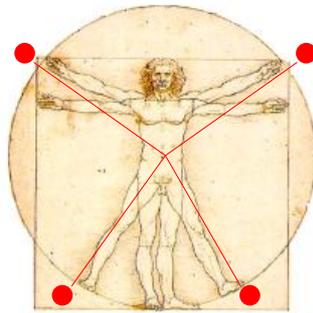


TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

VOLUMEN XII. AÑO 2014

SEPARATA



ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE UN TALLER DE EBANISTERÍA

David Colorado Aranguren, Rocío Díaz Ramírez



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Colorado Aranguren, David , Díaz Ramírez, Rocío
Enero, 2014.

<http://www.uax.es/publicacion/condicionamiento-acustico-de-un-taller-de-ebanisteria.pdf>

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

Editor: Javier Morales Pérez – tecnologia@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE UN TALLER DE EBANISTERÍA

Colorado Aranguren, David (a), Díaz Ramírez, Rocío (b)

(a) Dr.Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Área de Matemáticas y Física Aplicadas

Tf: 918105012, email: dcoloara@uax.es

(b) Graduada en Ingeniería de Sonido. Email: rramidia@myuax.es

Universidad Alfonso X el Sabio. Avda de la Universidad nº 1, Villanueva de la Cañada, 28691

RESUMEN: El objetivo del presente artículo es realizar un estudio de la reducción del Tiempo de reverberación en un taller de ebanistería una vez que ha sido acondicionado acústicamente. Este acondicionamiento va a consistir en el revestimiento del techo y las paredes laterales con material absorbente. La obtención de los parámetros acústicos se va a llevar a cabo con el sistema de medida Symphonie de 01 dB.

PALABRAS CLAVE: Acondicionamiento acústico, Taller de ebanistería, Tiempo de reverberación.

ABSTRACT: The aim of this article is to study the reduction of the Reverberation Time in a cabinetmaker's workshop, once it has been conditioned acoustically. This conditioning will consist in the facing of the ceiling and walls with absorbent material. The obtaining of acoustic parameters will be performed with the measuring system Symphonie of 01 dB.

KEY-WORDS: Acoustic conditioning, Cabinetmaker's workshop, Reverberation Time.

SUMARIO: 1. Introducción 2. Descripción de la sala 3. Acondicionamiento: Materiales empleados y superficies tratadas 4. Medidas acústicas realizadas 5. Análisis de resultados 6. Conclusiones 7. Bibliografía

SUMMARY: 1. Introduction 2. Room's description 3. Acoustic conditioning: materials and surfaces 4. Acoustics measures 5. Anylisis of results 6. Conclusions 7. References

1. INTRODUCCIÓN

El ruido constituye una problemática generalizada en la sociedad actual, en mayor o menor cuantía, todos estamos expuestos diariamente al ruido. Investigaciones realizadas por numerosos autores han demostrado que la contaminación acústica afecta a la salud y bienestar de las personas, produciendo un elevado número de efectos nocivos fisiológicos y psíquicos.

A la hora de diseñar un recinto, es importante que se cumplan una serie de requisitos para crear un entorno acústico agradable en su interior. El sector de la industria está haciendo un considerable esfuerzo por lograr condiciones silenciosas en oficinas y fábricas. Los problemas más importantes que se presentan a la hora de diseñar un recinto son los referidos al aislamiento y al acondicionamiento acústico.

El aislamiento acústico, consiste en la protección de un recinto tanto contra el ruido aéreo como contra el ruido estructural, entre los diferentes locales. Para conseguir un buen aislamiento se deben tomar las decisiones oportunas en la fase de diseño del recinto.

El segundo punto a tener en cuenta es el de obtener un buen acondicionamiento acústico de los recintos, para lo cual se tratarán internamente las paredes, puertas, ventanas, techo y suelo. La calidad del tratamiento acústico vendrá determinada por la capacidad de absorción acústica de los materiales que recubren las superficies límites. Así mismo, el grado de difusión acústica debe ser uniforme en todos los puntos del recinto, considerando que sus propiedades acústicas se deben a las reflexiones de las ondas sonoras en las superficies límites y fijándose en que el valor del Tiempo de reverberación sea el idóneo en cada caso.

El presente artículo describe la realización del acondicionamiento acústico de un taller de ebanistería, en el que se trabaja con maquinaria industrial. Se pretende reducir el Tiempo de reverberación en su interior mediante el tratamiento con materiales absorbentes de las paredes y el techo. Para comprobar el efecto del acondicionamiento se realizarán medidas del Tiempo de reverberación antes y después del tratamiento acústico.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SALA

El taller de ebanistería objeto del acondicionamiento acústico se encuentra situado en la planta baja de un edificio y tiene un volumen aproximado de 300 m^3 , siendo sus dimensiones: alto 3,70 m, largo 10,56 m y ancho 7,92 m.

Se trata de una sala cuyas paredes están enlucidas con yeso, el suelo es de terrazo, y las ventanas de vidrio. En su interior también encontramos una serie de vigas de hormigón y dos escaleras (una de terrazo y otra de chapa metálica), armarios de madera y puertas de acero y de chapa metálica. En las Figura 2.1 y Figura 2.2 se pueden apreciar algunos detalles constructivos del interior del taller.



Figura 2.1: Detalle de una de las paredes laterales del taller con acabado en yeso. También se puede apreciar parte del suelo de terrazo y parte de la escalera metálica que conduce a la calle.



Figura 2.2: Detalle de una de las paredes del taller donde se pueden apreciar una serie de puertas de chapa metálica y dos de las ventanas de vidrio.

Todos estos materiales, que son los que se emplean de manera habitual en acabado de interiores, son rígidos y no porosos, con lo que sus coeficientes de absorción son muy bajos.

En el interior del recinto se encuentra maquinaria industrial destinada a trabajar con madera, que es la que producirá los niveles de ruido que se tratarán de reducir mediante el acondicionamiento acústico.

3. ACONDICIONAMIENTO: MATERIALES EMPLEADOS Y SUPERFICIES TRATADAS

Los materiales empleados en un acondicionamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de absorber o reflejar una parte importante de la energía de las ondas acústicas que chocan contra ellos. Además de sus propiedades de absorción, a la hora de elegir estos materiales se deben tener en consideración otras características como son el efecto decorativo, reflexión lumínica, mantenimiento o resistencia al fuego.

El acondicionamiento acústico de un recinto puede llevarse a cabo de diversas maneras: mediante el recubrimiento de paredes, suelos y techos, introduciendo unidades suspendidas individuales, elementos para barreras y cerramientos etc. En nuestro caso lo que nos interesa es disminuir la reverberación de la sala, para ello se va a tratar el taller de ebanistería mediante el recubrimiento del techo y las paredes laterales con materiales absorbentes. En concreto se han empleado tres tipos de materiales distintos, uno para el acondicionamiento del techo y otros dos para el acondicionamiento de las paredes.

3.1 Material empleado en el tratamiento acústico del techo: “Acustec”

Acustec es un material poroso presentado en forma de losetas acústicas de fibra mineral.

Cuando se trata de materiales porosos, se debe considerar que tanto la porosidad como el espesor de dichos materiales influyen considerablemente en su coeficiente de absorción. Una disminución de estas dos características implica una bajada en el valor del coeficiente de absorción del material.

Otro elemento que interviene en la absorción acústica de los materiales porosos, sobre todo en bajas frecuencias, es el volumen de aire existente entre el material y la superficie sobre la que se encuentra (pared, techo...). La presencia de un espacio de aire origina un aumento de la absorción en las bajas frecuencias.

Los paneles Acustec empleados en el tratamiento del techo del taller tienen un espesor de 15mm y un peso de 2,4 Kg/m². Su montaje se ha realizado como un techo suspendido mediante una estructura metálica con cámara de aire de 185 mm, como se puede observar en la Figura 3.1.



Figura 3.1: Detalle de techo acústico Acustec, montado sobre una estructura metálica con cámara de aire.

En la Tabla 3.1 se muestran los valores del coeficiente de absorción sonora del material Acustec para cada una de las frecuencias centrales de las bandas de octava.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1K	2K	4K
α	0,55	0,75	0,75	0,80	0,95	1,00

Tabla 3.1: Valores del coeficiente de absorción del material Acustec para las distintas bandas de octava.

3.2 Material empleado en el tratamiento acústico de la parte superior de las paredes: “Acustifiber”

Se trata de un material poroso presentado en forma de bloques comprimidos de fibras de poliéster. Cada uno de los bloques tiene un espesor de 25 mm y una densidad de 30 Kg/m³. Su montaje se realiza adhiriendo los paneles directamente a las paredes, sin cámara de aire. La Figura 3.2 muestra en detalle el material Acustifiber.



Figura 3.2: Detalle del material absorbente Acustifiber, empleado en el acondicionamiento de las paredes. (Fuente: www.acusticaintegral.com)

En la Tabla 3.2 se recogen los valores del coeficiente de absorción sonora del material Acustifiber, para cada una de las frecuencias centrales de las bandas de octava.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1K	2K	4K
α	0,11	0,26	0,46	0,59	0,64	0,70

Tabla 3.2: Valores del coeficiente de absorción del material Acustifiber para las distintas bandas de octava.

Este material se ha empleado para acondicionar por completo una de las paredes laterales, mientras que en las otras tres se ha empleado únicamente para el revestimiento de su mitad superior. La Figura 3.3 muestra la pared del taller que ha sido acondicionada por completo con Acustifiber. En ella también se puede observar parte del techo acondicionado con Acustec.



Figura 3.3: Detalle del taller de ebanistería donde se puede apreciar una de las paredes laterales acondicionada por completo con Acustifiber y parte del techo acondicionado con Acustec.

3.3 Material empleado en el tratamiento acústico de la parte inferior de las paredes: “Acustisión”

Se trata de paneles metálicos perforados con relleno de fibra mineral. El relleno interior de lana mineral es el elemento absorbente.

Los valores de la absorción dependerán de la forma de la perforación y la cantidad de superficie perforada, de la densidad y el espesor del elemento absorbente y del espacio de aire existente detrás de él.

La absorción a bajas frecuencias será mayor cuanto más compacta sea la estructura de la fibra y la capa de aire existente detrás de ella.

Respecto a la perforación de la placa, si se desea conseguir una buena absorción para la frecuencia 4000 Hz, la superficie perforada no debe ser menor del 10%, pudiendo alcanzar hasta el 70%.

Los paneles Acustisión tienen una superficie exterior compuesta por chapa multiperforada de 0,5 mm de espesor y donde la superficie perforada constituye el 28% del total. El absorbente interior es lana de roca de 40 Kg/m³. Los paneles tienen un

espesor de 50 mm y un peso de $7,82 \text{ Kg/m}^2$. Su montaje se realiza mediante adhesión directa a las paredes, sin cámara de aire. En la Figura 3.4 se puede ver en detalle parte de un panel Acustisón.

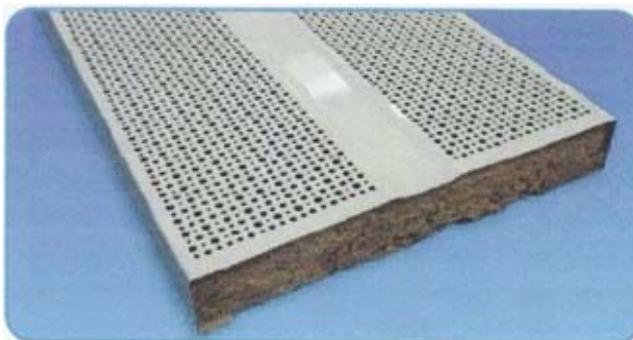


Figura 3.4: Detalle del panel perforado Acustisón, empleado en el acondicionamiento de las paredes. (Fuente: www.acusticaintegral.com)

La Tabla 3.3 recoge los valores del coeficiente de absorción sonora de los paneles perforados Acustisón, en cada una de las frecuencias centrales de las bandas de octava.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1K	2K	4K
α	0,15	0,35	0,50	0,75	0,85	0,75

Tabla 3.3: Valores del coeficiente de absorción del material Acustisón para las distintas bandas de octava.

Los paneles perforados Acustisón, se han empleado en el acondicionamiento de la parte inferior de tres de las paredes laterales. La Figura 3.5 muestra una de las paredes laterales del taller acondicionada en su mitad inferior con Acustisón y en su mitad superior con Acustifiber. También se puede apreciar parte del techo acondicionado con Acustec.



Figura 3.5: Detalle de una de las paredes laterales del taller de ebanistería acondicionada en su parte inferior con Acustisón y en su parte superior con Acustifiber.

4. MEDIDAS ACÚSTICAS REALIZADAS

Se ha medido el Tiempo de reverberación del taller sin acondicionar, del taller con el techo acondicionado y del taller con el techo y las paredes acondicionados. Comparando los resultados, veremos cuanta reducción del Tiempo de reverberación se ha conseguido tras el tratamiento acústico.

La medida del Tiempo de reverberación se ha llevado a cabo empleando el “*Método del ruido interrumpido*”. Mediante este método los resultados se obtienen grabando directamente las curvas de caída del Nivel de Presión Sonora después de que la fuente haya excitado el recinto con un ruido rosa que se interrumpe tras varios segundos.

El valor del Tiempo de reverberación de un recinto varía en función del punto donde se mida, por ello para obtener el dato del Tiempo de reverberación global, es necesario realizar registros en varias posiciones y promediar sus resultados.

En nuestro caso se han decidido tomar 2 posiciones de fuente, 4 posiciones de micrófono y registrar 3 caídas por posición, es decir, un total de 24 registros. En la Figura 4.1 se representa la distribución aproximada, en la planta del recinto, de las distintas posiciones de fuente y micrófono escogidas para la medida.

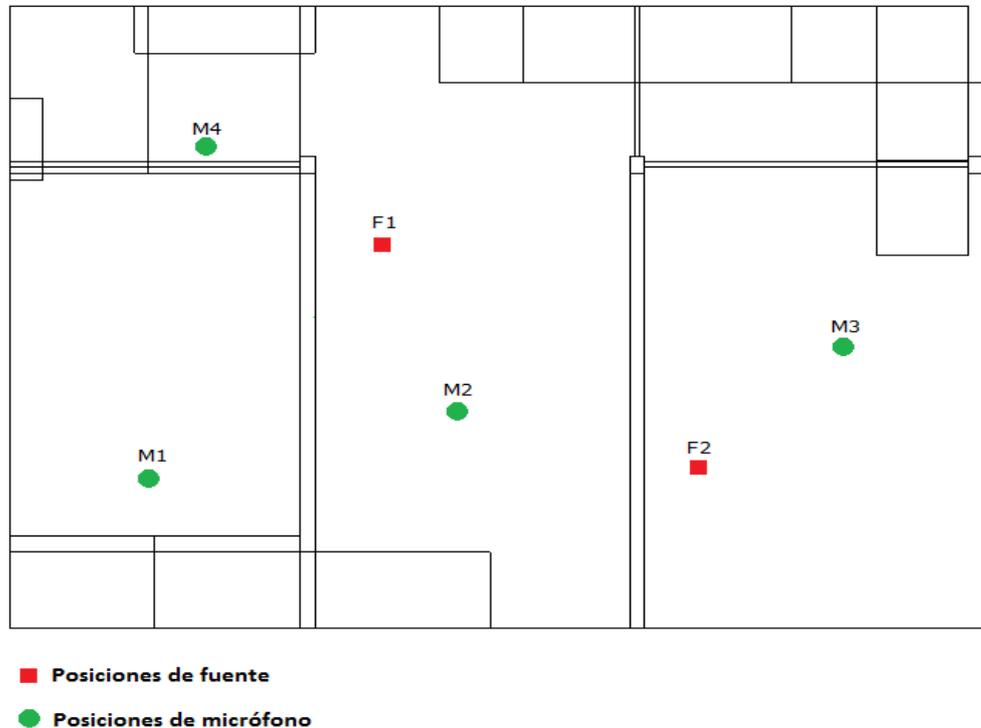


Figura 4.1: Distribución aproximada de las posiciones de fuente y micrófono en el taller.

La medida del Tiempo de reverberación se ha llevado a cabo con el programa dB Bati32 de Symphonie 01 dB. La configuración de dicho programa se ha realizado para obtener los valores del Tiempo de reverberación en tercios de octava entre las bandas de 100 Hz y 5 kHz.

A continuación se van a mostrar las tablas de resultados. En estas tablas, para cada una de las 8 combinaciones de fuente-micrófono aparece una única columna con los valores del Tiempo de reverberación promedio de los 3 registros.

Las 8 combinaciones de posicionamiento de fuente y micrófono aparecerán con la nomenclatura “*Pos x.y*” donde *x* corresponde a la posición de la fuente e *y* corresponde a la posición del micrófono (por ejemplo, *Pos 2.3* corresponde a la fuente en su posición 2 y el micrófono en su posición 3).

4.1 Tiempo de reverberación del Taller sin acondicionar

La Tabla 4.1 muestra los valores del Tiempo de reverberación del taller de ebanistería antes del acondicionamiento, para las ocho posiciones diferentes de medida. La última columna corresponde al valor promedio de las ocho posiciones, es decir, el Tiempo de reverberación global de la sala sin acondicionar.

Se ha añadido una última fila en la que se ha calculado el TRmid para tener un único valor representativo del Tiempo de reverberación, en lugar de uno para cada frecuencia. El TRmid se calcula como la media aritmética de los valores del Tiempo de reverberación de las frecuencias de 500 y 1000 Hz.

Tiempo de reverberación									
Frecuencia (Hz)	Pos 1.1	Pos 1.2	Pos 1.3	Pos 1.4	Pos 2.1	Pos 2.2	Pos 2.3	Pos 2.4	Promedio
100	0,87	0,99	1,22	1,09	1,13	1,38	1,27	1,01	1,12
125	1,12	0,93	0,64	0,70	0,78	0,72	0,84	0,93	0,83
160	1,16	1,30	1,41	1,46	0,98	0,79	1,16	1,08	1,17
200	0,83	1,00	0,93	1,01	1,09	0,64	0,69	0,91	0,89
250	0,93	1,00	0,93	0,79	0,89	0,76	0,83	0,90	0,88
315	0,81	0,98	0,99	0,88	0,81	0,84	0,81	0,72	0,86
400	0,82	0,95	0,99	0,97	0,78	0,98	0,82	0,85	0,89
500	0,97	0,73	1,00	0,80	0,96	0,96	0,87	0,76	0,88
630	0,94	0,81	0,86	0,90	0,87	0,89	0,89	0,84	0,87
800	0,86	1,02	0,84	0,85	0,84	0,85	0,83	0,83	0,86
1 k	0,83	0,91	0,81	0,99	0,78	0,94	0,90	1,01	0,90
1.25 k	0,78	0,84	0,82	0,92	0,84	0,88	0,70	0,82	0,82
1.6 k	0,83	0,88	0,84	0,90	0,88	0,90	0,84	0,91	0,87
2 k	0,91	0,84	0,89	0,86	0,89	0,83	0,81	0,86	0,86
2.5 k	0,83	0,74	0,80	0,89	0,86	0,90	0,91	0,84	0,85
3.15 k	0,72	0,74	0,77	0,81	0,77	0,75	0,75	0,80	0,76
4 k	0,75	0,74	0,76	0,77	0,73	0,72	0,74	0,72	0,74
5 k	0,70	0,71	0,71	0,69	0,68	0,68	0,68	0,62	0,68
TRmid	0,90	0,82	0,91	0,89	0,87	0,95	0,88	0,89	0,89

Tabla 4.1: Tiempo de reverberación en cada una de las posiciones de medida y global, del taller sin acondicionar.

Si nos fijamos para cada una de las frecuencias en los valores del Tiempo de reverberación de las 8 posiciones de medida, vemos como en las altas y medias frecuencias estos valores son bastante similares, sin embargo en las bajas frecuencias existe una mayor desigualdad entre los datos registrados en cada punto. Esto se debe a que el equipo de medición responde peor en baja frecuencia y a la propia dispersión existente en baja frecuencia.

4.1 Tiempo de reverberación del Taller con el techo acondicionado

En la Tabla 4.2 se muestran los valores del Tiempo de reverberación del taller de ebanistería tras el acondicionamiento acústico del techo, para las ocho posiciones diferentes de medida. La última columna corresponde al valor promedio de las ocho posiciones, es decir, es el Tiempo de reverberación global del taller con el techo acondicionado. Del mismo modo que en el punto anterior, la última fila recoge el valor del TRmid.

Si nos fijamos de nuevo en los valores del Tiempo de reverberación obtenidos en cada punto de medida vemos que el comportamiento es exactamente el mismo que para la sala sin acondicionar, es decir, para las altas y medias frecuencias tiene valores bastante similares mientras que para las bajas frecuencias difieren más unos de otros. Este patrón no va a cambiar con el acondicionamiento ya que como se ha comentado anteriormente es un problema que tiene que ver con la respuesta de los equipos de medida en baja frecuencia y la propia dispersión existente en baja frecuencia.

Tiempo de reverberación									
Frecuencia (Hz)	Pos 1.1	Pos 1.2	Pos 1.3	Pos 1.4	Pos 2.1	Pos 2.2	Pos 2.3	Pos 2.4	Promedio
100	0,72	0,75	0,32	0,70	0,53	0,93	0,74	0,77	0,68
125	0,74	0,59	0,81	0,96	1,45	0,82	0,73	0,50	0,82
160	0,48	0,82	0,84	0,59	0,30	0,54	0,41	0,59	0,57
200	0,74	0,74	0,62	0,73	0,57	0,50	0,27	0,66	0,60
250	0,58	0,57	0,54	0,62	0,44	0,57	0,45	0,42	0,52
315	0,59	0,51	0,38	0,55	0,56	0,45	0,47	0,52	0,50
400	0,63	0,44	0,37	0,58	0,39	0,34	0,49	0,40	0,46
500	0,47	0,31	0,44	0,56	0,44	0,45	0,43	0,35	0,43

630	0,46	0,38	0,47	0,41	0,62	0,37	0,52	0,40	0,45
800	0,52	0,53	0,52	0,46	0,56	0,44	0,58	0,43	0,50
1 k	0,40	0,49	0,50	0,44	0,54	0,51	0,42	0,44	0,47
1.25 k	0,41	0,49	0,40	0,65	0,47	0,40	0,42	0,50	0,45
1.6 k	0,49	0,43	0,44	0,50	0,46	0,48	0,43	0,44	0,46
2 k	0,50	0,46	0,51	0,48	0,42	0,52	0,48	0,43	0,48
2.5 k	0,47	0,37	0,48	0,43	0,42	0,46	0,42	0,42	0,43
3.15 k	0,51	0,37	0,43	0,43	0,44	0,43	0,45	0,37	0,43
4 k	0,40	0,38	0,35	0,46	0,40	0,44	0,40	0,36	0,40
5 k	0,40	0,39	0,40	0,42	0,40	0,41	0,40	0,37	0,40
TRmid	0,44	0,40	0,47	0,50	0,49	0,48	0,42	0,40	0,45

Tabla 4.2: Tiempo de reverberación en cada una de las posiciones de medida y global, del taller con el techo acondicionado.

4.1 Tiempo de reverberación del Taller con el techo y las paredes acondicionados

En la Tabla 4.3 se muestran los valores del Tiempo de reverberación del taller de ebanistería tras el acondicionamiento acústico del techo y las paredes laterales, para las ocho posiciones diferentes de medida. La última columna corresponde al valor promedio, es decir, es el Tiempo de reverberación global del taller con el techo y las paredes acondicionados. La última fila recoge el valor del TRmid.

Tiempo de reverberación									
Frecuencia (Hz)	Pos 1.1	Pos 1.2	Pos 1.3	Pos 1.4	Pos 2.1	Pos 2.2	Pos 2.3	Pos 2.4	Promedio
100	0,56	0,91	0,51	0,65	0,52	0,48	0,33	0,77	0,59
125	0,57	0,52	1,01	0,40	0,49	0,60	0,77	1,04	0,67
160	0,26	0,52	0,43	0,73	0,28	0,23	0,48	0,48	0,43
200	0,32	0,38	0,39	0,26	0,26	0,35	0,69	0,43	0,38
250	0,27	0,24	0,36	0,20	0,29	0,34	0,45	0,24	0,30
315	0,27	0,27	0,23	0,34	0,34	0,36	0,31	0,30	0,30
400	0,26	0,24	0,25	0,30	0,30	0,36	0,28	0,27	0,28
500	0,31	0,28	0,25	0,24	0,27	0,35	0,26	0,34	0,29
630	0,26	0,35	0,25	0,21	0,28	0,32	0,23	0,25	0,27
800	0,30	0,48	0,33	0,26	0,30	0,38	0,33	0,33	0,34

1 k	0,30	0,39	0,31	0,31	0,37	0,36	0,29	0,34	0,33
1.25 k	0,31	0,32	0,34	0,29	0,34	0,27	0,33	0,31	0,31
1.6 k	0,30	0,26	0,33	0,25	0,27	0,32	0,28	0,31	0,29
2 k	0,29	0,27	0,35	0,35	0,29	0,27	0,25	0,29	0,30
2.5 k	0,25	0,33	0,32	0,31	0,30	0,31	0,26	0,30	0,30
3.15 k	0,31	0,32	0,32	0,32	0,31	0,26	0,25	0,27	0,29
4 k	0,28	0,29	0,31	0,36	0,25	0,28	0,23	0,29	0,29
5 k	0,23	0,28	0,28	0,27	0,27	0,23	0,29	0,26	0,27
TRmid	0,31	0,33	0,28	0,28	0,32	0,36	0,28	0,34	0,31

Tabla 4.3: Tiempo de reverberación en cada una de las posiciones de medida y global, del taller con el techo y las paredes acondicionados acústicamente.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La Tabla 5.1 reúne los valores globales del Tiempo de reverberación del taller sin acondicionar, el taller con el techo acondicionado y el taller con el techo y las paredes acondicionados. En la última columna podemos ver la reducción del Tiempo de reverberación total conseguida en cada frecuencia tras el tratamiento acústico.

Frecuencia (Hz)	T_{rever} Promedio Sala vacía (segundos)	T_{rever} Promedio Sala techo absorbente (segundos)	T_{rever} Promedio Sala techo y paredes absorbentes (segundos)	Reducción del Tiempo de reverberación (segundos)
100	1,12	0,68	0,59	0,53
125	0,83	0,82	0,67	0,16
160	1,17	0,57	0,43	0,74
200	0,89	0,60	0,38	0,51
250	0,88	0,52	0,30	0,58
315	0,86	0,50	0,30	0,56
400	0,89	0,46	0,28	0,61
500	0,88	0,43	0,29	0,59
630	0,87	0,45	0,27	0,60
800	0,86	0,50	0,34	0,52
1 k	0,90	0,47	0,33	0,57

1.25 k	0,82	0,45	0,31	0,51
1.6 k	0,87	0,46	0,29	0,58
2 k	0,86	0,48	0,30	0,56
2.5 k	0,85	0,43	0,30	0,55
3.15 k	0,76	0,43	0,29	0,47
4 k	0,74	0,40	0,29	0,45
5 k	0,68	0,40	0,27	0,41
TRmid	0,89	0,45	0,31	0,58

Tabla 5.1: Reducción del Tiempo de reverberación del taller conseguida tras el acondicionamiento acústico.

En la Figura 5.1, que representa gráficamente estos valores, se puede observar claramente como la mayor parte de la reducción del Tiempo de reverberación se produce tras el acondicionamiento del techo.

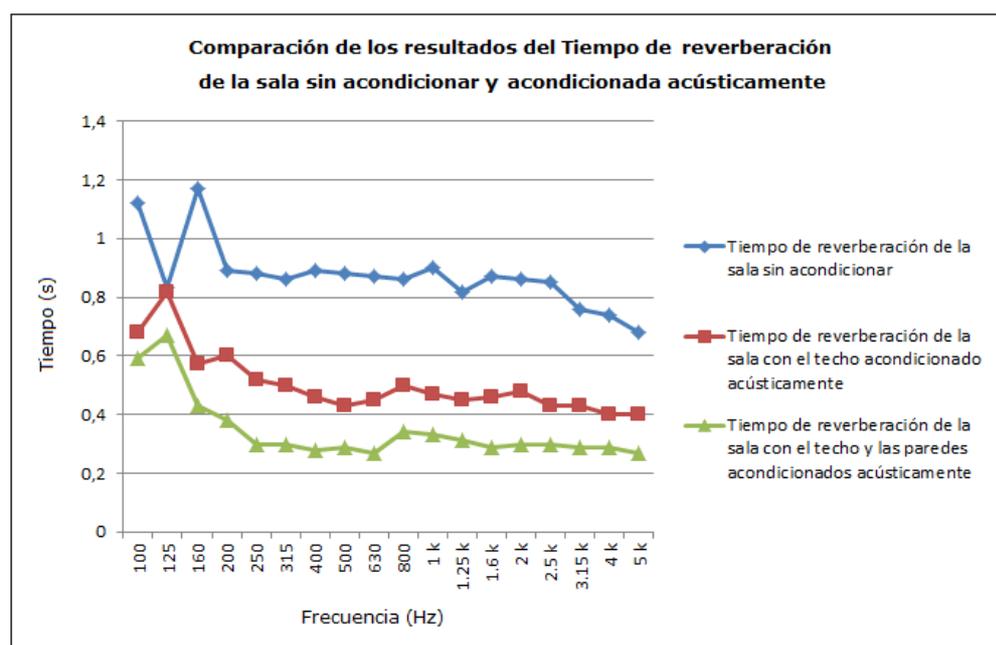


Figura 5.1: Comparación de los Tiempos de reverberación del taller sin acondicionar, con el techo acondicionado y con el techo y las paredes acondicionados.

La bajada del Tiempo de reverberación obtenida tras el acondicionamiento acústico del taller, va a suponer una disminución en el Nivel reverberante de la sala, que se puede calcular a partir de la Ecuación 5.1.

$$L_{pR \text{ vacía}} - L_{pR \text{ acondicionada}} = 10 \log \left(\frac{T_{\text{reverVacía}}}{T_{\text{reverAcondicionada}}} \right) \text{ (dB)} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

En la última columna de la Tabla 5.2 se muestra la reducción del Nivel de Presión Sonora Reverberante (dB) para cada una de las frecuencias, tras el acondicionamiento acústico.

Frecuencia (Hz)	T _{rever} Promedio Sala vacía (segundos)	T _{rever} Promedio Sala techo + paredes absorbentes (segundos)	Reducción de Nivel reverberante (dB)
100	1,12	0,59	2,77
125	0,83	0,67	0,92
160	1,17	0,43	4,37
200	0,89	0,38	3,62
250	0,88	0,30	4,68
315	0,86	0,30	4,52
400	0,89	0,28	5,00
500	0,88	0,29	4,84
630	0,87	0,27	5,07
800	0,86	0,34	4,07
1 k	0,90	0,33	4,31
1.25 k	0,82	0,31	4,19
1.6 k	0,87	0,29	4,76
2 k	0,86	0,30	4,65
2.5 k	0,85	0,30	4,52
3.15 k	0,76	0,29	4,13
4 k	0,74	0,29	4,12
5 k	0,68	0,27	4,11
TRmid	0,89	0,31	4,58

Tabla 5.2: Reducción de Nivel reverberante conseguida tras la bajada del Tiempo de reverberación del taller.

De promedio en el taller se ha obtenido una reducción en el Nivel reverberante de 4,58 dB. De esta reducción de ruido se beneficiarán las personas que trabajen en zonas del campo reverberante, es decir, puntos alejados de las máquinas industriales.

Los operarios que trabajen con las máquinas recibirán prácticamente la misma energía acústica que antes del acondicionamiento, ya que al estar tan cerca, el Nivel que perciben es el directo, sin afectarles prácticamente el añadido por la reverberación de la sala.

6. CONCLUSIONES

Para finalizar, se va a realizar una recopilación a modo resumen de las mejoras conseguidas en el taller de ebanistería tras el acondicionamiento acústico.

El Tiempo de reverberación del taller se ha reducido una media de 0,58 segundos tras el acondicionamiento.

La mayor parte de la reducción (0,44 segundos) se ha conseguido con el acondicionamiento del techo, mientras que tras el tratamiento de las paredes esta reducción solo se ha incrementado en 0,14 segundos de media. Esto es debido a que el material empleado en el techo (Acustec) tiene unos valores de absorción más altos que los materiales empleados en las paredes (Acustifiber y Acustisión). Además, se debe añadir que el tratamiento del techo se ha realizado dejando un espacio entre este y el material, lo cual también es motivo de un incremento en la absorción. En el tratamiento acústico de las paredes no ha sido posible introducir una cámara de aire en la colocación de los materiales, debido a las pequeñas dimensiones del taller.

La reducción del Tiempo de reverberación es menor en altas frecuencias.

En bajas frecuencias la medida del Tiempo de reverberación es bastante inestable debido a la propia dispersión existente en bajas frecuencias y a la mala respuesta de los equipos de medida.

Una disminución del Tiempo de reverberación de 0,58 segundos supone una bajada del Nivel de Presión Sonora reverberante de 4,58 dB.

7. BIBLIOGRAFÍA

- C.M. HARRIS (1995): *Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido*, McGraw-Hill.
- FLORES PEREIRA, Pedro (1990): *Manual de acústica ruidos y vibraciones*, Pérez Fajardo, Barcelona.
- GIL GONZÁLEZ Constantino (2002): *Control de ruido*. Dpto. de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones (DIAC). Publicaciones E.U.I.T. de Telecomunicación, Madrid
- RECUERO LÓPEZ Manuel (1999): *Acústica arquitectónica aplicada*, Paraninfo, Madrid
- RECUERO LÓPEZ Manuel (1991): *Ingeniería Acústica*, Izquierdo, Madrid
- RECUERO LÓPEZ Manuel (1991): *Acondicionamiento Acústico*, Izquierdo, Madrid
- Norma UNE-EN ISO 3382-2 (diciembre 2008): *Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios*.