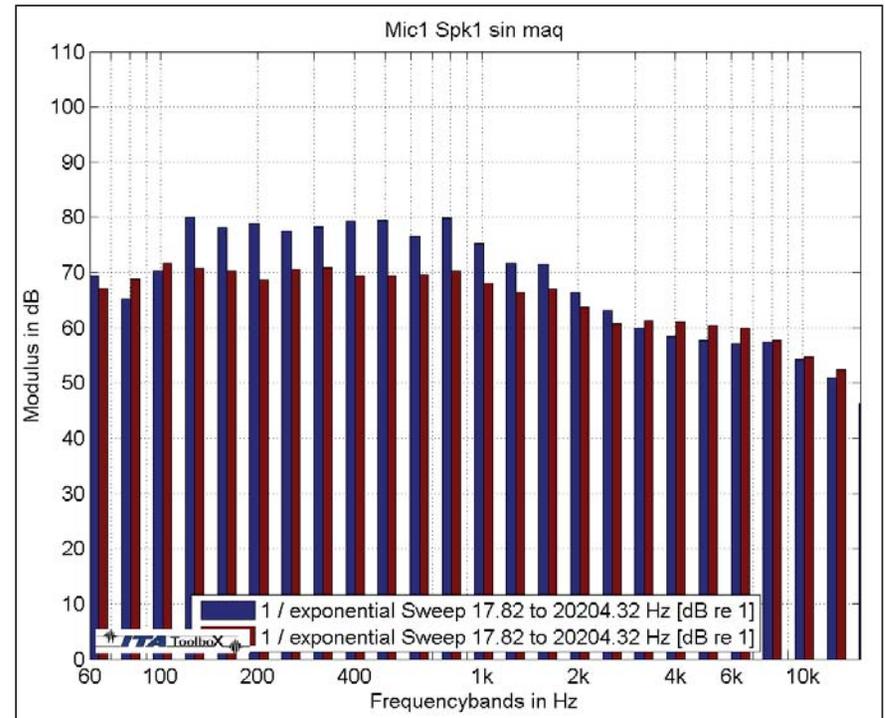
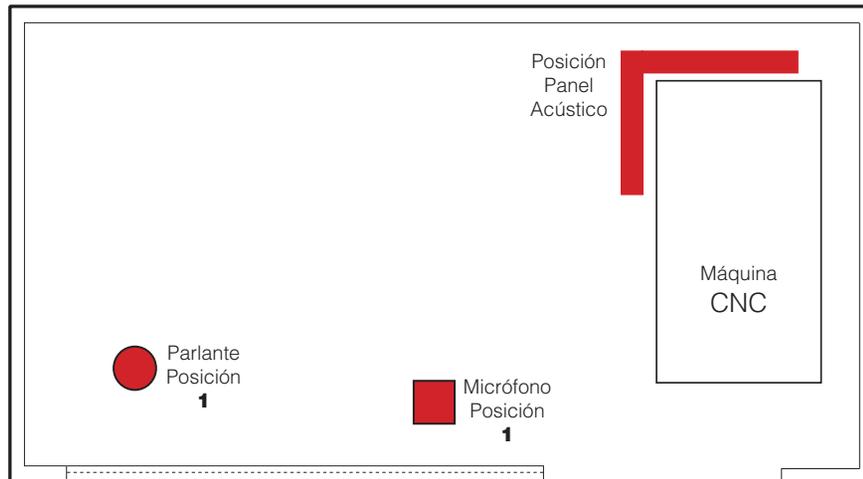
DETALLE DE LAS POSICIONES

- 1) Mic pos 1 - Pte pos 1
- 2) Mic pos 1 - Pte pos 2
- 3) Mic pos 1 - Pte pos 3
- 4) Mic pos 2 - Pte pos 2
- 5) Mic pos 2 - Pte pos 1

## Propuesta Formal 5

### Ubicación de los equipos de medición

1)

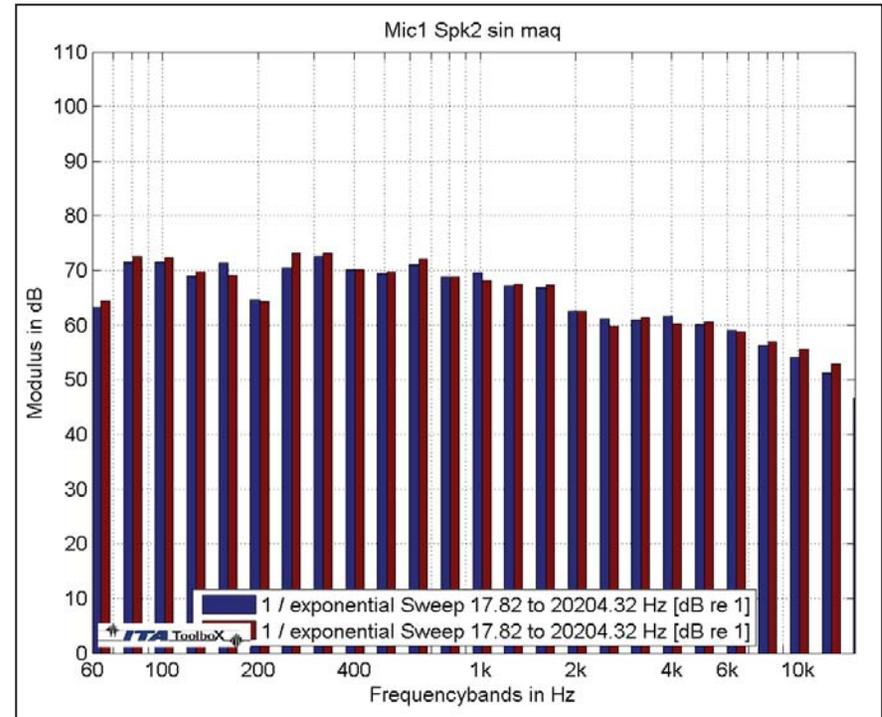
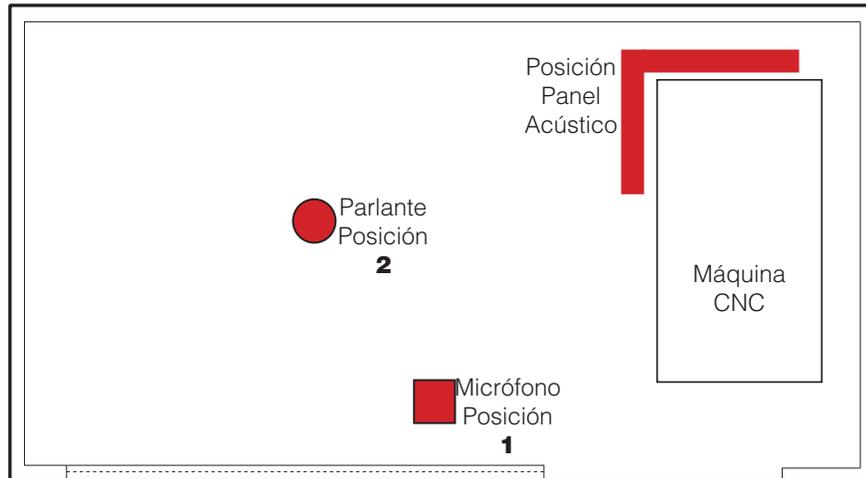


La variación promedio de absorción de las ondas de sonido es de 10 decibeles entre los 100 Hz y 1kHz, a medida que la banda de frecuencia aumenta la absorción es menor.

## Propuesta Formal 5

### Ubicación de los equipos de medición

2)

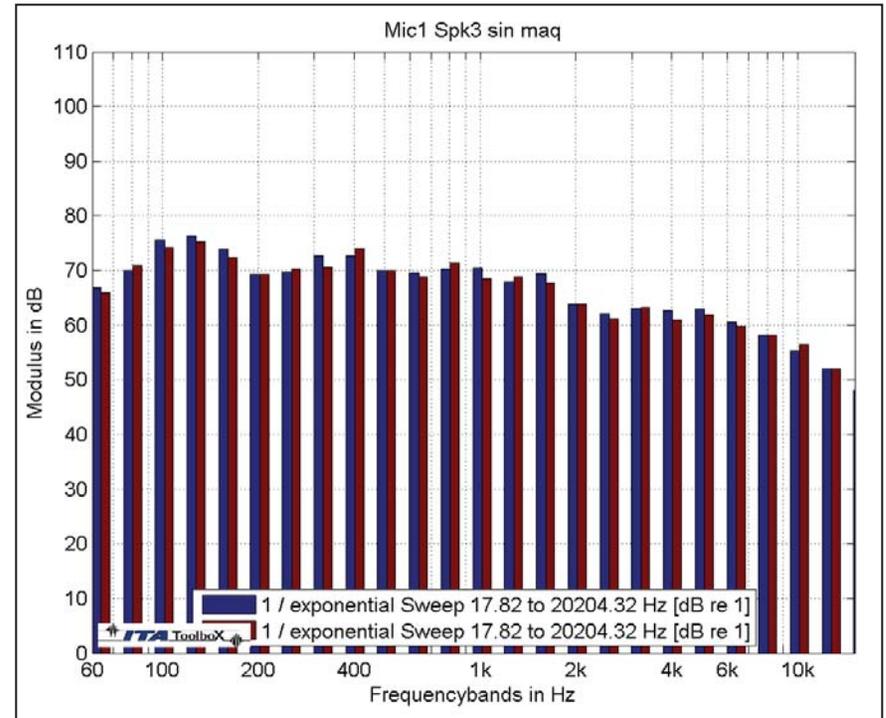
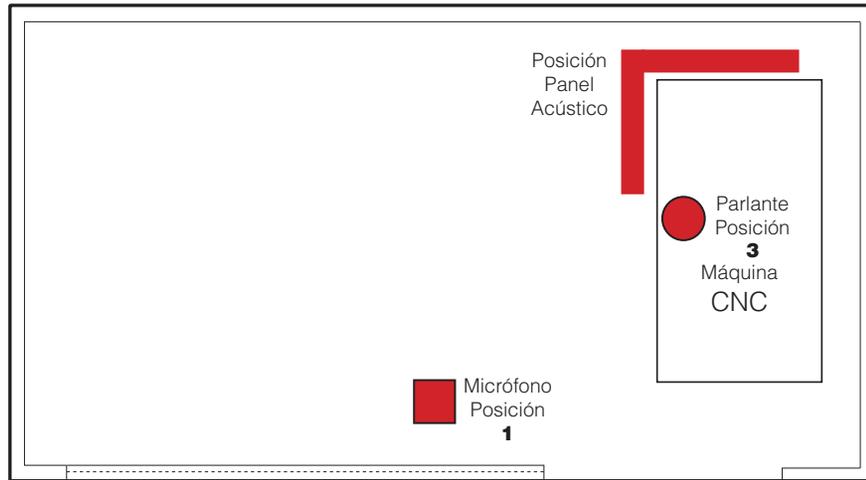


La posición del parlante (pos 2) influye en cuanto a la señal que recibe de entrada el micrófono, la variación entre la medición con panel absorbente y sin el es casi nula a lo largo de toda la banda de frecuencias por lo que se concluye que en esta posición del parlante el biombo no aporta acústicamente.

## Propuesta Formal 5

### Ubicación de los equipos de medición

3)

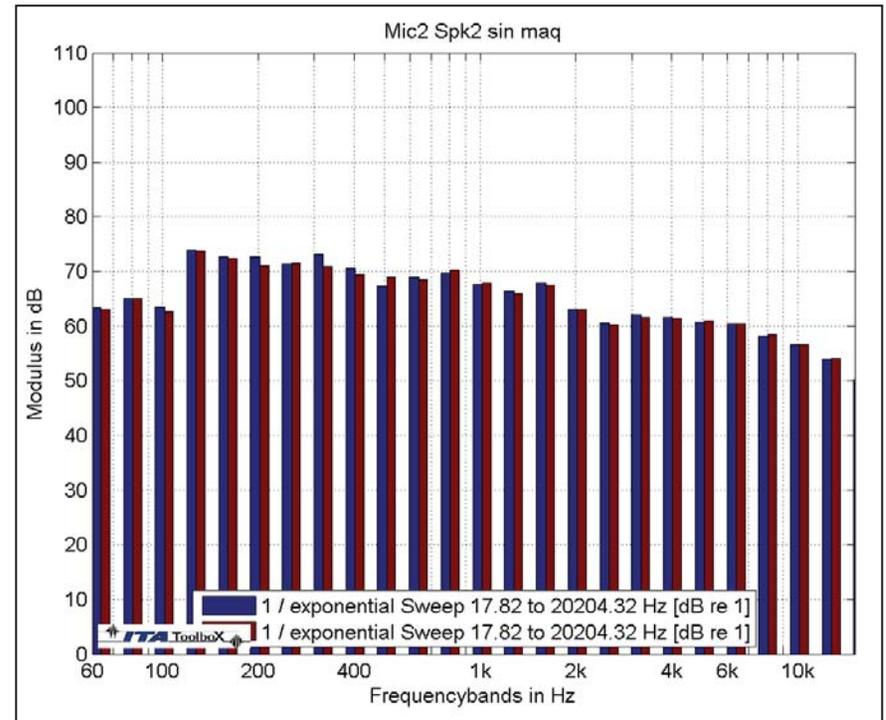
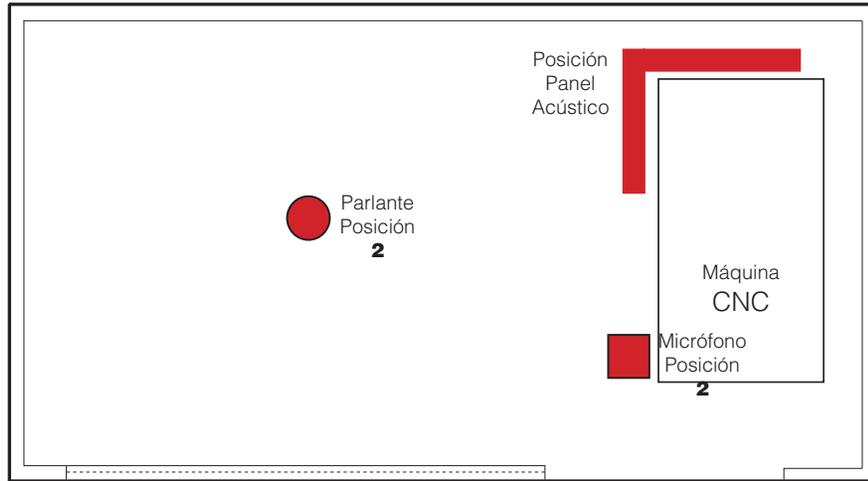


En esta posición los resultados no varían notoriamente, la absorción media es de 70 decibeles a lo largo de toda la banda de frecuencias.

## Propuesta Formal 5

### Ubicación de los equipos de medición

4)

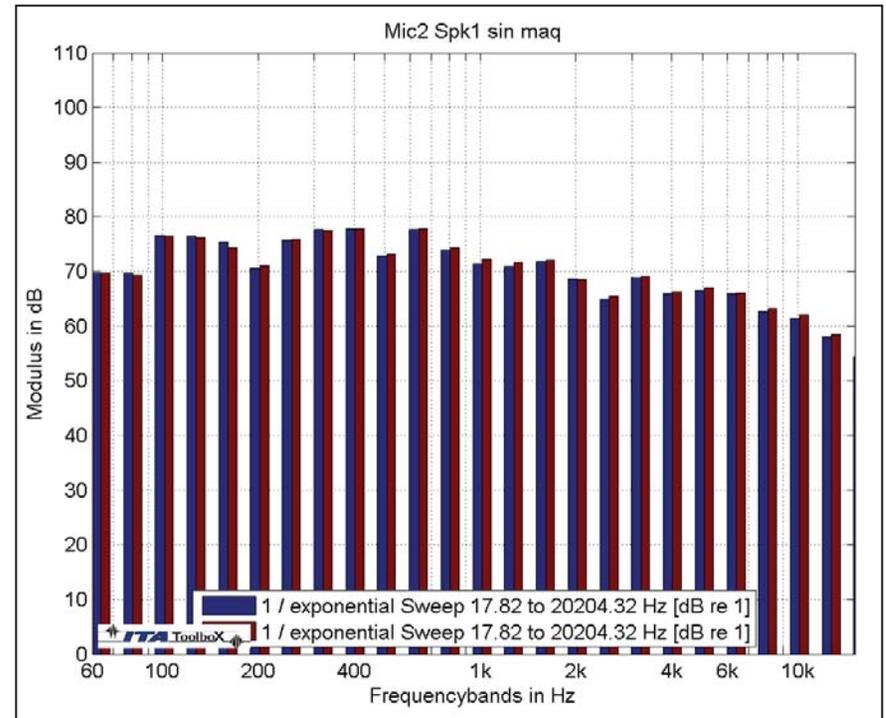
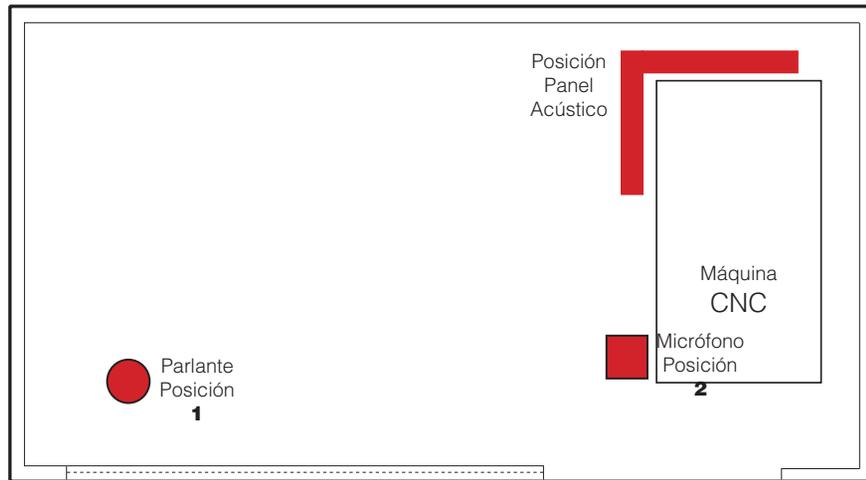


En esta posición los resultados no varían notoriamente, la absorción media es de 70 decibeles a lo largo de toda la banda de frecuencias.

## Propuesta Formal 5

### Ubicación de los equipos de medición

5)



### Conclusiones

El panel y sus ranuras son uniformes en las cuatro caras y por ambos lados, vice/versa, estas perforaciones, el grosor, la separación entre ellas y la cantidad de ranuración en total del panel están hechas para un rango de frecuencias, si variamos estas características, o en vez de ranuras hacemos perforaciones, y si estas perforaciones varían también en su diámetro el resultado es distinto, va cambiando según la configuración. Por lo tanto se determina que ciertas ranuras y todas sus variantes son para un rango específico, si tenemos como en este caso todo el rango de frecuencias debemos implementar un método que las abarque todas, para esto debemos reunir todas las configuraciones posibles e incluirlas en una sola solución.

### Variantes a tomar en cuenta

#### 1. Materialidad del cierre perimetral del lugar

En este caso el material (hormigón) cumple una buena función de aislante del sonido, lo que permite que este permanezca en el interior, el cierre de salida y entrada a la sala se restringe por un sistema de doble vidrio hermético, lo que también cumple con la función de aislar el sonido.

#### 2. Personas dentro del lugar/Materialidad del inmobiliario

La energía de las ondas sonoras es reflejada o absorbida por las superficies lindantes así como por los objetos y personas de la sala. La capacidad de un material para poder “engullir” ondas sonoras depende de su composición. Materiales porosos, abiertos o perforados alcanzan normalmente una buena absorción.

### Aciertos y desaciertos del objeto en cuestión

#### 1. Tamaño y peso

La característica del objeto es su movilidad y la variabilidad del uso y sus posiciones, por un tema de exceso de materia prima el objeto se volvió muy pesado lo que lo hacía poco movable. El tamaño del ancho podía variar, pero la altura no llegaba hasta el borde del techo, lo que permitía el paso de las ondas de sonido que rebotaban en la estructura pasar por este espacio no abarcado de superficie perforada.

#### 2. Materialidad

En cuanto a los materiales empleados, el acierto es verdadero, la madera es un material poroso al igual que la espuma de poliestireno que son buenos absorbentes de sonido, ya que este sonido puede infiltrarse en los poros, donde la energía del sonido, oscila rápidamente y puede ser eliminado por la fricción.

La manera de disponer estos materiales frente al problema de la absorción no fue la más adecuada, ya que ambas partes del panel (biombo) se encontraban perforadas, dejando el paso de los rayos incidentes sobre la estructura cruzar libremente del un lado a otro. Las perforaciones o ranuraciones tienen una eficacia en un cierto rango de la frecuencia de banda, por lo que limita la absorción cuando esta varía, y en la sala de máquinas tenemos actuando casi todo el espectro de banda, generado por el ruido de la máquina CNC.

### Correcciones

Mediante la integración de materiales absorbentes se puede optimizar el tiempo de reverberación y cambiar las características acústicas de la sala. Los materiales absorbentes sirven para minimizar el nivel de ruidos. Mediante perforaciones y la combinación de materiales absorbentes, unidos mediante la utilización de construcción tipo sándwich, pueden obtenerse valores de absorción acústica diferenciados.

La porosidad, es decir, la relación entre el volumen de aire accesible para el volumen total de material, de buenos absorbentes de sonido superior a 50% y, de hecho, los materiales aislantes de fibras minerales consisten en 98% de aire. Además, el espesor y posicionamiento de un absorbedor influye en la absorción considerablemente.

Buenos silenciadores son estructuras de poro abierto, como materiales aislantes fibrosos, espumas de célula abierta de plástico, textiles, granulados o hormigón celular.

Debido a la incidencia omnidireccional un sonido en habitaciones, no es necesario para llenar un vacío completo con material absorbente. En su lugar, es generalmente suficiente para proporcionar capas más delgadas. Por ejemplo, un techo de paneles absorbentes 20 mm de espesor suspendido 200 mm por debajo del piso estructural aumentó la absorción efecto considerablemente para las frecuencias más bajas. Placas perforadas o ranuradas hechas de yeso, productos a base de madera o metal, estructuras de red o mallas metálicas tejidas se utilizan con frecuencia, con un soporte de material de sonido-absorbente. El efecto de absorción dependes en la proporción de aberturas, sino también en el tamaño de las aberturas y el espesor del material. En términos cualitativos, podemos decir que cuanto mayor sea la proporción de aberturas, mayor es la absorción acústica en las frecuencias más altas. Proporciones típicas se encuentran en el orden de magnitud de 15%. Las pequeñas aberturas son mejores que las grandes, para la misma proporción de aberturas, el diámetro del agujero típica de ranura se encuentran entre 1 y 20 mm. Con el fin de lograr un efecto de absorción adecuada, juntas, ambas geometrías pueden lograr la absorción del sonido significativo, un ejemplo es un revestimiento de madera que se monta paralelo a la pared, en términos de física se trata de un sistema de masa-resorte, la masa del revestimiento por unidad de superficie y la compresibilidad del aire de determinar la frecuencia resonante a la que se produce la máxima absorción.



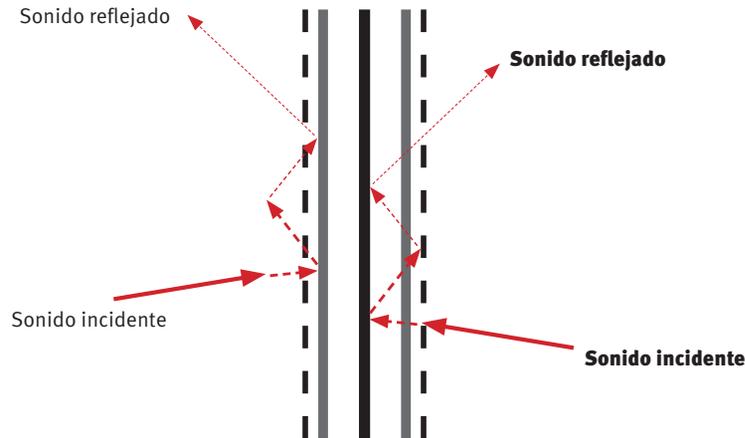
### 1. En cuanto al objeto

Como se observa, el objeto está ranurado por ambas partes, con un tipo de ranuración uniforme en todas sus caras, estas no varían ni de ancho, ni en la separación entre ellas. Como se nombraba anteriormente, si bien el material es el correcto, tenemos dos puntos en contra de la disposición de este; El panel está ranurado por ambas partes lo que posibilita el traspaso de los rayos de onda incidentes directamente en las caras del biombo, el principio es que tenemos el material absorbente que sería la espuma interior, la carcasa de madera perforada que ayuda a la disipación de las ondas y actúa como caja de resonancia, un espacio de aire y luego una pared rígida que frena las ondas y hace que reboten, devolviéndolas con menor intensidad.

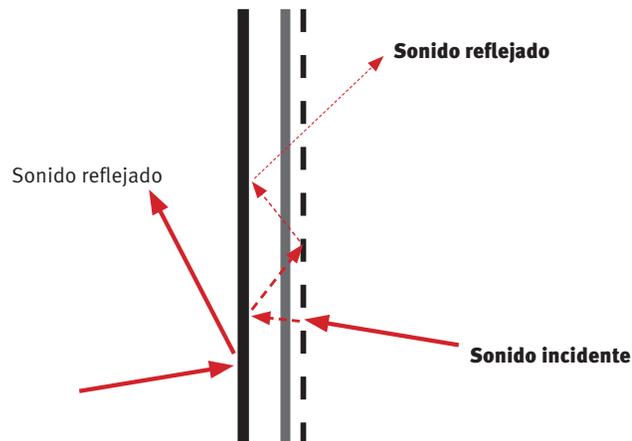
## Propuesta Formal 5

### Correcciones

De acuerdo a esto se tiene dos posibilidades; Poner una barrera interior de material (madera) sin ranurar, que sirva para ambos lados, o dejar un lado ranurado y el otro sin ellas.



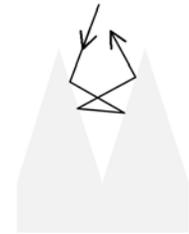
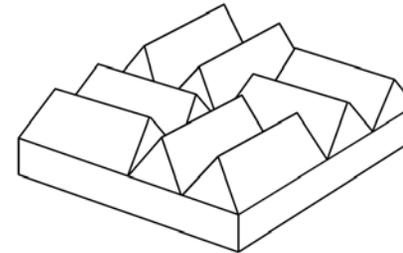
a) Ambos lados se encuentran ranurados o perforados, con una barrera en su interior que permite la reflexión de las ondas sonoras reduciendo su intensidad e impidiendo el paso hacia la cara posterior.



b) En este caso, tenemos solo una de las caras ranuradas, un espacio de aire y la cara final rígida cerrada que impide el traspaso de las ondas de sonido y hace que reboten en ella.

En cuanto a la materialidad y ranuración/perforación se debe tener en cuenta que existen varios materiales que sirven para este tipo de requerimientos, la lana de vidrio es uno de los mejores, la absorción aumenta con el espesor, y también con la densidad, el inconveniente y por lo que se hace su capa exterior es para proteger el material acústico de las personas y el polvo y al revés para proteger a las personas de pequeñas partículas que se desprenden de este, estos protectores son en general paneles perforados o ranurados como es este caso, de materiales rígidos y celulósicos, que además de proteger sirven como caja de resonancia. Se destaca que las planchas perforadas aplicadas directamente sobre la pared o sobre lo que se quiere trabajar son poco efectivas.

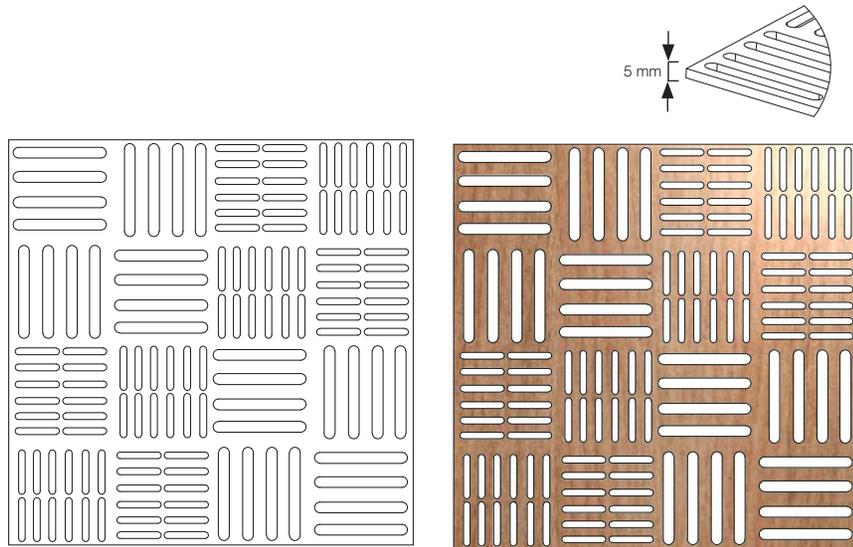
La espuma de poliuretano es otro buen material, que es la que en este caso empleamos en el biombo acústico, son materiales que se fabrican facetados o en forma de cuñas anecoicas ya que esta estructura se comporta como una trampa de sonido ya que el sonido que incide sobre la superficie de una cuña se refleja varias veces en esa cuña y en la contigua



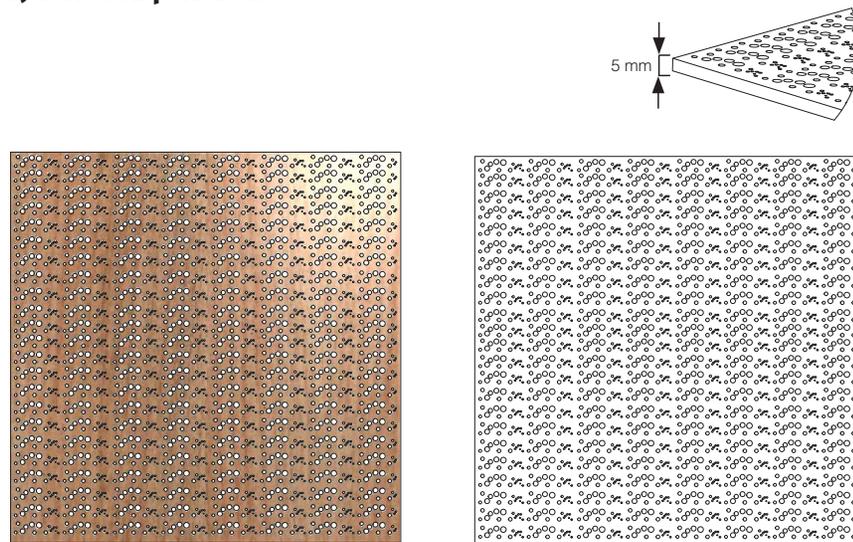
Tenemos diferentes tipos de ranuraciones o perforaciones dependiendo de la frecuencia de onda con la que se quiera trabajar, además del porcentaje de perforación del material, que mientras mayor sea su porcentaje, mejor actúa frente a las altas frecuencias, en el caso de la sala de máquinas además de tener altas frecuencias, tenemos todo el barrido de frecuencias generadas por los distintas máquinas que se encuentran dentro o fuera del lugar. **Es por esto que se propone ocupar el mismo material como revestimiento (madera) con un alto porcentaje de perforación y de variadas medidas, tanto de las perforaciones o las ranuras como de las separaciones entre ellas, para poder abarcar un mayor rango de variación de las frecuencias y no de un rango más reducido. Como se vio anteriormente cierto tipo de ranuras de ciertas medidas actuaban con mejor resultado sobre un rango pequeño de frecuencia, además de la influencia del grosor del material espumoso detrás del revestimiento de madera.**

## Propuesta Formal 5

### a) Variación ranurado



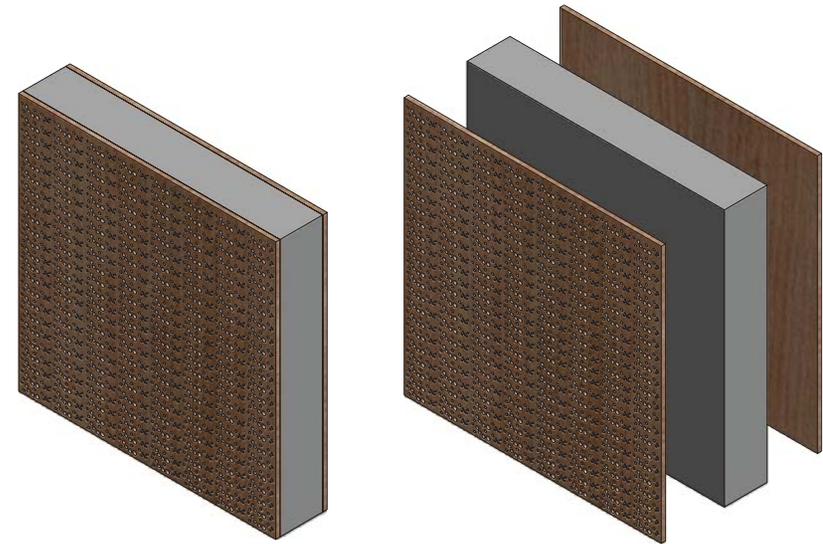
### b) Variación perforado



En ambos casos el diseño del ranurado o perforado varía en los tamaños del grosor, separación o diámetro, esto permite ampliar el rango de eficacia frente a la variación de la frecuencia de onda de los sonidos.

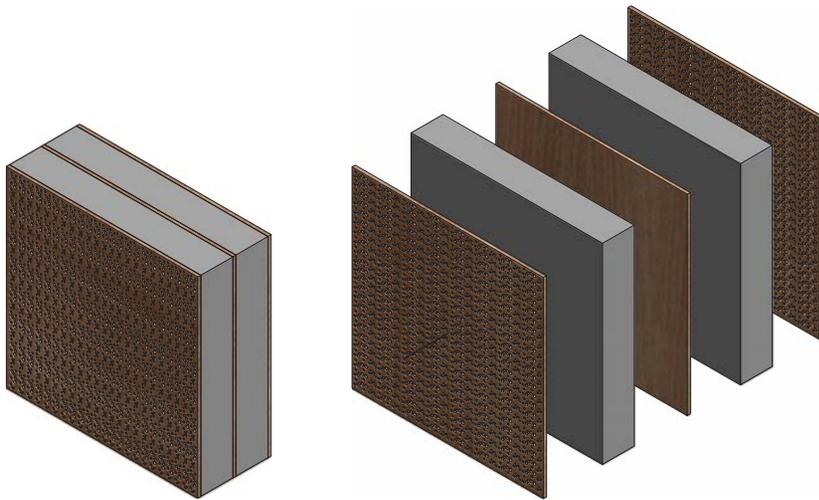
Teniendo en cuenta esto, se adosa a la parte posterior un material absorbente acústico ya sea espuma de poliuretano o fibra de mineral o vidrio, se deja un espacio interior, cámara de aire que puede variar entre los 5 a 20 cm y se cierra con una placa sin perforar. Para esto tenemos los dos casos:

a)



En este caso, tenemos el revestimiento de madera, perforado en uno de sus lados, luego el material absorbente, y luego el revestimiento sin perforar que actúa como capa de reflexión de las ondas de sonido disminuyendo su intensidad.

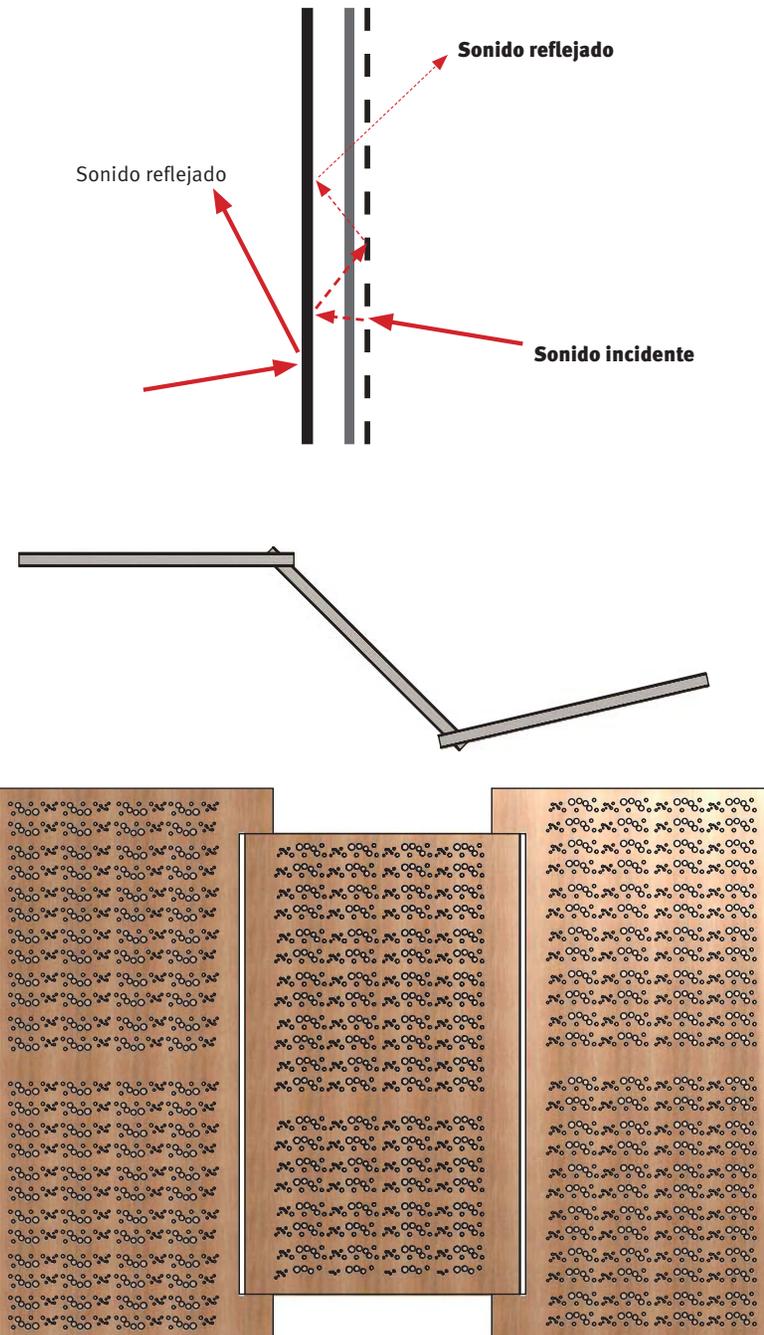
b)



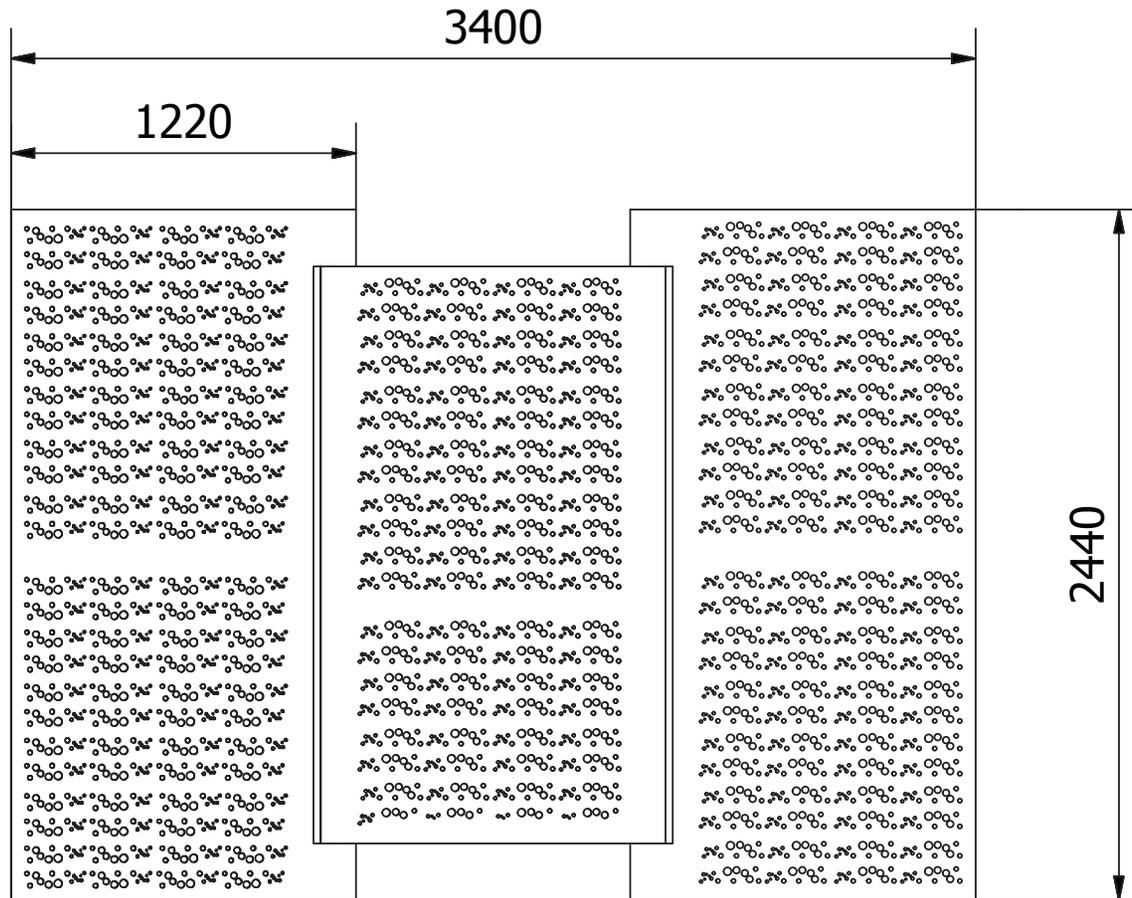
En esta situación, tenemos otra forma de disponer el material, Para general el efecto de barrera, se coloca un panel rígido sin perforar en el centro de las dos placas de madera perforada con sus respectivas espumas absorbentes, con este método podemos ocupar ambas caras del biombo, el problema es que al ser así, se gana mucho espesor, y mucho material, lo que puede ocasionar que el biombo pese demasiado e imposibilite la cualidad de ser movable.

**Biombo acústico con 1 cara perforada**

El panel cuenta con 3 caras movibles, desde un lado las caras están perforadas, con diámetros de distintas medidas, el grosor de esta lámina de revestimiento es de 5 mm y se encuentra perforada en un 75% en su interior se encuentra adosada a esta capa, una capa de fibra de vidrio de un grosor de 5 cm, mientras más gruesa y con mayor densidad es mejor la absorción, puede que esta capa de fibra mineral o de vidrio pueda ser reemplazada por espuma de poliuretano del mismo grosor, después de esta se deja un espacio de aire en el interior y luego la capa de revestimiento rígida sin perforaciones de 5 mm.



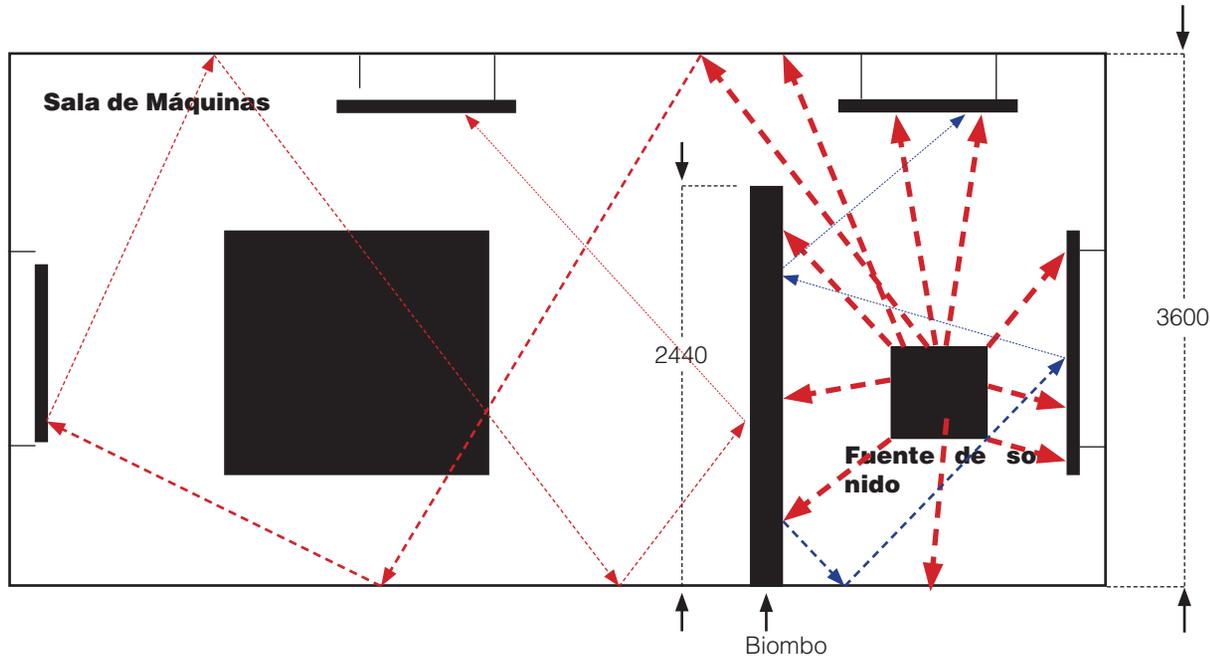
Dimensiones



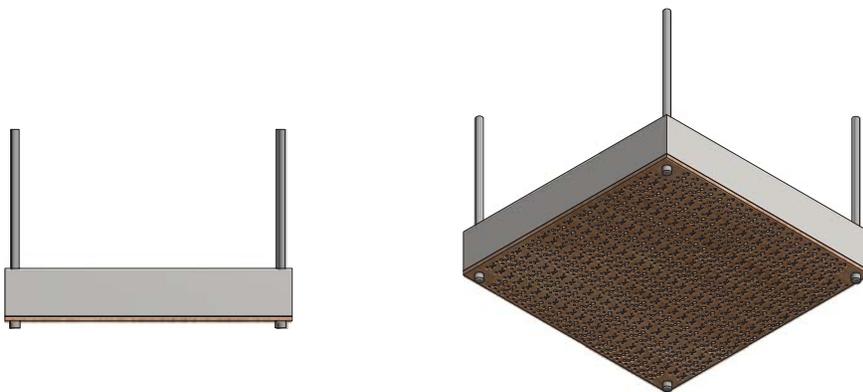
Las dimensiones del panel esta vez son a lo largo y ancho del tamaño original de la plancha de terciado; 1220 x 2440 mm. La idea es abarcar el mayor espacio posible a lo largo, tratando de llegue lo más cerca posible al cielo de la sala lo que ayudaría a imposibilitar el paso de las ondas directas desde una fuente de sonido. Lo ideal siempre sería encapsular la fuente de sonido para que el sonido no escapara pero como en este caso no se puede, se debe tratar de bloquear lo que más se pueda desde afuera.

**Acá aparece lo que se llama el campo sonoro directo y el campo sonoro reverberante, el campo sonoro directo es direccional, es el sonido que se escucha directamente desde la fuente de sonido, y el campo sonoro reverberante es a direccional y confuso ya que son las ondas sonoras que son reflejadas en las paredes del lugar, es por esto que se debe tratar de amortiguar lo que más se puede el campo sonoro directo para que la reverberación sea de mucho menor intensidad**

Proposición

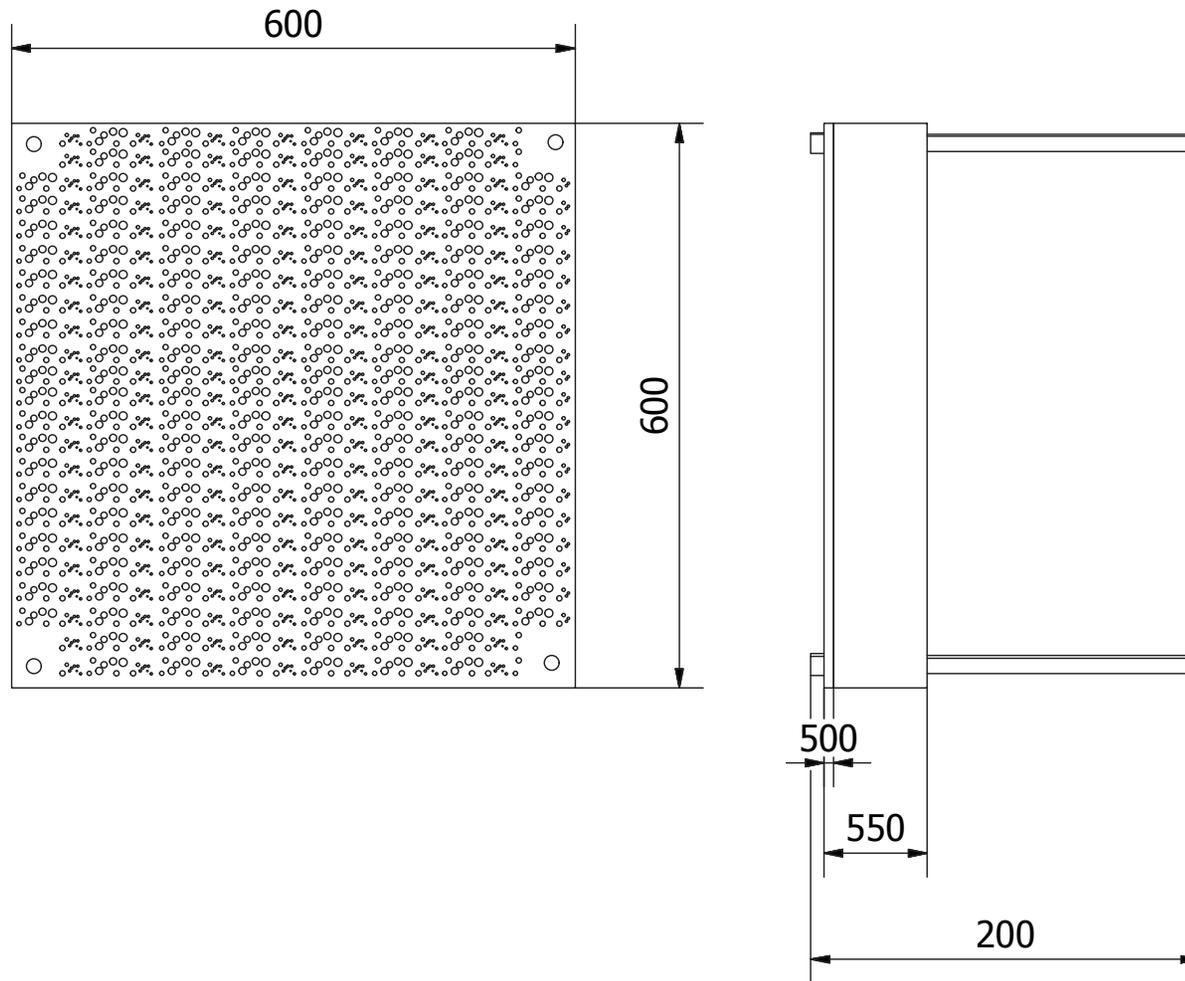


El panel cubre los 2440 mm hacía el techo, quedando un espacio de al rededor de un metro que no es cubierto por ni una superficie absorbente al sonido directo de la fuente de sonido, que es el que hay que evitar que se expanda provocando la reverberación. La proposición es trabajar el entorno directo a la fuente de sonido, como esta tiene que quedar despejada para la intervención y trabajo de las personas, si piensa en un tipo de revestimiento en el techo y la pared cercana, generando un espacio “cerrado” que perite que las ondas directas se reflejen en las superficies absorbentes y disminuya el campo sonoro reverberante, que de igual forma va a seguir existiendo pero en menor cantidad, como se representa en el esquema.



*“En general se instalan suspendidas por medio de bastidores a cierta distancia de la losa. Cuanto mayor es la separación, mejor es la absorción resultante, sobre todo si se intercala algo de lana de vidrio.”*

## Propuesta Formal 5



Concluyendo; el panel sufre dos modificaciones para mejorar su eficacia, se establece una plancha que impide el traspaso de las ondas sonoras de una cara a la otra en el biombo, esta plancha puede ser interior o exterior. Se considera que la capa de material absorbente debe ser de más grosor y de más densidad, y se puede usar espuma de poliuretano o en su preferencia lana mineral o de vidrio. Las capas de revestimiento al material absorbente deben ser perforadas o ranuradas en distintos tamaños, de forma no uniforme, lo que hará que la superficie sea más irregular, preferencialmente perforada sobre el 50% del material.

La distribución de material acústico en la sala de máquinas o en otro lugar, debe comprender el hacer que la fuente de sonido quede rodeada lo que más se pueda por este, ya sea sus paredes o como una barrera que no obstruya el paso de las personas, impidiendo que el campo sonoro directo no se expanda demasiado y que el campo sonoro reverberante sea absorbido por el material acústico en el resto del lugar.



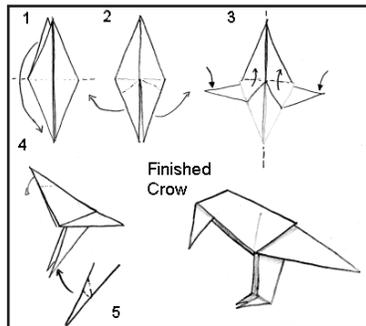
# Capítulo III

---

## Anexos

## Ingeniería del Papel

Ingeniería de papel o papiroflexia, Origami, kirigami, Kusudama, Maquigami, son técnicas en papel milenarias. No debemos confundir plegar papel con rasgar o cortar papel, es decir, el “kirigami” y el “maquigami” son totalmente distintos al origami. El kirigami es el arte y la técnica de cortar el papel dibujado, con tijeras. Su término deriva de las palabras japonesas “KIRU” = cortar y KAMI = papel. El maquigami es el arte y técnica de trabajar el papel para rasgar, unir, doblar arrugar, etc., Únicamente con las manos. Se origina del término quechua MAQUI = mano y KAMI = papel. Kusudama (de kusu (japonés= kusuri), medicina, y de dama (japonés= tama), bola) es otra manera de hacer origami (papiroflexia) con varios módulos de papel (dos o tres piezas, muchas veces hasta cien o más) que pueden ser de lo más simple hasta lo más complejo dependiendo del número de piezas de que se componga.



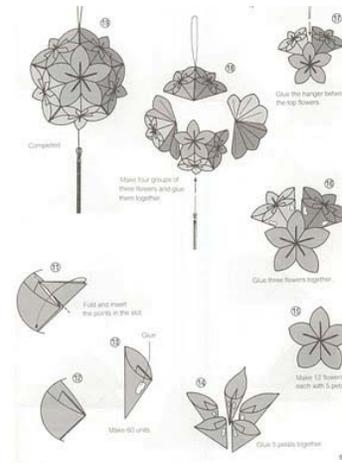
### ORIGAMI

Es el arte de origen japonés consistente en el plegado de papel para obtener figuras de formas variadas. En el origami no se utilizan tijeras ni pegamento o grapas, tan sólo el papel y las manos. Aún así, con sólo algunas hojas de papel pueden obtenerse distintos cuerpos geométricos



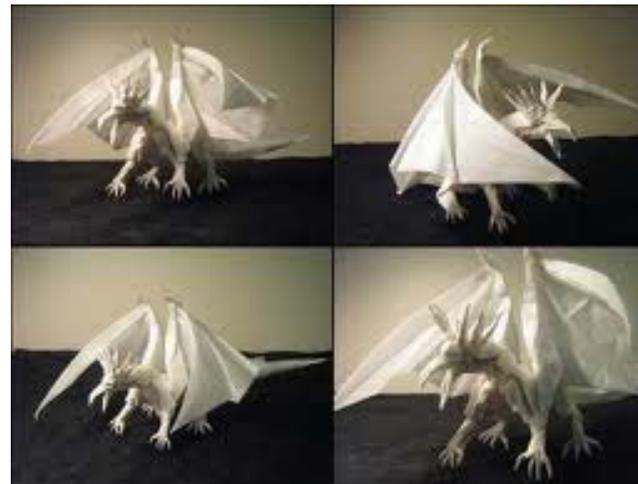
### KIRIGAMI

Es el arte del papel recortado. Por ello el kirigami se concibe como un medio, y no como un fin en sí mismo. El objetivo no es saber hacer o no kirigami, sino saber usarlo.



### KUSUDAMA

Es otra manera de hacer origami (papiroflexia) con varios módulos de papel (dos o tres piezas, muchas veces hasta cien o más) que pueden ser de lo más simple hasta lo más complejo dependiendo del número de piezas de que se componga.



### MAKIGAMI

Es un arte de creación de figuras rasgando el papel únicamente con las manos, y sin trazo previo de la figura a rasgar. Es similar al kirigami, con la diferencia que el kirigami usa tijeras

Esta clase de ingeniería del papel son los dibujos con relieve; Los efectos de los mecanismos son dinámicos y tridimensionales, se dan por sí solos o pueden mezclarse para hacer parecer más formas y mecanismos. Desde esta lógica nacen variados tipos de manipular el papel, unos solo con pliegues, otros con cortes de tijera, unos con pegamento y otros sin él.



ABC-3D  
El libro pop-up ABC-3D de la artista Marion Bataille, posee plegados (origami), solapas que se levantan (flaps), pestañas que se jalan (pull-tabs) e imágenes emergentes (pop-outs) de cada una de las letras del abecedario.

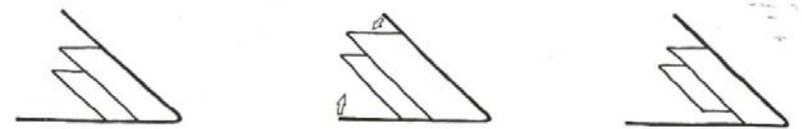
### LIBROS POP-UP

El epíteto pop-up se suele aplicar a cualquier libro tridimensional o móvil, aunque apropiadamente el término “libro móvil” abarca los libros pop-ups, transformaciones, libros de (efecto de) túnel, solapas que se levantan (flaps), pestañas que se jalan (pull-tabs), imágenes emergentes (pop-outs), mecanismos de tiras que se jalan (pull-downs) y más, cada uno de los cuales funciona de una manera diferente.

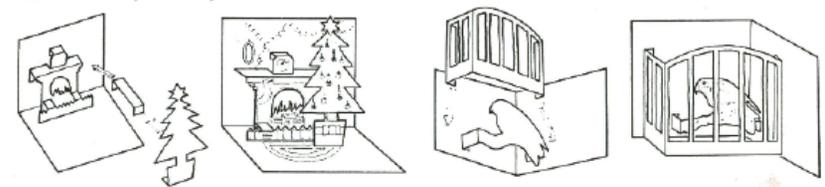
### 1 MECANISMO “MÚLTIPLES CAPAS”

Todas las capas de este mecanismo son paralelas, unas con otras y también a la base del área. Cada imagen o fotografía es plana, pero por medio de múltiples capas, una impresión de profundidad es creada. Esta impresión puede ser aumentada en caso necesario por el detalle y definición de los dibujos utilizados en primer plano y fondo capas

En teoría cualquier número de capas es posible siempre que cada espacio es un paralelogramo, en la práctica, es mejor no tener demasiados o la mayor parte de papel impide que la tarjeta de cierre correctamente.



Este mecanismo es generalmente destinados a ser vistos cuando el ángulo entre la base aérea es de  $90^\circ$ , lo que da una esquina cuadrada o bien una horizontal y una vertical.

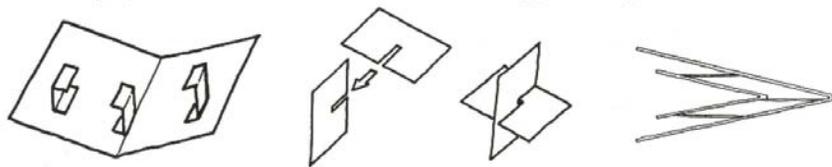


## 2. MECANISMO “CAPAS FLOTANTES”

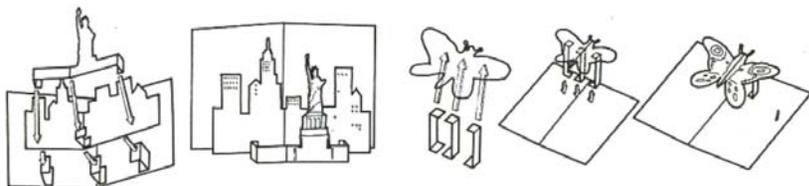
En este mecanismo capas flotan y son paralelas a la base, que se abre en forma plana.

Este mecanismo es similar al mecanismo 1 que puede haber varias capas que son paralelas a la base aérea, Sin embargo, es diferente, ya que se destina a ser abierta hasta que la base es plana.

El modelo de trabajo muestra cómo la capa flotante principal es servir de soporte a un capa secundaria que puede ser acoplado a incrementar la aparente profundidad.



La base se percibe a estar en posición vertical, las capas flotan en frente de la puerta. Si la base se percibe a ser horizontal, a continuación, flotan por encima de ella. Estos dos ejemplos muestran cómo esto puede ser usado para crear las escenas.



## 3. MECANISMO “PLIEGUE V”

El modelo muestra dos variaciones de v-pliegue solo y cómo fortalecer a unirse con la aprobación de un colgajo a través de una ranura. El modelo también muestra cómo la fuerza del v-pliegue puede utilizarse para levantar nuevas capas horizontales y verticales

El nombre v-pliegue proviene de la forma que las aletas en la base. El tamaño de los ángulos en cualquiera de los dos lados de la línea central no es importante, pero deben ser iguales

Las aletas pueden ser escondidas de la vista



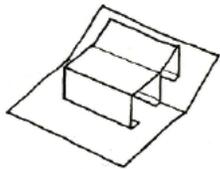
También puede ser escondida en el diseño de la escena



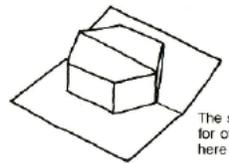
### 4. MECANISMO “CAJA”

El efecto de este mecanismo es hacer una caja rectangular de alta rigidez, ya que se encuentra directamente en la base con dos lados paralelos al eje. La forma de cuadro se pueden adaptar fácilmente para formar diseños básicos que son verdaderamente tridimensional

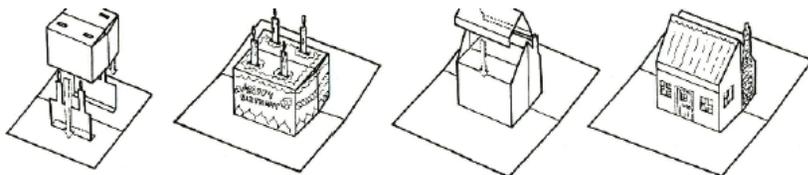
Este mecanismo es un buen ejemplo de cómo un pequeño cambio en la forma de mirar en un principio puede producir algo que me parece que es muy diferente, ya que es una simple adaptación del mecanismo 2 y bien podría describirse como capas flotantes con lados



El efecto de la central de apoyo es impulsar el techo plano, sin el cual el mecanismo seguirá funcionando, pero el techo nunca se vuelve bastante plana aunque los lados sean tirados en su totalidad



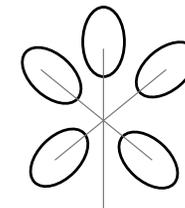
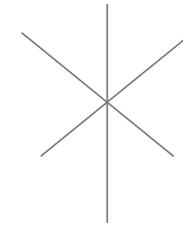
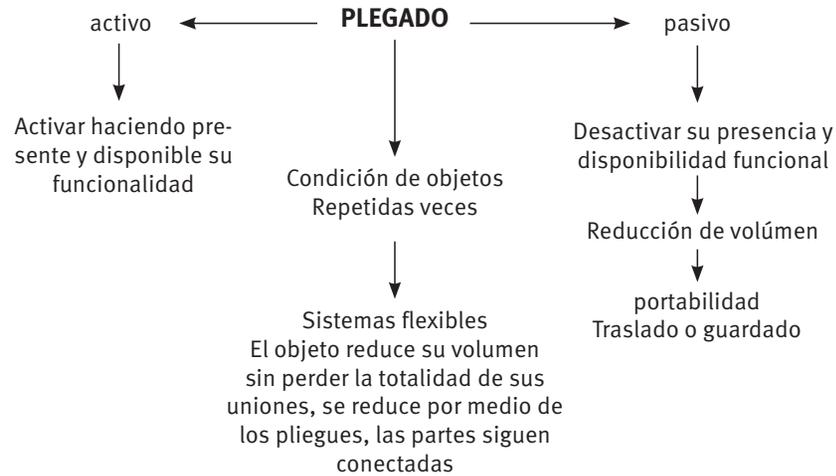
La misma idea puede utilizarse para otros cuadros de simetría, aquí un hexágono



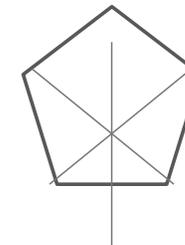


**SISTEMA PLEGABLE**

Tiene que ver con la relación entre el objeto y el espacio y el tiempo. El objeto abandona el espacio sin dejar huella, hay un desplazamiento físico y funcional que libera al espacio de su presencia anterior.



**ESTRUCTURA MODULAR**



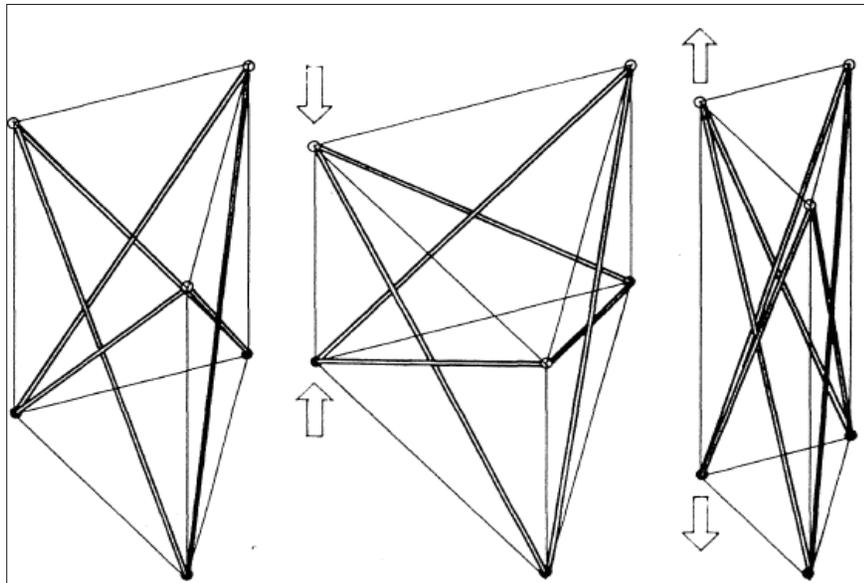
**ESTRUCTURA ESPACIAL ENVOLVENTE**

*“El desarrollo de una estructura, tal y como se aprecia en la naturaleza, puede ser por partes, lo que produce una estructura modular; o por conjunto, lo que produce una estructura espacial en la que la forma puede sufrir cambios y deformaciones que no alteran la estructura. Marcolli (1976) p. 190.”*

*“Estas deformaciones son causadas por procedimientos de tensión o por corte y plegado; de esta manera se puede pasar de una forma bidimensional a una tridimensional. Marcolli (1976) p. 190.”*

### ESTRUCTURAS ESPACIALES DESPLEGABLES DE BARRAS

Las estructuras espaciales de barras han sido enormemente utilizadas en distintos campos de la tecnología desde principios de siglo. Su primer uso fue en técnicas aeroespaciales para obtener estructuras ligeras y fue a partir de 1930 cuando comenzó su utilización en estructuras de edificación, sobre todo para cubiertas de grandes luces. La complejidad de su cálculo las confinó en principio a diseños experimentales y solo con el advenimiento del computador electrónico se han convertido en tipología habitual de uso en el diseño.

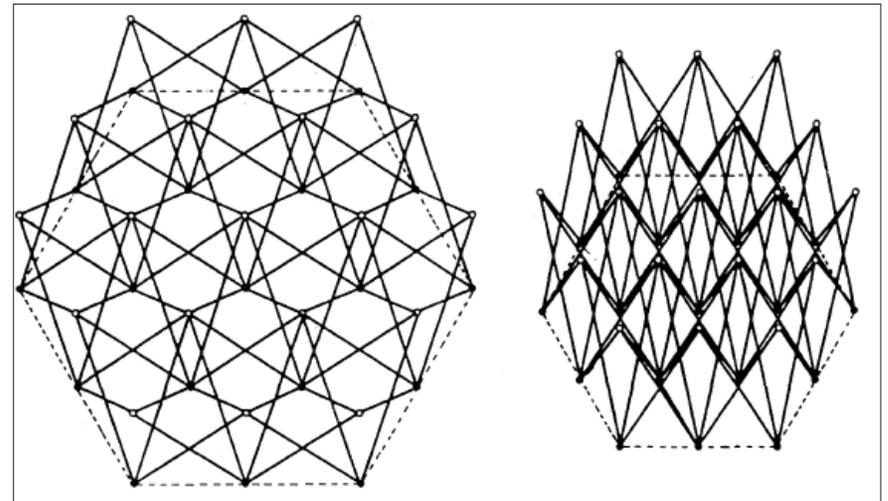


ESTRUCTURA MODULAR

**MODULACIÓN:** Hace referencia al establecimiento de un reducido número de elementos que genera el conjunto por acumulación de ellos.

**RIGIDEZ:** Se refiere a la estabilidad geométrica que hace a la estructura capaz de resistir su propio peso y las cargas aplicadas si n otras deformaciones que las elásticas

**FORMA DEFINITIVA:** Implica la definición formal y la constancia de las dimensiones que solo podrá variarse desmontando los módulos o elementos y emplazándolos con otra configuración.



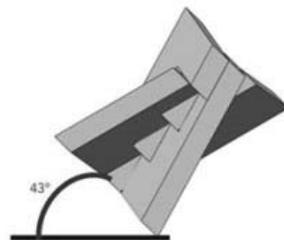
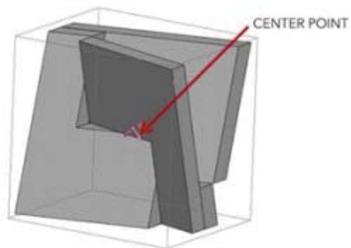
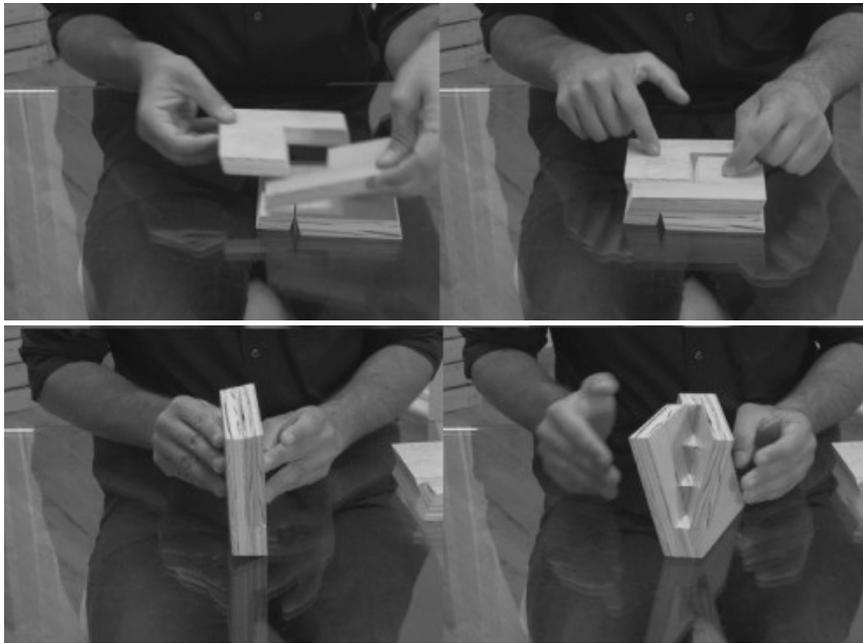
ESTRUCTURA ESPACIAL ENVOLVENTE

### SISTEMA PLEGABLE – DESPLEGABLE

#### QUADROR (2006) / Dror Benshetrit

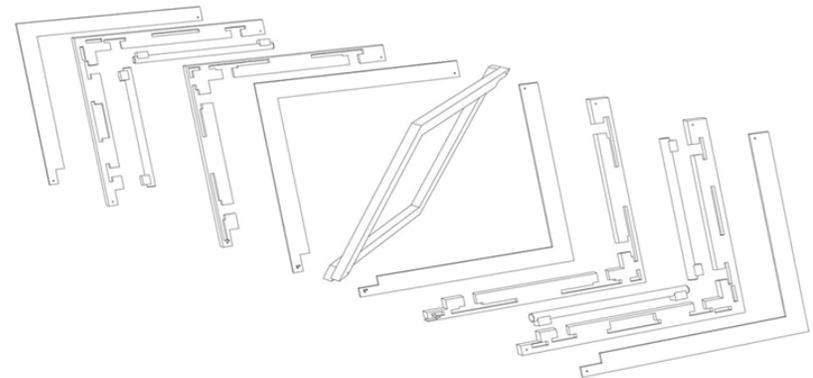
Es un sistema de soporte estructural que a través de un juego geométrico genera múltiples iniciativas de diseño y puede adaptarse a varias condiciones y configuraciones espaciales. QuaDror como “un nuevo nudo estructural para celosías espaciales que se desarrolla en varios diseños adaptables a diferentes condiciones y configuraciones”.

El sistema modular consiste en unir 4 piezas planas en forma de L permitiendo el giro en dos de sus vértices para lograr de esta forma un volumen en 3D que se puede copilar y lograr múltiples aplicaciones tanto en arquitectura, interiores y arte.



#### Floor Chandilier (2007) / Dror Benshetrit

Esta pieza, desplaza la araña del techo a suelo (lámpara). Líneas claras entretejen 6.400 cristales de Swarovski en un patrón de rejilla. Cuando el cuadro se abre, la red se transforma en dos parábolas de barrido. El marco en sí es una patente Dror: un sistema de bisagra auto-bloqueo sin sujetadores. Cuatro tiras incandescentes se colocan en las paredes internas de la estructura, la creación de un ambiente dramático como los destellos de luz a través de la banda curvada de los cristales.



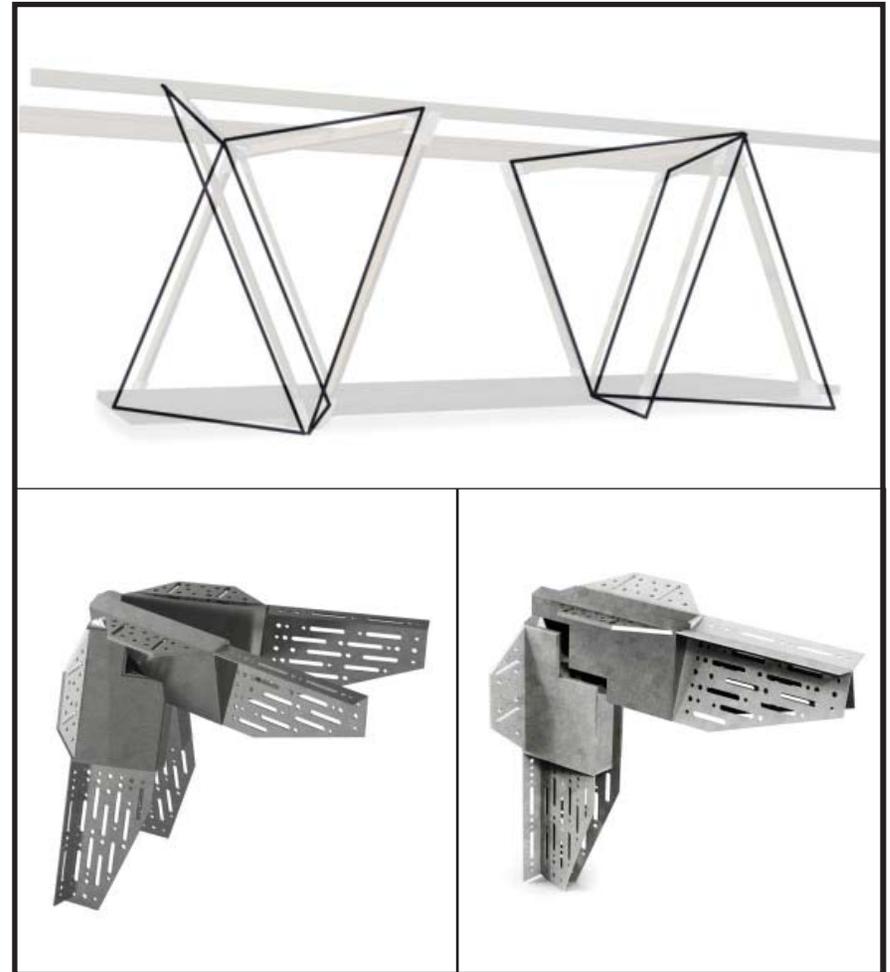
Sistema estructural: Sistema de bisagra auto-bloqueo

### Studio Dror (2010) / Dror Benshetrit

Consiste en dos estructuras de base de madera en tonos natural y grafito, que soportan una cubierta que tiene una serie de compartimentos y cajones, además de parlantes y conexiones invisibles para iPhone y iPad. Las estructuras de las patas están construidas con un sistema creado por la oficina de diseño, el sistema QuaDror, que se basa en cuatro piezas idénticas en forma de L que se encajan y dan como resultado diversos soportes estructurales de rápido montaje y usos variables.



Sistema estructural: Sistema de bisagra auto-bloqueo

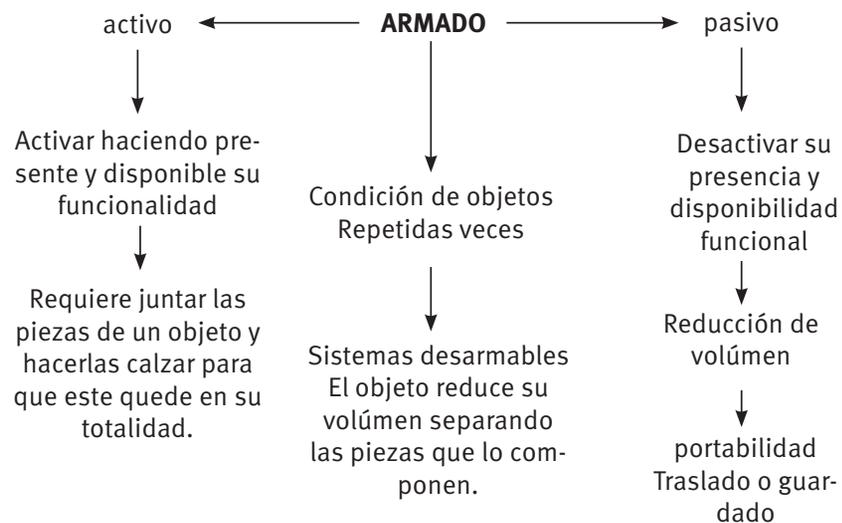


Este sistema constructivo también forma una estructura espacial envolvente a través de pequeñas sub-partes, estas partes se unen por medio de piezas más pequeñas, ya sea tornillos, clavos o alguna especie de traba, lo que permite la unión permanente o momentánea.

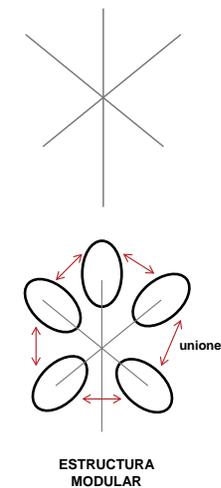
Las uniones desarmables son aquellas que reúnen varias piezas de manera solidaria y forman con ellas una misma pieza; pero que permiten, en todo momento, la separación de las piezas unidas, mediante una maniobra fácil que no deteriora los elementos.

### SISTEMA ARMABLE/DESARMABLE

El objeto abandona el espacio sin dejar huella, hay un desplazamiento físico y funcional que libera al espacio de su presencia anterior. En el proceso de traslado hay un cambio en la forma de este, que deja entrever el paso de un estado activo al pasivo. El diseño da solución a estos requerimientos, buscando la optimización del espacio.



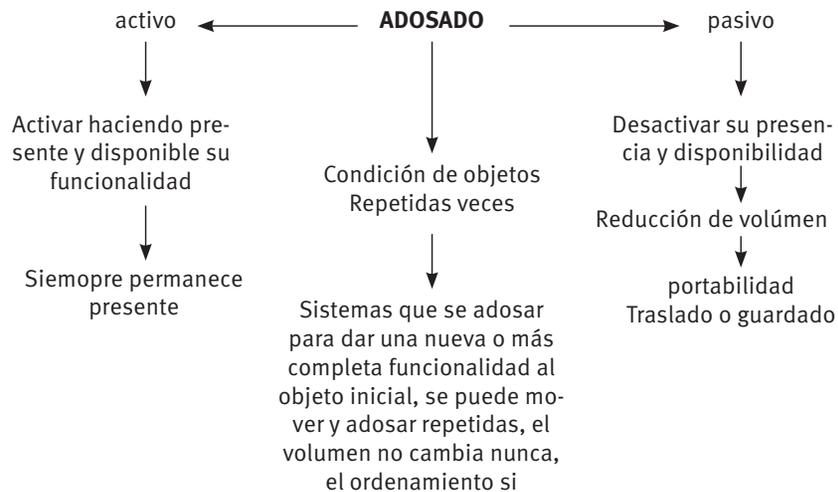
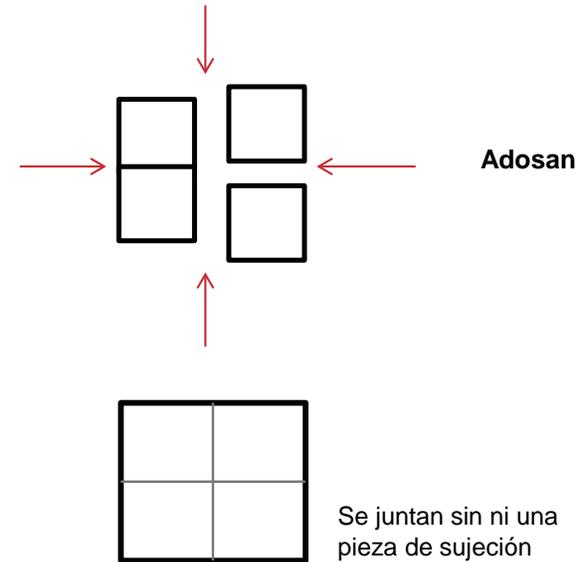
En una bicicleta, por ejemplo, se unen con tornillos las piezas del mecanismo de rueda libre, ejes y horquilla, manivelas y pedales y llantas. En el montaje de una motocicleta o automóvil intervienen, ordinariamente, cientos de tornillos, tuercas y arandelas, pernos roscados, etc. Todas estas piezas, cuando ello es necesario, (en las reparaciones) se pueden desmontar y volverlas a montar.



## SISTEMA ADOSABLE

Adosar: Poner una cosa junto a otra que le sirve de respaldo o apoyo. En este caso, a diferencia de la plegabilidad o la armabilidad, el objeto nunca desaparece o aparece en el espacio, si hay un desplazamiento físico y funcional, pero tanto como cuando se adosa o cuando se retira el objeto como tal sigue permaneciendo ahí.

La mayoría de las veces su funcionalidad esta activa ya que este se mueve o traslada con el fin de unir piezas más pequeñas para conformar un objeto sin la necesidad de algún tipo de unión extra, como en el caso de los objetos armables.



*“La adosabilidad; Capacidad de los objetos de unirse unos a otros y construir totalidades (la parte y el total): desaparece la unidad y aparece el total o viceversa. Por ejemplo los llamados muebles modulares, los andamios, los carros de los supermercados que al adosarse disminuyen su extensión, al igual que los objetos que se apilan (sillas, vasos cónicos, etc.).”*  
 La embarcación amereida, Boris Ivelic



### DEFINICIONES ACÚSTICAS

#### A

**Absorción del sonido:**

Propiedad que poseen materiales, estructuras y objetos de convertir el sonido en calor, dando como resultado la propagación en un medio o la disipación cuando el sonido golpea una superficie o el proceso de disipación de la energía sonora.

**Absorción sonora:**

Ver coeficiente de absorción sonora.

**Acústica:**

Parte de la física, que trata de la producción, control, transmisión, recepción y audición de los sonidos, y también, por extensión, de los ultrasonidos. Área de absorción sonora equivalente de un recinto Área imaginaria de una superficie totalmente absorbente sin efectos de dirección que, si fuera el único elemento absorbente de una sala, daría el mismo tiempo de reverberación que el recinto considerado.

**Aceleración de vibración:**

Tasa de cambio de velocidad y dirección de una vibración, en una dirección especificada. Se ha de identificar la anchura de banda de frecuencia.

**Aislamiento del sonido:**

Capacidad de una estructura o material para impedir que el sonido llegue a una habitación receptora. La energía sonora no es necesariamente absorbida; ha menudo el principal mecanismo son las reflexiones de vuelta hacia la fuente.

**Aislador de vibración:**

Soporte flexible diseñado para reducir la vibración transmitida a la estructura de apoyo.

**Amortiguación:**

Disipación de la energía en un sistema oscilante, con el tiempo o a distancia.

#### B

**Banda:**

Un segmento del espectro de frecuencia.

**Banda auditiva crítica:**

(1) La frecuencia de banda del sonido que contiene una potencia sonora igual a la de un tono puro centrado en la banda crítica y mínimamente audible en presencia del ruido de banda ancha.

(2) frecuencia de la banda dentro de la cual la sonoridad de un sonido distribuido continuamente de nivel de presión sonora constante es independiente de su anchura de banda.

**Belio:**

Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades proporcionales a la potencia; el número de belios correspondiente a esta relación es el logaritmo de base 10 de la relación. [1 belio = 10 decibelios (dB).]

#### C

**Cabina audiométrica:**

Una cabina o habitación que se utiliza para el examen auditivo; está aislada contra el ruido exterior e incorpora algún absorbente del sonido.

**Cámara anecoica:**

(cámara de campo libre): Una habitación cuyos límites absorben prácticamente todo el sonido incidente sobre ellos, aportando por tanto esencialmente condiciones de campo libre.

**Cámara de reverberación:**

Habitación que tiene un tiempo de reverberación largo, especialmente diseñada para hacer todas las superficies tan reflectantes del sonido como sea posible y para hacer el campo sonoro dentro de ella tan difuso como sea posible.

Cámara de ensayo con un suelo duro, reflectante, pero en que las demás superficies absorben esencialmente todo el sonido que incide sobre ellas, aportando por tanto condiciones de campo libre por encima del plano reflectante.

### D

**Decibelio:**

Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales a la potencia; el número de decibelios es diez veces el logaritmo (de base 10) de esta relación. En muchos campos sonoros, las relaciones de presión sonora no son proporcionales a las correspondientes relaciones de potencia, pero es una práctica habitual ampliar el uso de la unidad a tales casos. Un decibelio es un décimo de un belio. Símbolo de la unidad: dB.

**Decibelio A ( dBA )**

Es el nivel de presión sonora medido con el filtro de ponderación A.

**Densidad de potencia espectral:**

El límite, a medida que la anchura de banda se aproxima a cero, de la potencia sonora dividido entre la anchura de banda establecida.

**Descenso logarítmico:**

En el descenso de la oscilación de frecuencia única, el logaritmo natural de la proporción entre dos amplitudes sucesivas cualesquiera del mismo signo.

**Desplazamiento de umbral:**

Un aumento en el umbral de audición para una frecuencia determinada; por ejemplo, como resultado de la exposición al ruido.

**Desplazamiento de umbral transitorio:**

El componente del cambio de umbral que muestra una reducción progresiva con el paso del tiempo, cuando se retira la causa del cambio.

**Desplazamiento permanente de umbral inducido por el ruido:**

Pérdida auditiva permanente que resulta de la exposición al ruido.

### E

**Eco:**

Un sonido que ha sido reflejado con la suficiente magnitud, pero con un tiempo de descenso tal que puede distinguirse como una repetición del sonido directo.

**Eco de oscilación del sonido:**

Una rápida, pero regular, sucesión de ecos que se origina a partir de la misma fuente sonora.

**Efecto de coincidencia:**

De un panel o partición, un fenómeno que se produce cuando la longitud de onda de una onda de flexión en un panel es igual a la de la onda de la misma frecuencia viajando en el aire.

**Efecto Doppler :**

Variación aparente de la frecuencia de una onda, que se debe a una variación de la distancia entre la fuente y el observador.

**Energía sonora:**

Energía total en esta zona menos la energía que existiría en la misma zona del medio sin ondas sonoras presentes.

Unidad: julio.

Toda onda sonora va acompañada de un flujo de energía mecánica. El valor promedio de dicha energía acústica por unidad de tiempo se conoce como Potencia Acústica,  $W$ , y se mide en watts. Ahora, si esta energía por unidad de tiempo atraviesa una unidad de superficie normal a la dirección de propagación nos referimos a la Intensidad Acústica,  $I$ .

### F

**Factor cresta (pico):**

De una cantidad oscilante, la proporción entre el valor pico y el valor rms.

**Factor de directividad:**

De un micrófono, la proporción entre el cuadrado de la sensibilidad del campo libre y las ondas sonoras que llegan a lo largo del eje principal, respecto a la sensibilidad media al cuadrado de una sucesión de ondas sonoras que llegan al transductor con igual probabilidad desde todas las direcciones.

**Fase de una cantidad periódica:**

Para un valor particular de la variable independiente, la parte fraccional de un período a través del cual ha avanzado la variable independiente, medida a partir de una referencia arbitraria.

**Filtro:**

Un aparato para separar los componentes de una señal sobre la base de su frecuencia.

**Filtro de paso de banda:**

Un filtro con una banda única de transmisión que se extiende desde el borde de una banda de frecuencia inferior mayor que cero hasta una frecuencia de corte superior finita.

**Frecuencia:**

(1) De una función periódica en el tiempo, el número de veces que la cantidad se repite a sí misma en un segundo (v.g., número de ciclos por segundo).

(2) El recíproco del período. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz. Ejemplo: Notas musicales y su correspondiente frecuencia expresadas en Hertz.

### G

**Grados de libertad:**

De un sistema mecánico, el número mínimo de coordenadas independientes generalizadas que se requieren para definir completamente la configuración del sistema en cualquier instante de tiempo. H

**Habitación fuente:**

Una habitación que contiene una o varias fuentes de ruido.

**Habitación muerta:**

Una habitación que se caracteriza por una cantidad inusualmente grande de absorción sonora.

**Habitación viva:**

Una habitación caracterizada por una cantidad relativamente pequeña de absorción del sonido.

### I

**Impacto:**

Una colisión única de una masa en movimiento con una segunda masa que puede estar en descanso o en movimiento.

**Impedancia acústica:**

De un medio acústico en una superficie dada, y para un frente de onda, es el cociente complejo de la presión acústica (fuerza por unidad de superficie) sobre dicha superficie, por el flujo (velocidad volumétrica o lineal, multiplicada por la superficie) que pasa por ella. Si se consideran las impedancias en un punto de transmisión y no las generales, la impedancia de ese punto se define por el cociente complejo de la diferencia de presión eficaz sobre dicho punto por el flujo (velocidad volumétrica), entonces se habla de impedancia

acústica específica intrínseca. La impedancia acústica puede expresarse como una impedancia mecánica, que sea igual a la impedancia dividida por el cuadrado de la superficie considerada.

### L

#### **Longitud de onda:**

Distancia entre dos puntos correspondientes a una misma fase en dos ondas consecutivas, o bien, la distancia que recorre una onda sonora en un ciclo completo. La velocidad de una onda,  $c$ , es constante para unas condiciones de presión atmosférica y temperatura dadas, dependiendo únicamente del medio en que se propaga.

### M

#### **Máquina de impacto:**

Un aparato utilizado para valorar las distintas construcciones de suelo contra los impactos; produce una serie de impactos sobre el suelo que se examina, 10 veces por segundo.

#### **Melio:**

Una unidad de tono. Un tono puro, presentado frontalmente, con una frecuencia de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB re 20 micropascales produce un tono de 1000 melios.

#### **Micrófono:**

Es un transductor electroacústico que recibe una señal acústica (a su entrada) y proporciona a la salida oscilaciones eléctricas equivalentes.

#### **Micrófono de presión:**

Es un micrófono dependiente para su operación de la acción de la presión sonora en una sola cara del diafragma. No es direccional si sus dimensiones son pequeñas con relación a la longitud de onda.

#### **Micrófono de gradiente de presión:**

Micrófono cuya energía eléctrica de salida corresponde al gradiente de la presión acústica, aplicándose ésta a las dos caras de la membrana (micrófono bidireccional) que es lo suficientemente pequeña para ofrecer una pequeña oposición al paso de la onda sonora.

### N

#### **Nivel de aceleración de vibración:**

Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre el cuadrado de una aceleración de vibración determinada y el cuadrado de la aceleración de referencia. Habitualmente, la aceleración de referencia es 1 m/s<sup>2</sup>.

#### **Nivel de emisión de potencia de ruido:**

El logaritmo de base diez de la relación entre la potencia sonora con ponderación A y la potencia sonora de referencia de 1 picovatio (pW), habitualmente expresado en belios.

#### **Nivel de exposición al ruido de un suceso único:**

El nivel de exposición sonora de un suceso de ruido único (como un avión que sobrevuela o un camión que pasa), medido sobre el intervalo, entre los tiempos inicial y final, en que el nivel sonoro del suceso supera el nivel del ruido de fondo.

#### **Nivel de exposición sonora:**

(1) Para un período de tiempo o un suceso determinado, el logaritmo de la relación entre la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia y el producto de la presión sonora de referencia de 20 micropascales por la duración de referencia de 1 segundo (seg.). En decibelios,

10 veces el logaritmo de base 10 de esta relación; se asume la ponderación de frecuencia A, salvo que se especifique lo contrario.

(2) Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la relación entre la exposición y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel de exposición sonora día-noche:

Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la exposición sonora día-noche y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

### O

**Octava:**

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre dos valores, siendo el segundo el doble del primero.

**Oído artificial:**

Un aparato usado para calibrar los auriculares; el oído artificial incorpora un micrófono calibrado para medir la presión sonora y un acoplador acústico, de manera que la impedancia acústica global sea parecida a la del oído humano medio normal, en una banda de frecuencia determinada. Está equipado con un micrófono para la medición de la presión sonora desarrollada por el auricular. Onda: Una alteración que se propaga en un medio de tal manera que, en cualquier punto del medio, la cantidad que sirve como medida de la alteración es una función del tiempo; en tanto que, en cualquier instante, el desplazamiento en un punto es una función de su posición.

**Omnidireccional:**

Características de elementos electroacústicos que no privilegian ninguna dirección por sobre otra. Por ejemplo, una fuente de sonido omnidireccionales es aquella que radía la misma energía sonora en todas las direcciones y frecuencias.

**Onda difractada:**

Una onda cuyo frente ha sido cambiado de dirección, por un obstáculo u otra inhomogeneidad en el medio, de forma distinta a la producida por la reflexión o la refracción.

**Onda libre progresiva:**

Una onda que se propaga en un medio libre de los efectos de sus límites.

**Ondas esféricas:**

Ondas cuyos frentes son círculos concéntricos.

**Ondas estables:**

Ondas en que el flujo neto de energía es cero en todos los puntos.

### P

**Pantalla antiviento:**

Una cubierta porosa para un micrófono, diseñada para reducir la señal eléctrica producida por el micrófono, como resultado del ruido generado por el paso del viento sobre el micrófono.

**Patrón direccional:**

De un transductor eléctrico a una frecuencia determinada en un plano especificado, la descripción del nivel de sensibilidad en función de la dirección de propagación del sonido irradiado o incidente. Esta descripción suele darse gráficamente en coordenadas polares. (Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende que el eje de referencia es el eje principal.)

**Pérdida por inserción:**

De un atenuador del sonido, barrera del sonido u otro elemento diseñado para aportar reducción del sonido en una banda de frecuencia especificada, el descenso en el nivel de potencia sonora medido en el lugar del receptor cuando este elemento es insertado en la vía de transmisión entre la fuente de sonido y el receptor.

**Pérdida por transmisión:**

De una partición, para una banda de frecuencia especificada, la diferencia entre los niveles medios de presión sonora de la habitación reverberante fuente y la habitación receptora (expresada en decibelios), más diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre el área de la partición común y la absorción total en sabinos en la habitación receptora.

**Período:**

De una cantidad periódica, el menor incremento de la variable independiente para una función que se repite a sí misma.

**Pistófono:**

Un aparato, utilizado en la calibración de micrófonos, que produce una presión sonora conocida dentro de una cavidad cerrada mediante el movimiento de pistones; el micrófono que se calibra es insertado en la cavidad.

### R

**Rayos sonoros:**

Líneas que emanan de una fuente de sonido, que se dibujan perpendiculares al frente de onda, indicando la dirección de propagación del sonido.

**Reactancia acústica:**

Parte imaginaria de la impedancia acústica.

**Receptor:**

¡Una persona (o personas) o equipamiento que se ve afectado por el ruido.

**Recorrido libre medio:**

Es la distancia medía recorrida por una onda acústica en un recinto entre dos reflexiones sucesivas.

**Reducción del ruido:**

La diferencia en el nivel de presión sonora entre dos puntos cualesquiera a lo largo de una vía de propagación del sonido.

**Resistencia acústica:**

De un medio sonoro es el componente real de la impedancia, esto es, la componente de la impedancia que es responsable de la disipación de energía.

**Ruido blanco:**

Un sonido cuya densidad de potencia espectral es esencialmente independiente de la frecuencia. (El ruido blanco no tiene por qué ser ruido aleatorio.)

**Ruido de fondo:**

El ruido total de todas las fuentes distintas al sonido de interés (p. ej., otro que el sonido que se está midiendo u otra que el habla o la música que se está escuchando).

### S

**Sabino:**

Una unidad de medida de la absorción del sonido; una medida de la absorción del sonido de una superficie. Es equivalente a un  $ft^2$  de una superficie perfectamente absorbente; un sabino métrico es el equivalente a  $1 m^2$  de una superficie perfectamente absorbente.

**Sacudida (de un sistema mecánico):**

Una excitación no periódica de un sistema mecánico que está caracterizada por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

**Sacudida acústica:**

Una lesión en el oído producida por un ruido repentino e intenso, como el producido por una explosión o un estallido cerca de la cabeza, que produce cierto grado de pérdida auditiva permanente o transitoria.

**Sacudida mecánica:**

Una excitación no periódica (p. ej., un movimiento de la base o una fuerza aplicada) de un sistema mecánico que se caracteriza por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

**Sala viva:**

Es una sala que da la impresión subjetiva de tener una considerable reverberación.

**Sala muerta:**

Es una sala que da la impresión subjetiva de que no tiene reverberación.

**Sensibilidad axial:**

De un micrófono para una frecuencia especificada, la sensibilidad de campo libre a las ondas sonoras de plano progresivo cuya dirección de propagación es hacia el micrófono y a lo largo del eje principal.

### T

**Tapón auditivo:**

Un aparato de protección auditiva que se lleva dentro del canal auditivo externo.

**Tasa de descenso:**

A una frecuencia determinada, la tasa de tiempo a la que el nivel de presión sonora desciende en una habitación.}

**Tiempo de ascenso del pulso:**

El intervalo de tiempo requerido para que el borde conductor de un pulso se eleve desde una fracción pequeña especificada hasta una fracción mayor determinada del valor máximo.

**Tiempo de reverberación:**

De un espacio cerrado, para un sonido de una frecuencia o banda de frecuencia determinada, el tiempo que se requiere para que el nivel de presión sonora dentro de él decrezca 60 dB, después de haber cesado la fuente.

El tiempo de reverberación se puede expresar, según Sabine, como:  $T = 0,16 \frac{V}{A}$ , en que V es el Volumen de la sala, en m<sup>3</sup>, y A es la absorción acústica media de la sala, en m<sup>2</sup>.

**Tipos de ruido:**

Una clasificación que puede resultar útil a la hora de medir y evaluar un ruido es clasificarlo según el siguiente esquema:

- Ruido Estable es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.
- Ruido Fluctuante es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.
- Ruido Imprevisto es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

### U

**Ultrasonido:**

Oscilaciones acústicas con una frecuencia por encima del límite superior de frecuencia del sonido audible por el oído humano, aproximadamente 20.000 Hz.

**Umbral de audición (umbral de audibilidad):**

Para un oyente determinado, la presión sonora mínima de un sonido especificado que es capaz de evocar una sensación auditiva. Se asume que el sonido que llega al oído desde otras fuentes es insignificante. (Hay que especificar las condiciones generales de medición, por ejemplo, oír con un oído, dos oídos, en campo libre o con auriculares.)

**Umbral de audición normalizado:**

El valor modal de los umbrales de audición para un gran número de oyentes, con edades entre 18 y 30 años, que poseen oídos otológicamente normales.

**Umbral de dolor:**

Para un oyente determinado, el nivel mínimo de presión sonora de un sonido especificado que producirá una sensación definitiva de dolor en el oído.

**Umbral de inteligibilidad del habla:**

El nivel de presión sonora del habla en una banda de frecuencia establecida a la que pueden reconocerse con claridad el 50 por 100 de las palabras relativamente fáciles.

**Umbral del dolor normal:**

Valor modal del umbral para el dolor de un gran número de oyentes otológicamente normales, con edades entre 18 y 30 años.

### V

**Velocidad de partícula:**

En un campo sonoro durante un intervalo de tiempo especificado, la raíz cuadrática media de las velocidades instantáneas de las partículas, salvo que se establezca de otra manera.

### ¿Qué es el sonido?

El sonido es la vibración de un medio elástico, bien sea gaseoso, líquido o sólido. Cuando nos referimos al sonido audible por el oído humano, estamos hablando de la sensación detectada por nuestro oído, que producen las rápidas variaciones de presión en el aire por encima y por debajo de un valor estático. Este valor estático nos lo da la presión atmosférica (alrededor de 100.000 pascals) el cual tiene unas variaciones pequeñas y de forma muy lenta, tal y como se puede comprobar en un barómetro.

¿Como son de pequeñas y de rápidas las variaciones de presión que causan el sonido?. Cuando las rápidas variaciones de presión se centran entre 20 y 20.000 veces por segundo (igual a una frecuencia de 20 Hz a 20 kHz) el sonido es potencialmente audible aunque las variaciones de presión puedan ser a veces tan pequeñas como la millonésima parte de un pascal. Los sonidos muy fuertes son causados por grandes variaciones de presión, por ejemplo una variación de 1 pascal se oíría como un sonido muy fuerte, siempre y cuando la mayoría de la energía de dicho sonido estuviera contenida en las frecuencias medias (1kHz - 4 kHz) que es donde el oído humano es más sensitivo.

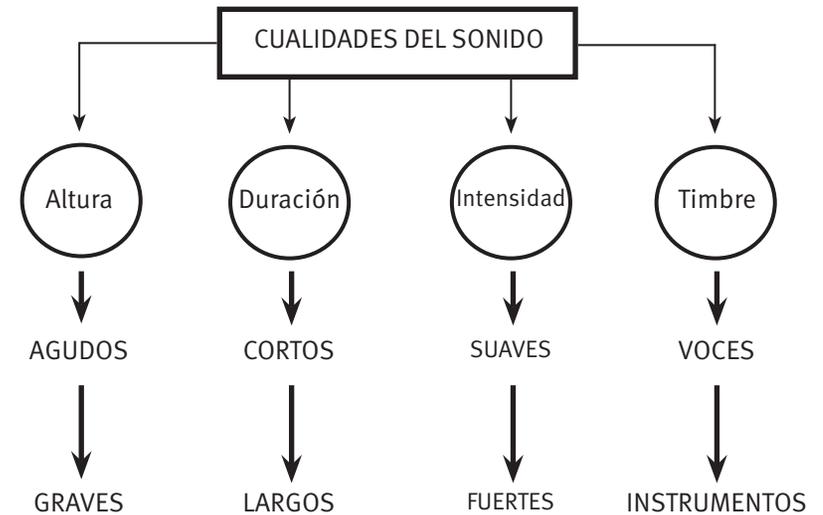
El sonido lo puede producir diferentes fuentes, desde una persona hablando hasta un altavoz, que es una membrana móvil que comprime el aire generando ondas sonoras.

### ¿Qué es la frecuencia fHz?

El sonido se produce como consecuencia de las compresiones y expansiones de un medio elástico, o sea de las vibraciones que se generan en él.

La frecuencia de una onda sonora se define como el número de pulsaciones (ciclos) que tiene por unidad de tiempo (segundo). La unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el hercio (Hz).

Las frecuencias más bajas se corresponden con lo que habitualmente llamamos sonidos “graves”, son sonidos de vibraciones lentas. Las frecuencias más altas se corresponden con lo que llamamos “agudos” y son vibraciones muy rápidas.



## Conceptos básicos del sonido

### Variaciones sonoras perceptibles

Dado un nivel de ruido estable, la variación del mismo debido a un incremento negativo o positivo de éste genera sensaciones distintas en función de dicha variación. La tabla cuantifica este concepto. Sin embargo, es necesario especificar que el hecho de que una variación sonora sea perceptible no indica el grado de mejora o molestia que pueda provocar, ya que estas dos “apreciaciones” son subjetivas

Variación del nivel sonoro	Descripción de la sensación de observación
0-2 dB	Imperceptible, se encuentra generalmente en la tolerancia de la medición
2-5 dB	Apenas perceptible, Ligera variación
5-10 dB	Variación netamente perceptible
10-20 dB	Variación notable
>20 dB	

### ¿Que es la Presion Acústica y el Nivel de Presion Acústica?

La presión sonora como hemos visto antes, es la presión que se genera en un punto determinado por una fuente sonora. El nivel de presión sonora SPL se mide en dB(A) SPL y determina el nivel de presión que realiza la onda sonora en relación a un nivel de referencia que es  $2 \times 10^{-5}$  Pascal en el aire.

Es el parámetro más fácil de medir, se puede medir con un sonómetro. Su valor depende del punto donde midamos, del local etc. Realmente no da mucha información sobre las características acústicas de la fuente, a no ser que se haga un análisis frecuencial de los niveles de presión, dado que el SPL siempre está influenciado por la distancia a la fuente, el local etc.

### Que es el Tiempo de Reverberacion?.

El Tiempo de Reverberación RT, es el tiempo que tarda una señal, desde que esta deja de sonar, en atenuarse un nivel de 60 dB. Para realizar la medida se genera un ruido y se mide a partir de que este deja de sonar, entonces se determina el tiempo que tarda en atenuarse 60 dB.

El Tiempo de Reverberación se mide de forma frecuencial, esto es, un local no tiene el mismo RT en 200 Hz que en 4 kHz. Ello es debido a que el RT viene determinado por el Volumen de la sala, y por los coeficientes de absorción de sus superficies, o si se prefiere por las superficies con un coeficiente de absorción determinado. Como los coeficientes de absorción de los diferentes materiales que componen cualquier local no son iguales para todas las frecuencias, las reflexiones generadas en el interior del local serán diferentes para cada frecuencia y por lo tanto el RT del local es diferente según las frecuencias.

Para calcular la RT de un local sin realizar mediciones se puede utilizar la fórmula de Sabine:

$$RT_{60} = 0,163 * (V/A)$$

V = Volumen de la sala en m<sup>3</sup> y A = Superficie de Absorción en m<sup>2</sup>

### ¿Que es la Presion Acústica y el Nivel de Presion Acústica?

La presión sonora como hemos visto antes, es la presión que se genera en un punto determinado por una fuente sonora. El nivel de presión sonora SPL se mide en dB(A) SPL y determina el nivel de presión que realiza la onda sonora en relación a un nivel de referencia que es  $2 \times 10^{-5}$  Pascal en el aire.

Es el parámetro más fácil de medir, se puede medir con un sonómetro. Su valor depende del punto donde midamos, del local etc. Realmente no da mucha información sobre las características acústicas de la fuente, a no ser que se haga un análisis frecuencial de los niveles de presión, dado que el SPL siempre está influenciado por la distancia a la fuente, el local etc.

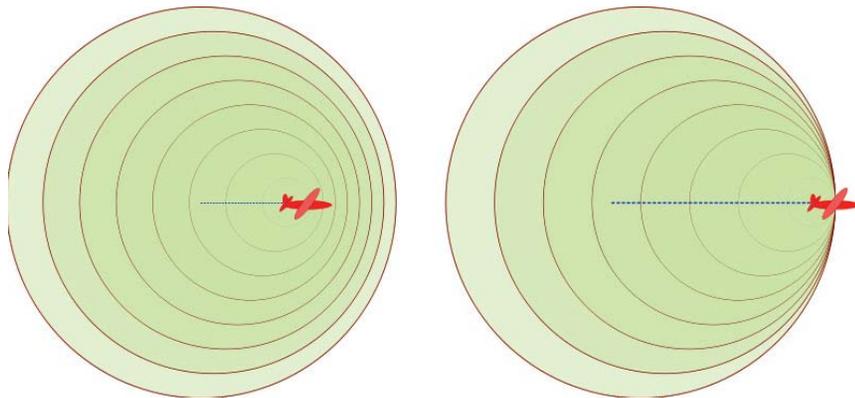
### ¿Qué es la onda sonora?

Una onda sonora es una onda longitudinal que transmite lo que se asocia con sonido. Si se propaga en un medio elástico y continuo genera una variación local de presión o densidad, que se transmite en forma de onda esférica periódica o cuasi periódica. Mecánicamente las ondas sonoras son un tipo de onda elástica.

Las variaciones de presión, humedad o temperatura del medio, producen el desplazamiento de las moléculas que lo forman. Cada molécula transmite la vibración a las que se encuentren en su vecindad, provocando un movimiento en cadena. Esa propagación del movimiento de las moléculas del medio, producen en el oído humano una sensación descrita como sonido.

### ¿Cómo se propaga la onda sonora?

Para propagarse precisan de un medio material (aire, agua, cuerpo sólido) que transmita la perturbación (viaja más rápido en los sólidos, luego en los líquidos aún más lento en el aire, y en el vacío no se propaga). Para que pueda comprimirse y expandirse es imprescindible que éste sea un medio elástico, ya que un cuerpo totalmente rígido no permite que las vibraciones se transmitan.



Una onda esférica, en física, es aquella onda tridimensional que se propaga a la misma velocidad en todas direcciones. Se llama onda esférica porque sus frentes de ondas son esferas concéntricas, cuyos centros coinciden con la posición de la fuente de perturbación.

### Onda mecánica

Es una perturbación que se produce en un punto de un medio elástico, apartando a una partícula cualquiera de su posición de equilibrio. No pueden propagarse en el vacío por lo que necesitan un material para hacerlo (agua, aire, cuerpo sólido)

### Onda longitudinal

Es una onda en la que el movimiento de oscilación de las partículas del medio es paralelo a la dirección de propagación de la onda

### Percepción humana de las ondas sonoras

El hercio (Hz) es la unidad que expresa la cantidad de vibraciones que emite una fuente sonora por unidad de tiempo (frecuencia). Se considera que el oído humano puede percibir ondas sonoras de frecuencias entre los 20 y los 20.000 Hz, si bien también se consideran rangos entre 16 Hz (aproximadamente la nota más grave de un órgano de iglesia: doo = 16,25 Hz) y 16.000 Hz (o 16 kHz). Las ondas que poseen una frecuencia inferior a la audible se denominan infrasónicas y las superiores ultrasónicas. La sensación de sonoridad es la percepción sonora que el hombre tiene de la intensidad de un sonido. La sonoridad se mide mediante una magnitud llamada fonio, que utiliza una escala arbitraria cuyo cero (el llamado umbral de audición) corresponde a  $I_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$  a 1 kHz.

### LA ACÚSTICA

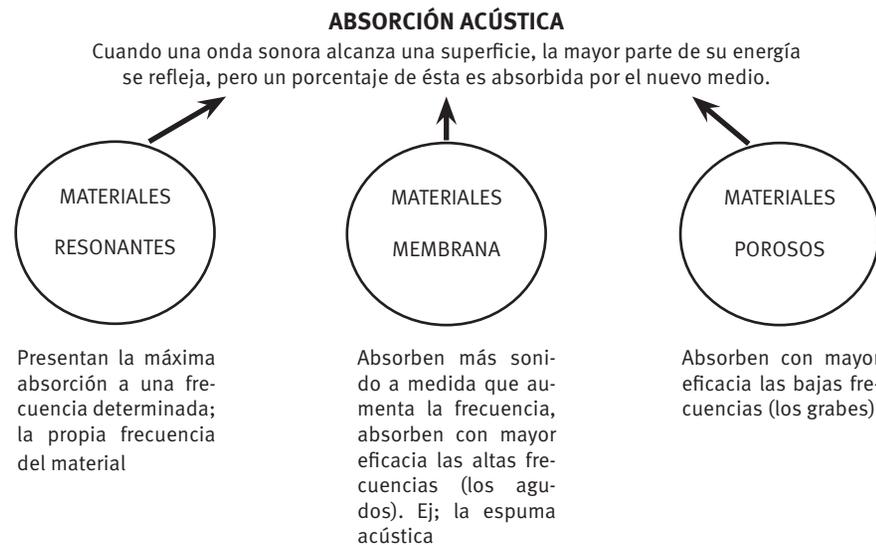
#### Absorción Acústica

La característica fundamental de los materiales absorbentes es transformar gran parte de la energía sonora que la atraviesa. Su misión, por tanto, que se refleje la mínima cantidad de sonido, de forma que la mayor energía sonora posible sea susceptible de ser transformada en calor por efecto Joule. No hay reglas fáciles para definir su comportamiento. Lo que se puede afirmar es que: “Todo material absorbente debe ser POROSO”. Esto quiere decir que debe permitir el paso del aire, para que el material pueda disipar las ondas sonoras en sus choques contra las paredes de las cavidades. Los materiales con celdas interiores de superficie cerrada, no pueden ser buenos absorbentes en ningún caso.

El espesor del material es importante para determinar la absorción máxima. La energía sonora penetra en el material sólo hasta determinada profundidad, a partir de la cual no sería necesario dar mayor espesor, pero si el espesor no es el adecuado se perderán posibilidades de absorción. Los parámetros más importantes que rigen el comportamiento de un material absorbente son:

- **Densidad**
- **Porosidad**
- **Geometría estadística de las celdillas**
- **Rigidez de su estructura**
- **Distancia del montaje de las superficies.**

La velocidad con que se mueve el aire debido a una onda sonora, es máxima a una distancia fija de las superficies rígidas, distinta para cada frecuencia. Para la velocidad máxima, también es máximo el rozamiento y por tanto la absorción.

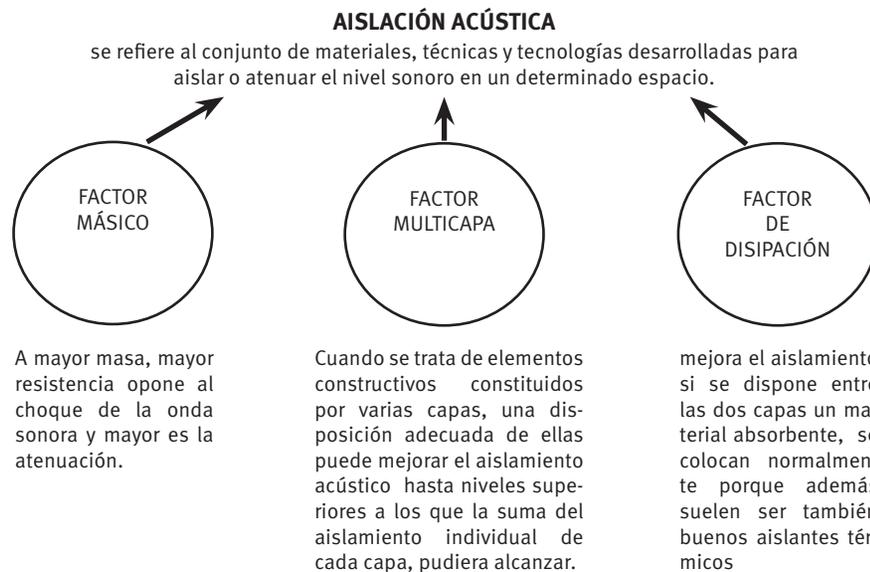


# Conceptos básicos del sonido

## Aislación Acústica

En el caso de la aislación sonora, esta técnica característica en la práctica del control del ruido y de la que debe esperarse una adecuada atenuación sonora, consiste básicamente en dividir mediante barreras físicas preferentemente con cierres totales, el sector que contiene a la o las fuentes sonoras del que se desea proteger, de tal manera que constituyan recintos estancos.

Existen variantes en las cuales la partición es solo parcial (barreras, biombos), o también que las fuentes queden en un ambiente tan pequeño como su funcionamiento lo permita (encapsulado) o que el personal a proteger ocupe recintos de dimensiones reducidas (cabina acústica). En todos los casos la predicción de la aislación a lograr depende del conocimiento que se posea de la capacidad aislante de los materiales a usar o del resultado de combinar a dos o más de ellos.



## Materiales Acústicos

### ABSORCIÓN SONORA

Placas fono-absorventes  
Lana de vidrio  
Lana de Roca

### AISLACIÓN SONORA

Aislante Vinílico Alta Densidad  
Placas de Yeso-Cartón  
Placas de fibrocemento  
Chapa metálica  
Poliestireno expandido (solo aislante de ruido de impacto)  
Paredes móviles acústicas

### ABSORCIÓN Y AISLACIÓN SONORA

Placas compuestas aislantes y Fonoabsorventes

### CONTROL DE VIBRACIONES

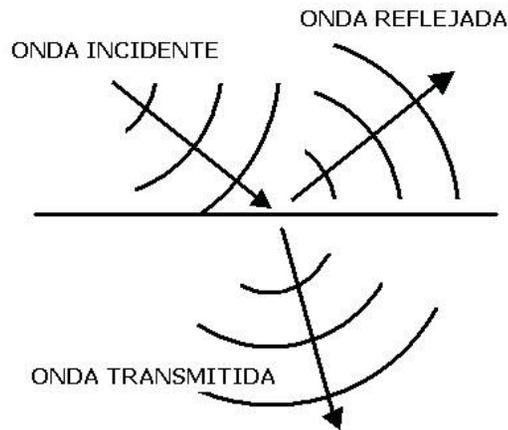
Amortiguadores antivibratorios

### ATENUACIÓN SONORA

Cabinas Acústicas  
Pantallas Acústicas  
Silenciadores reactivos  
Silenciadores expansivos  
Mamparas  
Cortinas acústicas  
Ventanas acústicas

### El Ruido

Los sonidos se pueden clasificar por su respuesta subjetiva. Así los más usuales, como por ejemplo la palabra, pueden considerarse como sonidos, siempre que los niveles de presión sonora que producen no sean excesivos, ya que en este caso se tendrían que denominar ruidos, entendiéndose por tal, todo sonido no deseado. Ciertos sonidos agradables se clasifican generalmente como musicales, aunque pueden convertirse en ruido, de acuerdo con la definición anterior. Por tanto, vemos que la diferencia entre sonido agradable y sonido molesto, depende tanto del nivel de presión sonora, como de la respuesta subjetiva por tal, todo sonido no deseado. Ciertos sonidos agradables se clasifican generalmente como musicales, aunque pueden convertirse en ruido, de acuerdo con la definición anterior. Por tanto, vemos que la diferencia entre sonido agradable y sonido molesto, depende tanto del nivel de presión sonora, como de la respuesta subjetiva.



Los ruidos se producen en unos focos sonoros o fuentes (calle, televisor, discoteca, etc), se transmiten a través de un medio (cuerpos sólidos, líquidos, aire), y por último llegan al receptor (un individuo, una comunidad, etc). Cuando la salida de un foco sonoro se ve influenciada por el medio o el receptor, la impedancia de radiación del foco, es alterada por su entorno.

### Transmisión del ruido aéreo

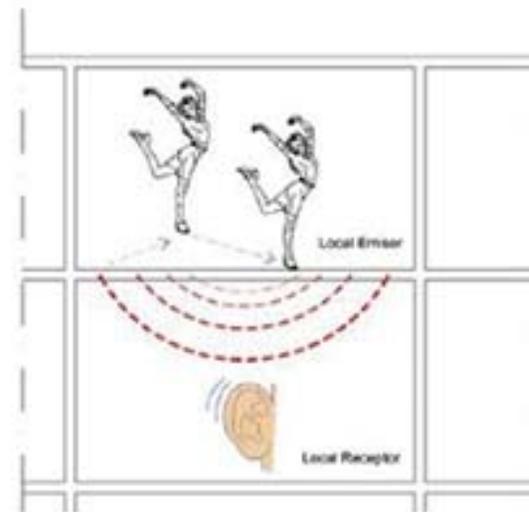
El sonido transmitido por el aire se denomina ruido aéreo. Las compresiones o depresiones del aire tienen incidencia en los elementos constructivos que limitan un local produciendo vibraciones, transmitiendo sus deformaciones al aire del espacio adyacente, convirtiéndose así en una fuente productora de sonido.

### Ruido impacto

Se refiere al sonido transmitido por cuerpos sólidos, es decir el que se propaga por la estructura del edificio y llega al oído mediante ondas aéreas.

Otro tipo de transmisión es por vibraciones que se propagan y transmiten a la estructura.

Los ruidos transmitidos por los impactos a la estructura se propagan por todo el edificio a través de las columnas, las losas y las vigas. Si los elementos constructivos como tabiques y cielorrasos están sólidamente anclados a la estructura, el sonido que se transmite por la masa del edificio también se va a transmitir éstos.



### ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

La finalidad de acondicionar acústicamente un determinado recinto (cerrado o al aire libre) es lograr que el sonido proveniente de una fuente o fuentes sea irradiado por igual en todas direcciones logrando un campo sonoro difuso ideal.

Esta uniformidad no siempre se consigue y la acústica arquitectónica, intenta aproximarse al máximo a este ideal a través de ciertas técnicas que aprovechan las cualidades de absorción, reflexión y difusión de los materiales constructivos (Que veremos en los siguientes puntos) de techos, paredes y suelos y de los objetos u otros elementos presentes en el recinto. De hecho, cosas tan aparentemente triviales como la colocación o eliminación de una moqueta, una cortina o un panel, son cruciales y pueden cambiar las condiciones acústicas de un recinto.

Dentro de los recintos cerrados, es fundamental conseguir un equilibrio adecuado entre el sonido directo y el campo sonoro reverberante. Por ello, un adecuado acondicionamiento acústico implica que las ondas reflejadas sean las menos posibles, por lo que desempeña un papel la capacidad de absorción de los materiales absorbentes que minimizarán la reverberación indeseada o ecos que pueden dificultar la inteligibilidad de la comunicación sonora.

### Los materiales

#### 1º- Materiales Absorbentes

#### 2º- Materiales Reflectantes

#### 3º- Materiales Difusores

**1.- Materiales Absorbentes:** Los empleamos a la hora de querer absorber sonido en una sala ya sea con los materiales convencionales o los selectivos, también conocidos como resonadores, que actúan en frecuencias específicas.

**1.- Materiales reflectantes:** Estos materiales siempre están formados por materiales lisos no porosos y totalmente rígidos capaces de reflejar la mayor parte de la energía que incide sobre ellos. Estos materiales pueden ser

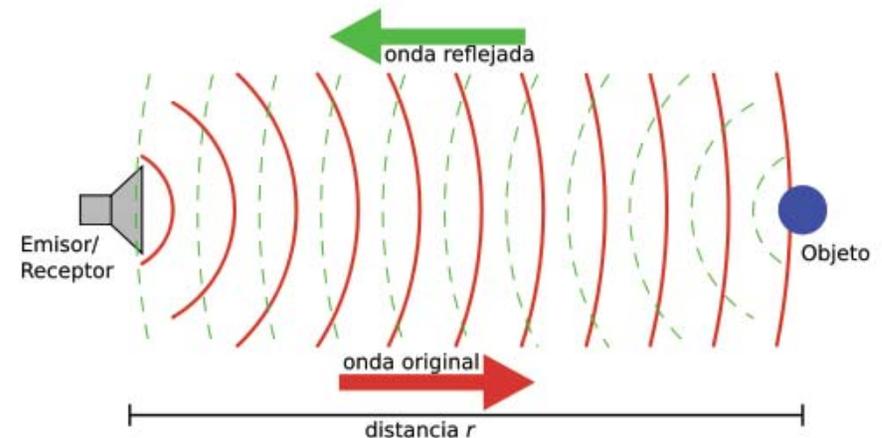
- Reflectores planos
- Reflectores curvos

**2.- Materiales difusores:** Son materiales diseñados para reflejar y dispersar el sonido de manera uniforme en sus múltiples direcciones. Existen tres tipos de difusores creados específicamente para márgenes de frecuencias determinadas.

### Otros fenómenos del sonido

**REFLEXIÓN:** se refiere al fenómeno por el cual una onda se absorbe o refleja.

Una onda se refleja (rebota al medio del cual proviene) cuando se encuentra con un obstáculo que no puede traspasar ni rodear.



### REVERBERANCIA

El ruido proveniente de una o más fuentes sonoras (máquinas, equipo de audio o personas) se propaga en forma esférica en todas direcciones. Cuando se encuentra con una superficie “dura”, parte la atraviesa y parte la refleja. Cuanto más masa y rigidez tiene la superficie sobre la que incide, mayor es el porcentaje de reflexión.

Mientras no encuentra una superficie blanda y permeable, el sonido continúa reflejándose por un determinado tiempo hasta llegar a perderse, por lo tanto dentro de un recinto cerrado, el sonido escuchado es la suma del que incide directamente, más el reflejado.

Una misma fuente sonora y de igual intensidad, generará entonces un ruido mucho mayor en el interior que si estuviera al aire libre.

### INSONORIZACIÓN

Insonorizar un recinto supone aislarlo acústicamente del exterior, lo cual implica una doble dirección:

- Evitar que el sonido que producimos salga al exterior (evitar la contaminación acústica)
- Evitar que el ruido exterior penetre y distorsione el sonido de la sala.

### El ruido blanco

Es de naturaleza estadísticamente aleatoria, es decir que tiene igual energía por ancho de banda de frecuencia, sobre una banda total específica. Es decir, si el nivel de presión sonora medido con un analizador, es constante en un amplio margen de frecuencias, se dice que el espectro sonoro es plano, llamando al ruido blanco.

Dicho de otra forma, un ruido de este tipo es aquel cuya presión sonora cuadrática media es uniforme y continua con la frecuencia.

Un ruido blanco puede ser también aleatorio, caracterizado porque las amplitudes instantáneas de sus componentes se distribuyen en el tiempo según la curva de gauss (también llamada distribución normal). Sin embargo el ruido aleatorio, no contiene necesariamente, un espectro plano.

### El ruido aleatorio

Es una cantidad fluctuante, cuyas amplitudes instantáneas aparecen, como función del tiempo, de acuerdo con una distribución (gaussiana).

### Aislamiento del ruido aéreo

Si se coloca una barrera entre dos locales para obtener un aislamiento al ruido aéreo, la transmisión del ruido, de un local a otro, se puede realizar por dos caminos: por la vía directa, debido bien a la porosidad, fisuras o intersticios, o bien por el llamado “efecto diafragma o de membrana”.

El ruido puede transmitirse también por otras vías que no sea la vía directa: el paso a través de caminos secundarios da origen a las llamadas vías secundarias, que permiten el paso de un punto a otro a través de caminos intermedios tales como conductos de ventilación, rejillas, etc.

Así, al analizar un tema de ruido, es fundamental conocer el tipo de problema al que nos enfrentamos, es fundamental conocer si se trata de transmisión por vía aérea o no, en cuyo caso se hablaría de transmisión estructural o de vía sólida, donde el medio transmisor ya no es el aire sino las propias paredes adyacentes, los forjados, los pilares, etc.

### PANELES ACÚSTICOS

Los paneles acústicos son una mezcla para tratar el tema de la absorción y la aislación del sonido, los materiales de estos son variados y se pueden encontrar en placas o unidades modulares pequeñas

#### Placas fonoabsorbentes

Las placas fonoabsorbentes están diseñadas para ser sobre puestas en los muros ya constituídos, están hechas de variados materiales o de la mezcla de algunos, encontramos de espuma de poliuretano, de yeso o de madera junto con espuma, generalmente cuando se mezcla materiales estas cumplen dos funciones, absorben y aíslan el sonido.

#### ESTUDIO DE FORMA Y MATERIALIDAD PARA REVESTIMIENTO SALA DE MÁQUINAS

Luego de estudiar la materialidad y las diferencias que existen entre aislación y absorción del sonido, se hace una base de datos para concluir cual es el material más apropiado que nos entregue las características de absorbente.

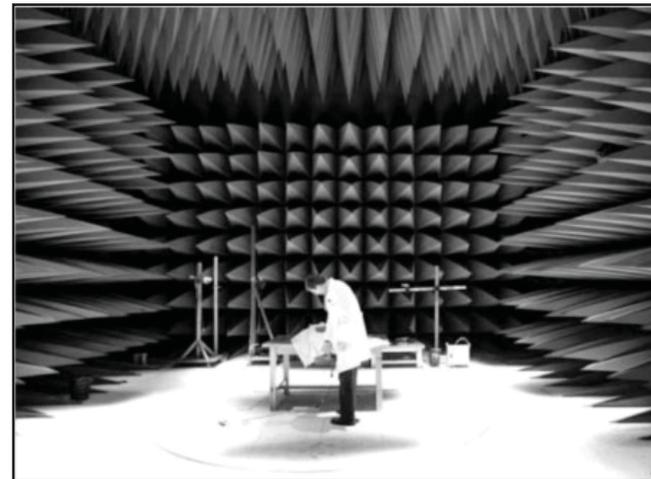
Uno de los materiales más usados para revestimiento de muros es la espuma de poliuretano ya que es un material, plástico, poroso formado por una agregación de burbujas, además de que se puede encontrar en una gran variedad de espesores. Cuando solo se usa espuma como revestimiento esta generalmente viene en placas con formar enecoicas.

**Placas anecoicas:** Las placas anecoicas son un recubrimiento para absorber y atenuar el sonido.1 hecho a base de materiales fonoabsorbentes, como caucho, espuma flexible de poliuretano.

**Funcionamiento;** La terminación superficial de estas placas es en forma de cuñas y ángulos con el propósito de aumentar la superficie efectiva de absorción. Evita la reflexión de los sonidos (reverberación) que se origina por las superficies duras de paredes o techos y atenúa el nivel sonoro general. Se basa en principios muy sencillos: Las cuñas y ángulos que se entrecruzan en su superficie proporcionan una mayor área de dispersión de los sonidos que inciden sobre el material, a la vez que, debido a los ángulos que forman es sonido reflejado choca contra otra superficie absorbente, impiden la ocurrencia de resonancias o ecos indeseados.

#### CÁMARA ANECOICA

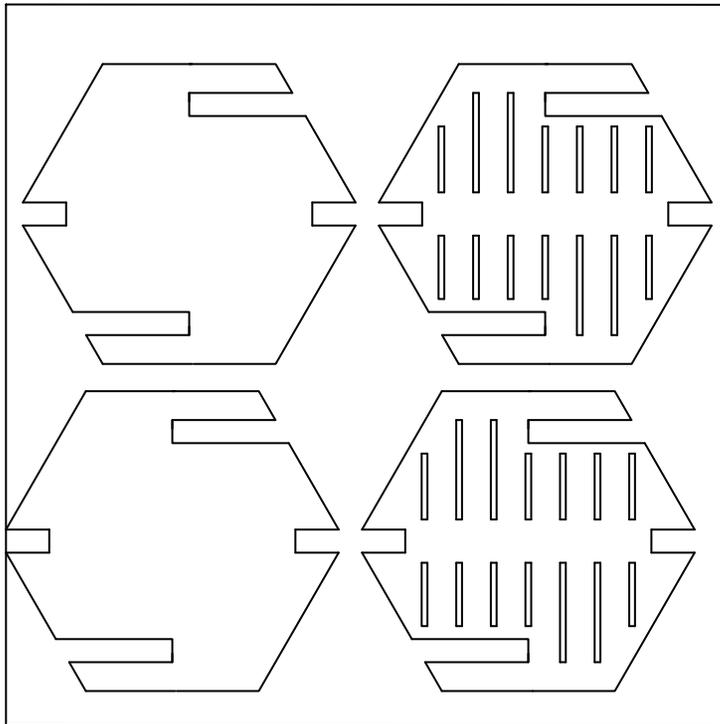
es una sala especialmente diseñada para absorber el sonido que incide sobre las paredes, el suelo y el techo de la misma cámara, anulando los efectos de eco y reverberación del sonido y se mide en decibelios. La sala anecoica está diseñada para reducir, en la medida de lo posible, la reflexión del sonido: las cámaras anecoicas están aisladas del exterior y constan de unas paredes recubiertas con cuñas en forma de pirámide con la base apoyada sobre la pared, construidas con materiales que absorben el sonido y aumentan la dispersión del escaso sonido que no se absorbe, placa anecoica. Entre estos materiales están la fibra de vidrio o espumas.



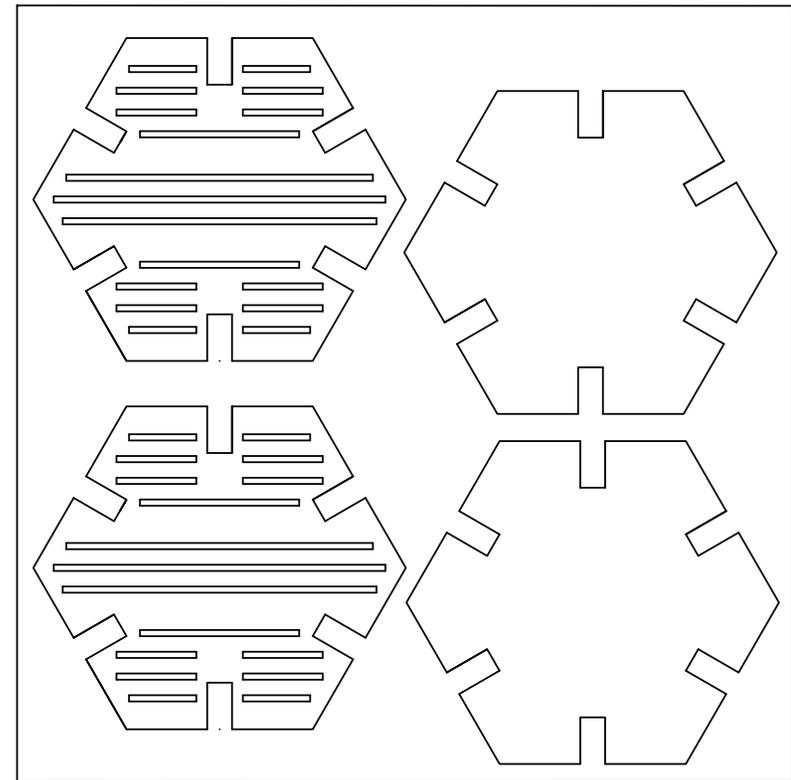
### 1era Proposición Maqueta

#### MAKETA UNIDAD ESTRUCTURAL PARA PANEL MODULAR FONOABSORBENTE

Se busca encontrar una unidad básica que estructure un panel auto-soportable para general un muro separador o de revestimiento que absorba el sonido, se prueban diferentes unidades modulares que a base de encajes, sin piezas de unión se unan conformando una gran unidad, armable-desarmable, se opto por dos materiales, uno rígido y otro poroso; Madera y espuma para que ambos en unión entreguen la característica de ser absorbentes y aislantes de sonido.

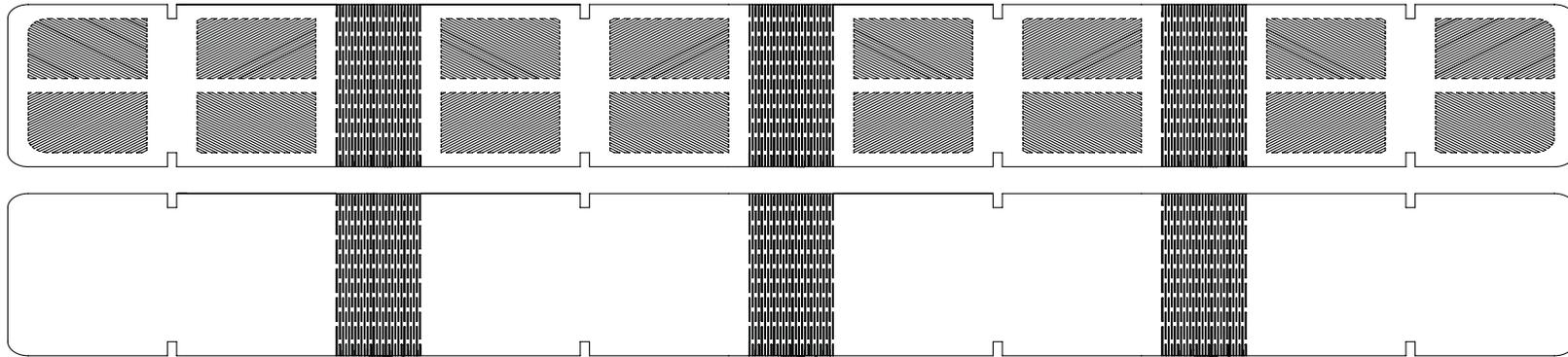
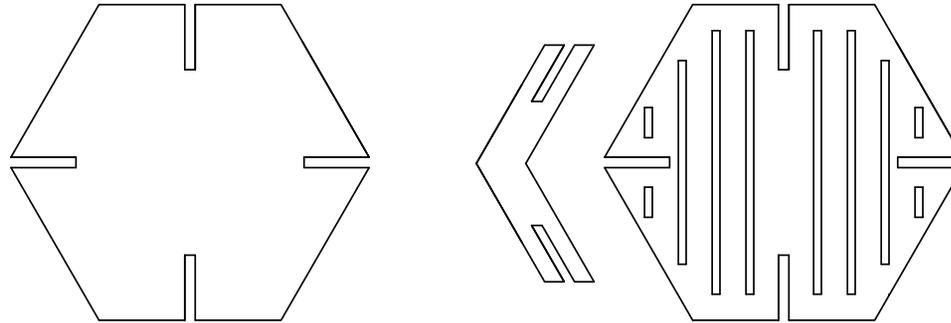


Unidad estructural. Dos placas de madera (MDF) con un centro de espuma absorbente de sonido, las ranuras permiten que las ondas de sonido penetren la unidad rebotando en el material haciendo que esta pierda intensidad siendo absorbida. Las uniones de estas unidades van generando un muro que puede variar en su ancho como en su alto.



Unidad estructural. Dos placas de madera (MDF) con un centro de espuma absorbente de sonido, las ranuras permiten que las ondas de sonido penetren la unidad rebotando en el material haciendo que esta pierda intensidad siendo absorbida

## 2da Proposición Maqueta



Unidad funcional formada por 4 partes unidas entre sí por medio de la misma madera cortada en secciones, lo que permite cierta flexibilidad a la madera sin necesidad de algún otro tipo de unión o encaje.



## Bibliografía

---

1. “ABC<sub>3</sub>D”, Marion Bataille
2. Tesis, “Modernización, simulación y caracterización acústica de materiales para su uso en acústica arquitectónica”. Universidad Politécnica de Valencia, Ernesto Juliá Sanchis.
3. Acústica para la Edificación. Iñigo López Cebrián. ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA S.A
4. El vidrio y la acústica. Guardián Industries.
5. Paneles Acústicos NotSond, Notsond Acústica. [www.notsond.es](http://www.notsond.es)
6. Capturando la física de los resonadores Helmholtz con la ecuación de ondas acústicas. Maricel Matar, Reinaldo Welti, Laboratorio de Vibraciones y Ondas, Departamento de física, FCEIA Universidad de Rosario, Avenida Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Argentina.
7. Estudio de Acústica en el aula, Proyecto fin de grado. Escuela Técnica Superior Ingeniería de Edificación.
8. Romeral, lana de vidrio y aislación acústica. Manual Técnico.
9. ANDRÉS ALONSO, F. L. de, la evolución del régimen jurídico de la contaminación acústica, en “Informe Anual del Valedor do Pobo de 2002”, Ed. Valedor do Pobo.
10. GARCÍA SANZ, B. Y JAVIER GARRIDO, F., La contaminación acústica en nuestras ciudades, Ed. Fundación “La Caiza”, Barcelona, 2003
11. <http://www.sindicat.net/salut/facts/losefectosdelruidoeneltrabajo57.pdf>
12. <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/10CAtm1/320CoSon.htm>



## Colofón

---

Esta Carpeta se imprimió en Septiembre de 2013  
Papel Hilado 6, formato carta apaisado  
Tipografía metaPro, editada en Indesign Cs6  
Impresora Laser Xerox de la Escuela de Arquitectura y Diseño PUCV  
e [ad]