

MEMORIA PROYECTO DE INNOVACIÓN

Curso 2018-2019

Protocolo para la Medición del Aislamiento Acústico (Según la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1:2018)



INSTITUTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA ZAPATÓN

Índice

Introducción.	02
A.- Actividades realizadas.	07
B.- Resultados y productos obtenidos.	20
C.- Participantes y su colaboración.	36
D.- Recursos y equipamientos utilizados/adquiridos.	37
F.- Desajustes respecto a lo previsto y soluciones aplicadas.	39
G.- Aplicaciones futuras.	39
H.- Valoración final. Conclusiones.	40

Introducción

Se debe considerar el ruido como un verdadero problema de salud pública.

Según la Real Academia de la Lengua Española el ruido es un sonido inarticulado, por lo general desagradable. Para los especialistas es un conjunto de fenómenos vibratorios aéreos que, percibidos por el sistema auditivo, puede originar molestias o lesiones de oído.

El tratamiento del ruido como un contaminante ha sufrido desde siempre de muchas lagunas legales.

La primera declaración internacional que contempló las consecuencias del ruido se remonta a 1972, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) decidió catalogarlo genéricamente como un tipo más de contaminación. Siete años después, la Conferencia de Estocolmo clasificaba al ruido como un contaminante específico.

Aquellas primeras disposiciones oficiales fueron ratificadas posteriormente por la entonces emergente CEE, que requirió a los países miembros un esfuerzo para regular legalmente la contaminación acústica. Más tarde, un informe publicado en 1990 presentaba a España como el segundo país con mayor índice de ruidos del mundo después de Japón, y estimaba que el 74% de la población estaba sometida a niveles superiores a los tolerables.

En España entró en vigor el 19 de octubre de 2007 el Real Decreto 1367, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 (Ley del Ruido), de 17 noviembre, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Su objetivo es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y disminuir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente.

Hasta esta ley, el ruido carecía de una norma general reguladora de ámbito estatal, y su tratamiento normativo se desdoblaba entre las previsiones de la

normativa civil en cuanto a relaciones de vecindad y causa de perjuicios, la normativa sobre limitación del ruido en el ambiente de trabajo, las disposiciones técnicas para la homologación de productos y las ordenanzas municipales que conciernen al bienestar ciudadano o al planeamiento urbanístico.

Tales eran las implicaciones que la Ley del Ruido podía tener en la edificación, como consecuencia de que los edificios fueran considerados por la citada Ley como parte del Medio Ambiente y, en concreto, como receptores acústicos, que era necesario modificar la normativa acústica vigente (NBE – CA – 88), la cual trataba las condiciones acústicas en los edificios desde el 29 de septiembre de 1998.

Este hecho, junto con la entrada en vigor del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE) el 29 de marzo de 2006, hizo que la Ley del Ruido demandara a éste un sistema de verificación acústica de las edificaciones. En consecuencia, el 24 de abril de 2009 entró en vigor la nueva normativa contra el ruido, expuesta en el *“DB – HR Protección frente al ruido”*, documento que estableció las exigencias de aislamiento acústico frente al ruido exterior e interior de los edificios. Concretamente este Documento Básico especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido. El objetivo de dicho requisito consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectan, construyen y mantienen de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos, del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio; y para limitar el nivel reverberante presente en los recintos.

Por lo tanto, podemos basarnos en la idea principal de que el ruido se produce en unos *focos sonoros o fuentes* (calle, pisadas, proyección en un aula...), se transmite a través de un *medio* (cuerpos sólidos, líquidos, aire...), y, por último, llega al *receptor* (un individuo, una comunidad...).

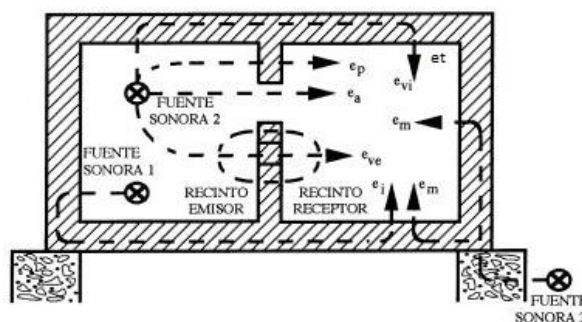
El grado de contaminación ambiental en las ciudades debido al ruido, tiene cada día más trascendencia, por lo que se trata de estudiar y conocer con profundidad las fuentes sonoras y sus características físicas, para disminuir los niveles de ruido que generan y proteger a las personas de este fenómeno.

Con el conocimiento de estas fuentes de ruido podremos conseguir que los recintos tengan el ambiente acústico adecuado, permitiendo que las actividades que se lleven a cabo en los mismos se desarrollen con normalidad y mayor confort. Las *fuentes de ruido* más importantes se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Externas a la edificación, como, por ejemplo: el ruido debido al tráfico rodado, al paso de trenes, al tráfico aéreo, a las obras públicas, a las actividades industriales, a las actividades urbanas comunitarias y a los agentes atmosféricos.
- Internas a la edificación, como, por ejemplo: el ruido debido a las personas, a los impactos, a los aparatos de radio y televisión, a los aparatos electrodomésticos, a las instalaciones de fontanería y calefacción, a los ascensores, a las instalaciones de ventilación y climatización, a las instalaciones eléctricas y a otras fuentes (como animales).

Existen varios caminos posibles por donde el ruido puede penetrar en los recintos, tal y como podemos ver en la Figura.

Las principales vías de penetración pueden ser las que se exponen a



continuación, clasificadas en dos grandes grupos:

- Ruidos que penetran en el recinto por la vía de transferencia aérea:
 - A través de las aberturas y grietas en las paredes => e_a
 - A través de los conductos de ventilación => e_t
 - A través de los poros en paredes duras y continuas => e_p
 - Por vibraciones elásticas de la pared (vibraciones de flexión) que separa el recinto que se desea aislar del que contiene las fuentes => e_{ve}
- Ruidos que alcanzan el recinto después de generarse y propagarse a través de cuerpos sólidos:
 - Como resultado de las vibraciones del material de las paredes, convirtiéndose ellas mismas en radiadores de sonido (transmisión de ruido de impacto) => e_i
 - Por vibraciones longitudinales elásticas de paredes no adyacentes (transmisión por flancos), que se propagan por el espesor de las paredes y son radiadas al recinto por las paredes laterales => e_{vi}
 - Por vibraciones de maquinaria transmitidas a través del suelo, cimientos y otras partes de la estructura del edificio => e_m

Mientras se iba desarrollando la normativa sobre el ruido, paralelamente, se publicó la Norma UNE-EN ISO 140, por la que se especifica la medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción, estaba dividida en cinco partes y la Parte 4 hacía referencia a: Medición "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales (UNE-EN ISO 140-4:1999).

En marzo de 2018, la Asociación Española de Normalización publica la Norma Española UNE-EN ISO 12354 (sustituye a la Norma UNE-EN ISO 140) referente a la acústica de edificios y más concretamente a la estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. La Norma tiene cuatro partes y nuestro protocolo versará sobre

la Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos (UNE-EN ISO 12354-1:2018).

La Norma UNE-EN ISO 12354-1:2018 necesita de un protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, por los siguientes motivos:

- Para reducir el equipo y el cableado que se necesita para mediciones de campo.
- Para reducir los tiempos de medición.
- Para controlar el ruido de fondo sin necesidad de que los operarios estén dentro de la sala de recepción (la norma no lo permite).

Además, la Norma UNE-EN ISO 12354-1:2018, necesita de una revisión por las siguientes razones:

- La Norma no se adapta perfectamente a las viviendas donde muchas habitaciones tienen volúmenes muy pequeños.
 - Cuando nos encontramos con volúmenes menores a 25 m³, nos encontramos con que unas frecuencias se repiten con mucha mayor incidencia que otras. Por ejemplo, por debajo de 100 Hz se suelen repetir de una a cinco frecuencias mucho más que las demás.
 - La norma tiene anexos informativos que dan una guía para las mediciones en bandas de bajas frecuencias, que a veces es imposible de lograr en locales con pequeños volúmenes.
 - Podemos encontrarnos una diferencia máxima de 17 a 28 dB, entre el nivel más bajo medido en la zona central de la habitación y el nivel más alto a medio metro de la pared, debido a los nodos que nos encontramos a media altura en la zona central de la sala (donde se suele colocar el sonómetro)

- La normativa entre 100 y 5000 Hz requiere distancias mínimas a los límites de 0,5 m y por debajo de 100 Hz propone distancias mínimas de 1 a 1,2 m.
- La necesidad de mejorar la precisión de las mediciones de aislamiento acústico a bajas frecuencias en edificios con estructuras ligeras. A estas frecuencias las variaciones espaciales en los niveles de presión sonora aumentan con incrementos de la incertidumbre en el promedio espacial de niveles de presión sonora.
- Los protocolos de medición actual suelen ser pobres en repetitividad y reproductividad.
- Los tiempos de reverberación pueden ser difíciles de medir con precisión en bandas de tercio de octava por debajo de 100 Hz, debido a la falta de modos o porque las caídas son rápidas.

A.- Actividades realizadas

Las actividades realizadas se pueden dividir en tres grandes bloques:

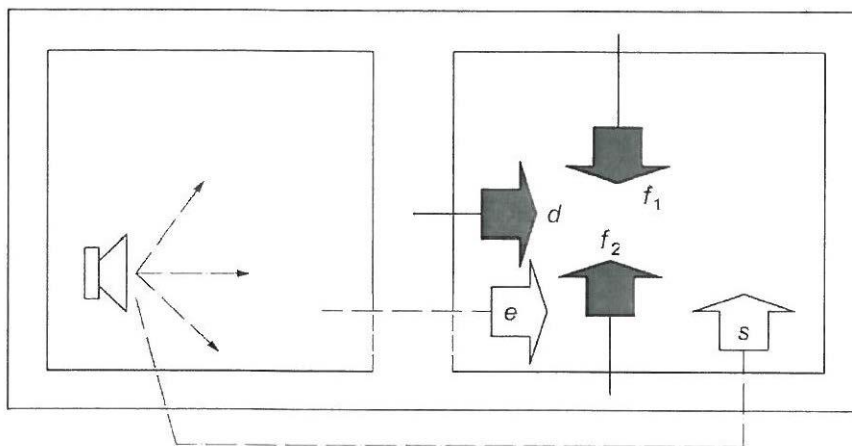
1.- Información, formación, pruebas y estudio de la Norma UNE-EN ISO 12354-1 de marzo de 2018, sobre la acústica de edificios: Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

2.- Mediciones para poder establecer un protocolo práctico para la comprobación de la norma UNE-EN ISO 12354-1.

3.- Acondicionamiento acústico de las aulas 05 y 06 del IES Zapatón.

En el bloque 1 se realizó un estudio detallado de la Norma UNE-EN ISO 12354-1, estableciéndose las diferentes contribuciones a la transmisión acústica total en un recinto y se definieron las trayectorias de transmisión acústica entre dos recintos.

En la figura 1 se ilustran las diferentes contribuciones a la transmisión acústica total en un recinto.



Leyenda

- d Radiado directamente por el elemento separador
- f_1 y f_2 Radiado por los elementos laterales
- e Radiado por los componentes montados en el elemento separador
- s Transmisión indirecta

El ruido radiado por un elemento estructural se puede considerar como la suma de la transmisión acústica del ruido estructural a través de diversas trayectorias. Cada trayectoria se puede identificar por el elemento i sobre el que el ruido incide en el recinto emisor y el elemento radiante j en el recinto receptor. Las trayectorias para un elemento lateral y el elemento separador se muestran en la figura 2, donde en el recinto emisor, los elementos i se designan con una F para el elemento lateral y con una D para el elemento separador y, en el recinto receptor, los elementos j se designan con una f para un elemento lateral y con una d para el elemento separador.

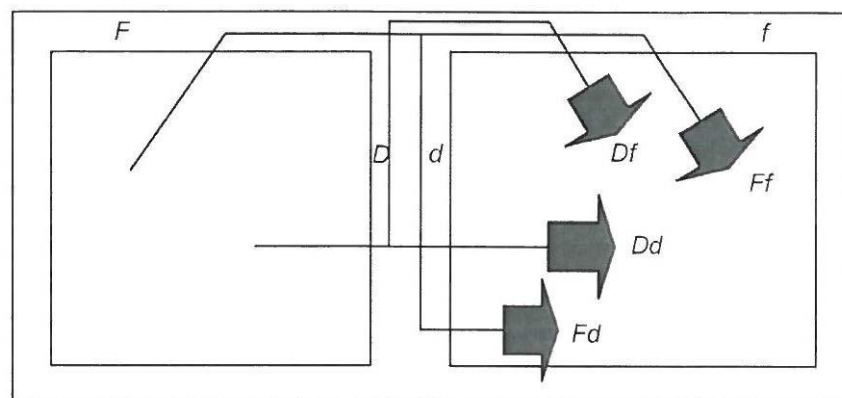


Figura 2.- Definición de las trayectorias de transmisión acústica ij entre dos recintos

Leyenda

- Dd Trayectoria directa directa
- Df Trayectoria lateral directa
- Fd Trayectoria directa lateral
- Ff Trayectoria lateral lateral

En este enfoque, las principales hipótesis son que las trayectorias de transmisión descritas se pueden considerar como independientes y que los campos acústicos y vibratorios se comportan de manera aleatoria. Teniendo en cuenta estas limitaciones, este enfoque es bastante general y permite, en principio, diferentes tipos de elementos estructurales, es decir, elementos monolíticos, paredes con cavidades, paredes ligeras de doble hoja y diferentes posicionamientos de los dos recintos. Sin embargo, las posibilidades disponibles de describir la transmisión por cada trayectoria imponen restricciones a este respecto. Es por ello por lo que el modelo presentado se limita a los recintos adyacentes,

Una vez estudiados los diferentes modelos de medición reflejados en la norma, consideramos que el modelo simplificado es el que más juego nos puede dar, porque el protocolo resultante se podrá utilizar en el 95 % de los casos a los que nos enfrentemos.

La aplicación del modelo simplificado está limitada sobre un rango de frecuencias comprendido entre 100 Hz y 3150 Hz. Nosotros lo hemos ampliado

hasta 50 Hz. Después de diferentes mediciones y pruebas, hemos comprobado que resulta muy beneficioso estudiar cómo reaccionan las frecuencias bajas entre 50 Hz y 100 Hz.

El modelo simplificado se aplica principalmente a las viviendas donde las dimensiones de los elementos son similares a las de las instalaciones de ensayo. Las desviaciones de esto pueden tener como efecto unos resultados menos precisos.

Para el protocolo de medición, el tiempo de reverberación se realizará sobre elementos de tipo A, por lo tanto, tendremos en cuenta el Anexo C de la Norma UNE-EN ISO 12354-1:2018, sobre Tiempo de reverberación estructural: Elementos de tipo A.

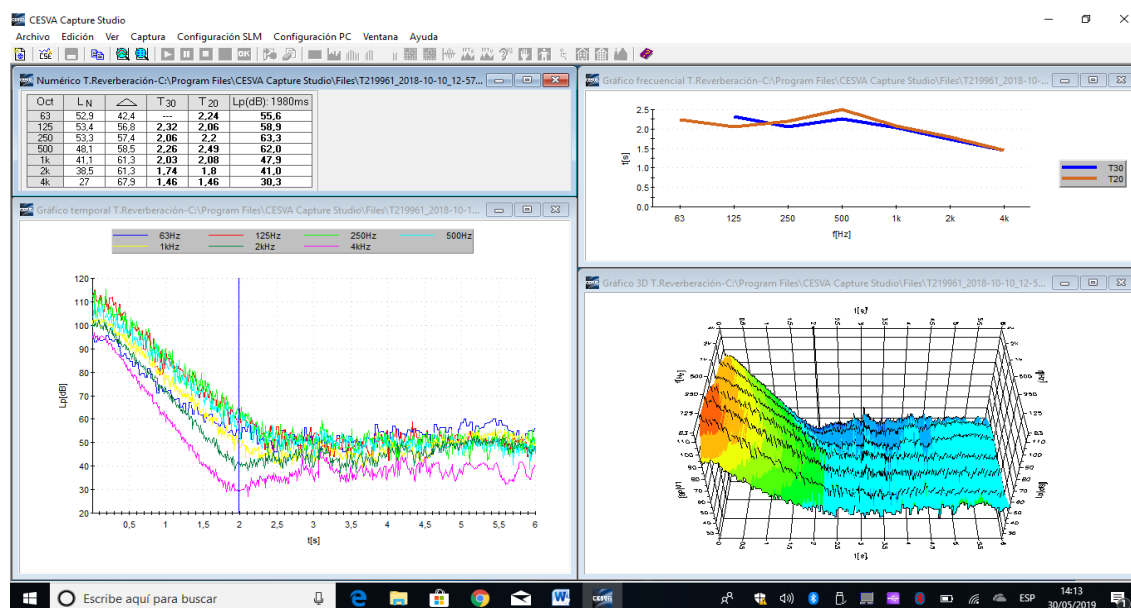
En el punto 3.3.5 de la Norma, se define elemento de tipo A como el elemento con un tiempo de reverberación estructural que viene determinado principalmente por los elementos conectados (al menos, hasta la banda de un tercio de octava de 1 000 Hz), y con una disminución del nivel vibratorio de menos de 6 dB a través del elemento en dirección perpendicular a la línea de la unión (al menos, hasta la banda de un tercio de octava de 1 000 Hz). Esto incluye por ejemplo el hormigón en obra, la madera maciza (incluidos los paneles de madera laminada), el vidrio, el plástico, el metal, los ladrillos/bloques/losas con un acabado/revestimiento (por ejemplo, escayola, enfoscado, pavimento, hormigón) que los conecta mecánicamente. Es decir, los materiales típicos de construcción.

En este mismo bloque 1, incluimos dos jornadas de trabajo con las empresas Vetson CESVA Instrumente S.L. y Última S.C. donde se mostró la utilización y mejor colocación de los equipos de medida:

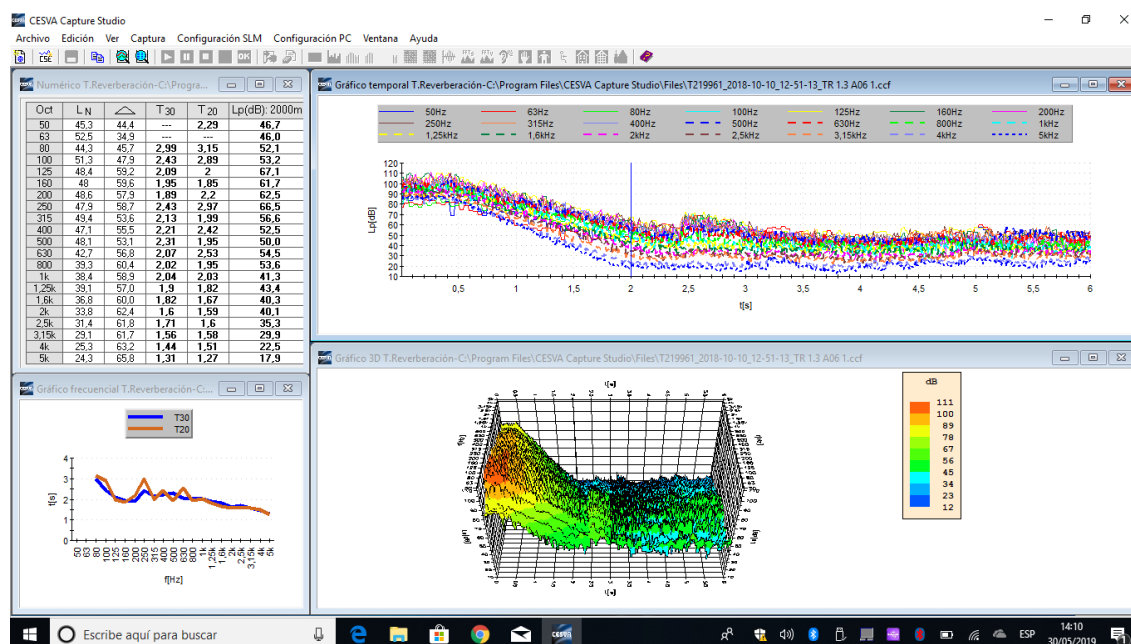
- Analizador de Espectro SC310.
- Analizador Acústico NTi XL2.
- Generador Minirator MR-PRO.
- Fuente sonora omnidireccional FP122.

En el bloque 2 se estuvieron realizando diferentes medidas acústicas para establecer el protocolo ajustado a la norma UNE-EN ISO 12354-1. Se realizaron medidas en el laboratorio de audio, en las aulas 05 y 06 y en los estudios de la cadena Radio Studio 88.

Se realizaron diferentes medidas de **tiempo de reverberación**:

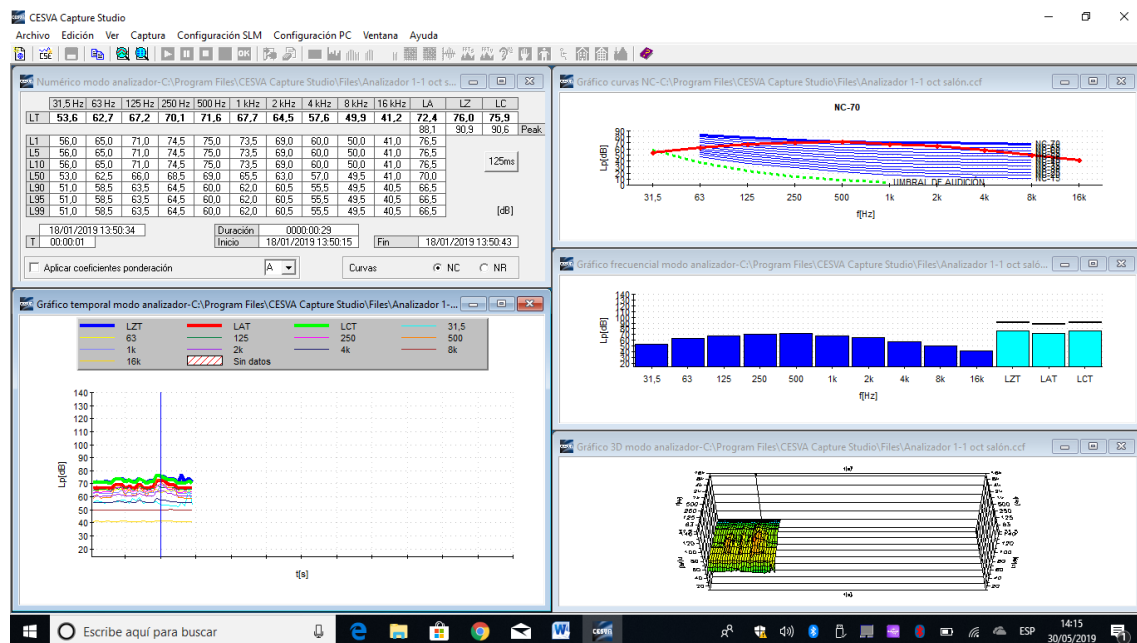


Tiempo de reverberación por octava

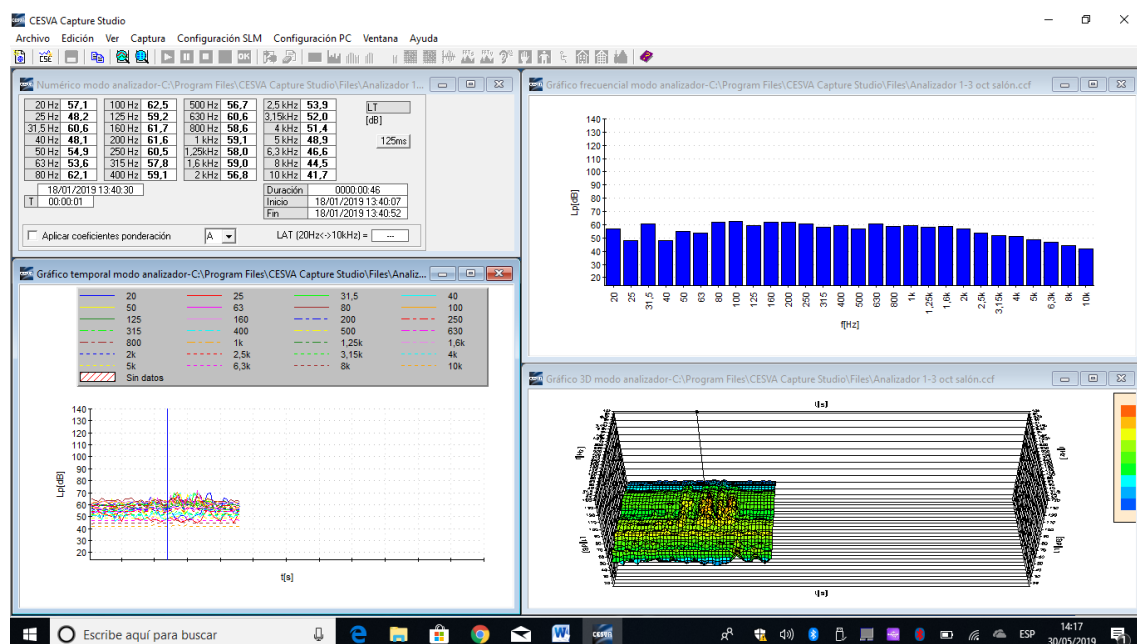


Tiempo de reverberación por tercio de octava

Se realizaron diferentes medidas para obtener los **espectros de frecuencia por octava y por tercio de octava**.



Espectro de audio por octava



Espectro de audio por tercio de octava

Se realizaron diferentes medidas para obtener el **índice de inteligibilidad**.

Informe Resumido STI

Informe acorde a las normas IEC 60268-16{ED4}, capítulo 7.6.4



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad del Aula 06
Descripción	Se midió el ruido de fondo y cinco medidas de STI con cinco personas en el aula.
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011

Todo		Media aritmética lav	0,24 STI	U
		Desviación estándar σ	0,01 STI	
		Resultado total: lav - σ	0,23 STI	U
1	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_010	0,22 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_010		
2	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_009	0,25 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_009		
3	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_008	0,24 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_008		
4	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_007	0,24 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_007		
5	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_006	0,25 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_006		

Informe STI

Version 4.12



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad del Aula 06		
Descripción	Se midió el ruido de fondo y cinco medidas de STI con cinco personas en el aula.		
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011		Unidad STI

1

Posición de medida STI	2018-10-26_STIPA_010					26/10/2018 13:04:13					
Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_010					26/10/2018 13:00:00					
Descripción											
	LAeq	Banda [Hz]									
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Nivel señal de test STI [dB]	70,9	LZeq	76,9	77,6	66,2	57,1	51,4	42,7	31,1		
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1		
			Ciclo								
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
Resultados obtenidos STI [STI]	0,41		0,409								
Estado	OK		OK								
Resultados obtenidos STI [STI]	0,22		0,223								
Incluyendo Ruido añadido											

2

Posición de medida STI	2018-10-26_STIPA_009				26/10/2018 13:03:45					
Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_009				26/10/2018 13:00:00					
Descripción										
	L _{Aeq}	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	70,2	L _{Zeq}	78,1	75,3	68,4	58,4	51,6	42,0	30,2	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	L _{Zeq}	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
			Ciclo							
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,42		0,418							
Estado	OK		OK							
Resultados obtenidos STI [STI]	0,25		0,251							
Incluyendo Ruido añadido										

3

Posición de medida STI 2018-10-26_STIPA_008

26/10/2018 13:03:15

Archivo de Ruido 2018-10-26_STIPA_008

26/10/2018 13:00:00

Descripción

	LAeq	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	68,7	LZeq	72,2	75,3	66,3	56,9	51,3	41,7	29,5	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
						Ciclo				
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,45		0,449							
Estado	OK		OK							
Resultados obtenidos STI [STI]										
Incluyendo Ruido añadido	0,24		0,244							

4

Posición de medida STI 2018-10-26_STIPA_007

26/10/2018 13:02:43

Archivo de Ruido 2018-10-26_STIPA_007

26/10/2018 13:00:00

Descripción

	LAeq	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	70,2	LZeq	76,9	76,6	65,8	57,1	50,8	40,6	28,2	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
						Ciclo				
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,44		0,445							
Estado	OK		OK							
Resultados obtenidos STI [STI] Incluyendo Ruido añadido	0,24		0,236							

5

Posición de medida STI 2018-10-26_STIPA_006

26/10/2018 13:02:05

Archivo de Ruido 2018-10-26_STIPA_006

26/10/2018 13:00:00

Descripción

	LAeq	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	69,3	LZeq	75,2	75,9	66,0	56,0	50,5	40,4	28,9	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
						Ciclo				
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,55		0,550							
Estado	fault		fault							
Resultados obtenidos STI [STI] Incluyendo Ruido añadido	0,25		0,254							

Posiciones de medida STI

(Niveles e Índices de modulación)



1

Posición STI 2018-10-26_STIPA_010

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_010_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,41	LAeq	70,9	LZeq	76,9	77,6	66,2	57,1	51,4	42,7	31,1
Ciclo1	0,409			LZeq	76,9	77,6	66,2	57,1	51,4	42,7	31,1
				mr1	0,61	0,75	0,70	0,45	0,68	0,70	0,23
				mr2	0,04	0,10	0,18	0,13	0,19	0,31	0,19

2

Posición STI 2018-10-26_STIPA_009

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_009_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,42	LAeq	70,2	LZeq	78,1	75,3	68,4	58,4	51,6	42,0	30,2
Ciclo1	0,418			LZeq	78,1	75,3	68,4	58,4	51,6	42,0	30,2
				mr1	0,55	0,76	0,64	0,56	0,57	0,67	0,07
				mr2	0,16	0,21	0,34	0,39	0,16	0,31	0,08

3

Posición STI 2018-10-26_STIPA_008

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_008_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,45	LAeq	68,7	LZeq	72,2	75,3	66,3	56,9	51,3	41,7	29,5
Ciclo1	0,449			LZeq	72,2	75,3	66,3	56,9	51,3	41,7	29,5
				mr1	0,42	0,60	0,74	0,52	0,71	0,81	0,19
				mr2	0,18	0,19	0,29	0,21	0,25	0,36	0,13

4

Posición STI 2018-10-26_STIPA_007

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_007_Report.txt

Medida STI		Banda [Hz]									
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,44	LAeq	70,2	LZeq	76,9	76,6	65,8	57,1	50,8	40,6	28,2
Ciclo1	0,445			LZeq	76,9	76,6	65,8	57,1	50,8	40,6	28,2
				mr1	0,63	0,47	0,80	0,58	0,68	0,82	0,39
				mr2	0,37	0,42	0,35	0,05	0,26	0,30	0,11

5

Posición STI 2018-10-26_STIPA_006

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_006_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
Banda ancha				125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Promedio	0,55	LAeq	69,3	LZeq	75,2	75,9	66,0	56,0	50,5	40,4	28,9
Ciclo1	0,550			LZeq	75,2	75,9	66,0	56,0	50,5	40,4	28,9
				mr1	0,89	0,76	0,84	0,32	0,80	1,01	1,29
				mr2	0,15	0,36	0,25	0,14	0,12	0,31	1,03

Ruido ambiental



Archivo de Ruido	Banda [Hz]	125	250	500	1k	2k	4k	8k
2018-10-26_STIPA_010	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_010_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_009	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_009_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_008	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_008_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_007	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_007_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_006	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_006_Report.txt								

Para el bloque tres estuvimos analizando los diferentes materiales que hay en el mercado para el acondicionamiento acústico. Nos decidimos por una empresa China y las características del material es el siguiente:



Super Dash 24 Unidades de 50 X 50 X 5cm Insonorizacion Pirámide Espuma Absorcion Aislamiento Acustica Paneles Tratamiento Conjunto SD1034 (AZUL & BORGONA)

8€ de descuento al crear tu primera lista de deseos. [Más información](#)

de Super Dash Pyramid Acoustic Foam
★★★★☆ 3 opiniones de clientes

Precio: EUR 169,99 & Envío GRATIS
Precio final del producto

Nota: Este producto no disfruta de las ventajas de Amazon Prime [\(más información\)](#).

Nuevos: 1 desde EUR 169,99

Tamaño: 50 x 50 x 5 cm

25 x 25 x 5 cm 50 x 50 x 5 cm

Color: Burgundy And Blue



- A estrenar Pirámide espuma acústica y Azulejos Hecho por importados de alta calidad de la espuma
- ENVÍO GRATIS Y DEVOLUCIONES GRATUITO A NIVEL MUNDIAL. 100% GARANTÍA DE REEMBOLSO! Nave en 7-14 días hábiles, todos los elementos incluía un número de seguimiento del envío y puede separarse debido al gran tamaño del volumen.
- Los azulejos acústicos de la espuma SOLAMENTE. OPCIONAL: Anadir mas faciles pegajosas tabs / cintas de montaje junto con su azulejo de la espuma acústica pirámide. Por favor DUPDO/PEGAR: "Super Dash transparente Espuma acústica de doble cara Cintas adhesivas montaje fácil Sticky Tabs (24 piezas)" y buscar en Amazon.
- OPCIONAL: Anadir mas tipos de espuma de insonorización (1) Bass Trap Espuma Azulejos, Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/1VWx7Tt" y la búsqueda de su navegador. (2) Pirámide de Espuma Azulejos, Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/21jyKO" y la búsqueda de su navegador y (3) Cuna de espuma Azulejos. Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/24Neito" y la búsqueda de su navegador. (4) MAS de Espuma Acústica, Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/2adKQn9" y la búsqueda de su navegador.
- Nota: Cada orden paquete / pack incluye 4 piezas fácil montaje pegajosa Tabs / cintas y Guías gratuitas de instalación. Tenga cuidado con los vendedores de Super Dash no que no tienen estos regalos.

Para un aula se utilizó la combinación azul y borgoña y para la otra aula gris y borgoña.



El material, una vez desembalado, hay que dejarlo que se expanda durante una semana. El fabricante recomienda humedecer el material, pero en Cantabria no ha sido necesario.

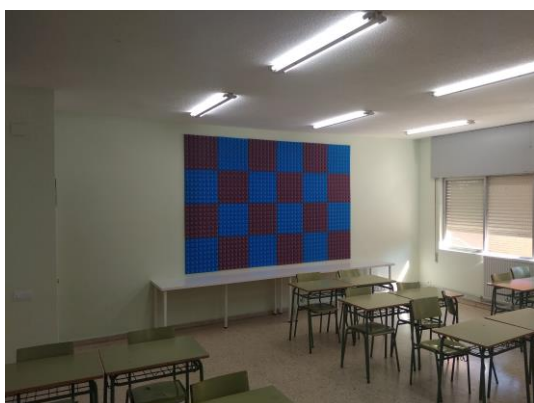
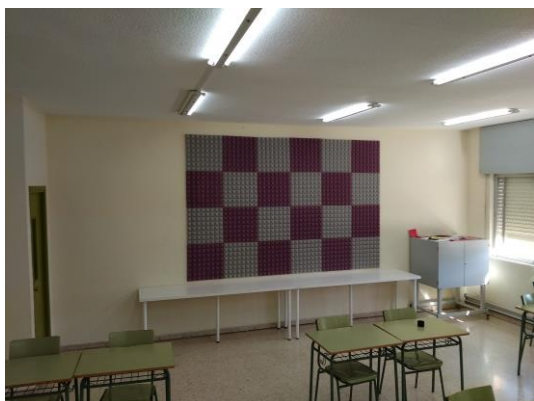


El análisis previo al acondicionamiento acústico consiste en las mediciones anteriores. Analizando esas mediciones, el acondicionamiento acústico tiene los siguientes objetivos:

- 1.- Reducir el tiempo de reverberación de 2,03 segundos a 1,3 segundos (para 1 KHz).
- 2.- Conseguir una respuesta en frecuencia lo más plana posible.
- 3.- Lograr que el índice de inteligibilidad supere los 0,50 STI.

En un primer momento, se cubrió en cada aula, una superficie de 12 m² (3 m de ancho y 2 m de alto), con 24 piezas en cada una. Fue insuficiente.

Posteriormente, se cubrió en cada aula, una superficie de 24 m² (6 m de ancho y 2 m de alto), con 48 piezas en cada una. Los resultados se reflejan en el aparatado siguiente b).



B.- Resultados y productos obtenidos

1.- Protocolo para la Medición del Aislamiento Acústico

Se ha establecido un protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos que cumple con la nueva Norma Española **UNE-EN ISO 12354-1 de marzo de 2018: Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.**

Estudiada la Norma, hemos comprobado que disponemos de los dispositivos necesarios, que consisten en un sonómetro/analizador de espectro CESVA SC 310 y una fuente sonora omnidireccional CESVA FP122. Ambos equipos nos permiten comunicarnos con ellos mediante bluetooth, lo que implica que no haya operarios en el recinto de medición, ya que no lo permite la Norma.

Configurar el proyecto

Las mediciones de aislamiento se realizan teniendo en cuenta una serie de aspectos que nos obliga la Norma:

Posiciones

Una característica importante para realizar la medición es conocer el número de posiciones donde se deberán ubicar los dispositivos, la Norma indica el número mínimo de estas posiciones. Los parámetros son:

- **EM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto emisor: **5 posiciones.**
- **RM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto receptor: **5 posiciones.**
- **ES:** Puntos de fuente sonora (FP122) en el recinto emisor: **2 posiciones.**
- **BM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto receptor para la medición del tiempo de reverberación: **5 posiciones.**
- **TM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto receptor: **3 posiciones.**
- **TS:** Puntos de fuente sonora (FP122) en el recinto receptor: **2 posiciones.**
- **TN:** Número de repeticiones para cada posición de micrófono en la medición de tiempo de reverberación: **1**

Tiempo de integración y Margen frecuencial

La Norma indica también el tiempo de integración que deberán tomar los analizadores de espectro para la medición del nivel equivalente. Este valor depende del **margen frecuencial** establecido, según la Norma debe estar, como mínimo, entre 100 Hz y 3150 Hz, pero nosotros hemos considerado que es razonable aumentarlo entre **50 Hz y 5000 Hz**. Tenemos equipos para poderlo hacer y la medida es mucho más exacta, sobre todo pensando en que los recintos poseen, normalmente, equipos audiovisuales con grandes márgenes de frecuencia.

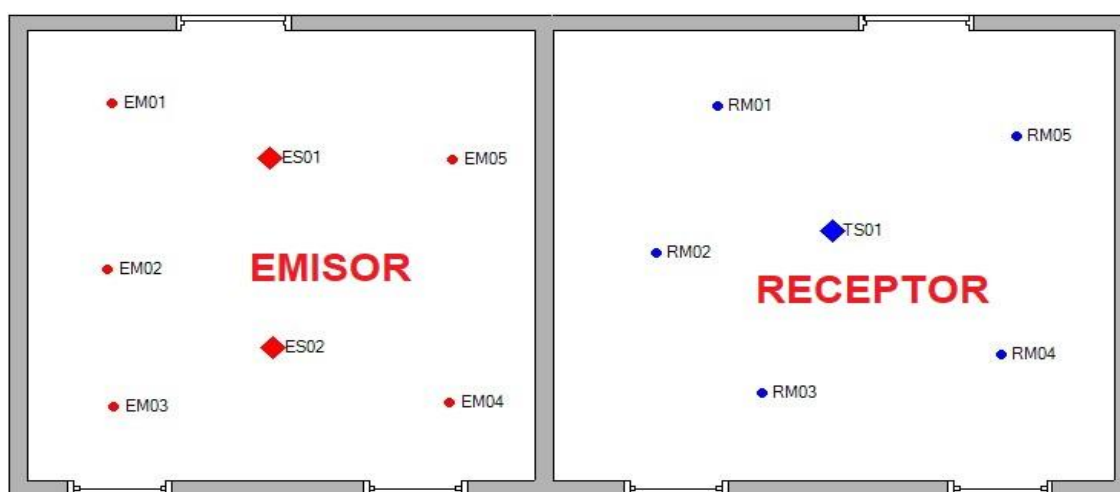
En definitiva, necesitamos un **Tiempo de Integración de 15 segundos**.

Tiempo de estabilización

La Norma establece un mínimo de tiempo para que se estabilice el ruido, según la ISO 12354-1, el **tiempo de estabilización debe ser de 1 segundo como mínimo**.

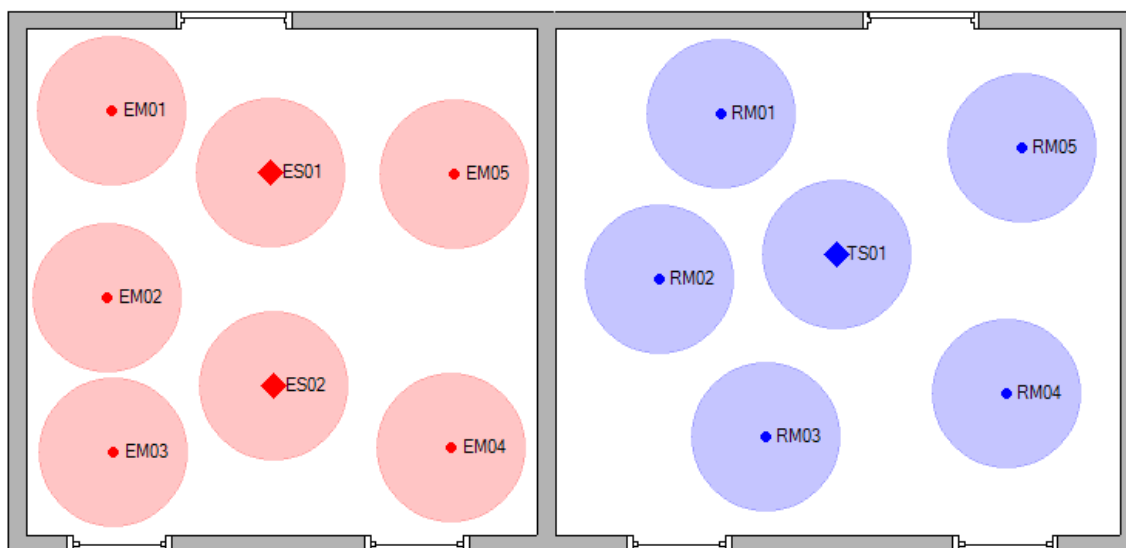
Recintos

Antes de empezar a hacer una medición es imprescindible conocer las características del recinto donde se va a realizar la medición ya que en función de estas se efectuará la distribución de las posiciones de los dispositivos. Los dispositivos se colocarán de forma uniforme a lo largo de todo el espacio útil en cada recinto.



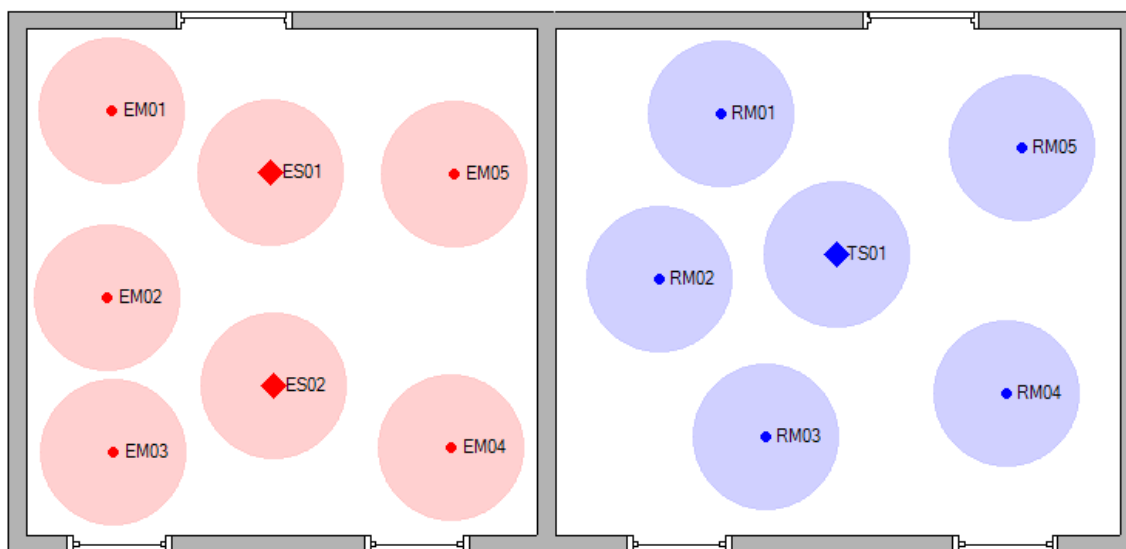
La Norma establece unas distancias mínimas entre los dispositivos y el contorno del recinto.

- **Distancia Micrófono/fuente:** La distancia mínima entre las posiciones del micrófono (SC310) y las posiciones de la fuente de sonido (FP122) tiene que ser de **1 m.**

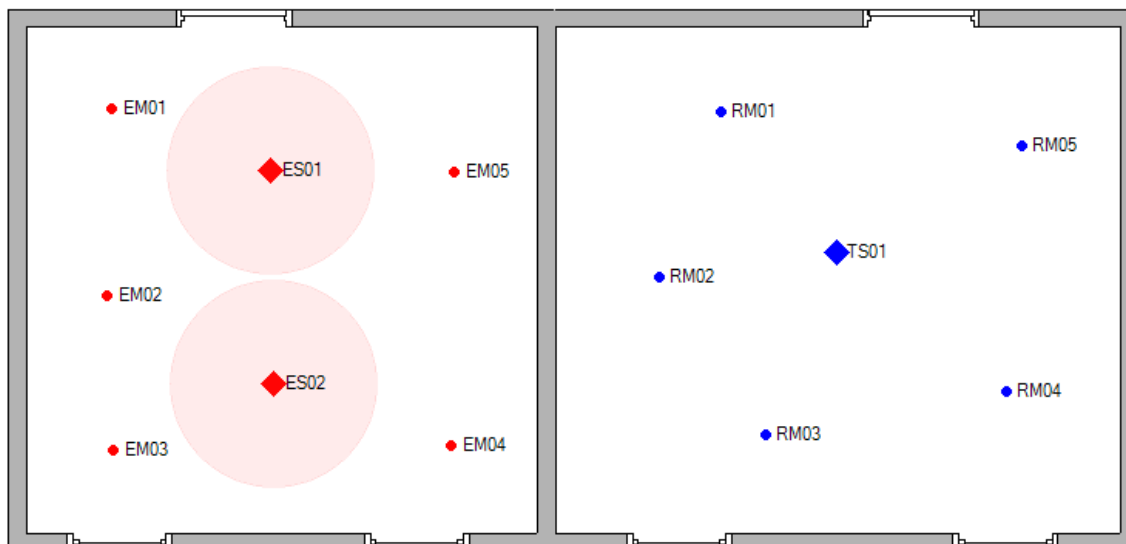


Hay que utilizar la lógica para una distribución uniforme a lo largo de todo el espacio útil, tanto en el recinto emisor como en el receptor y no se podrán solapar las distancias mínimas, en este caso de un metro.

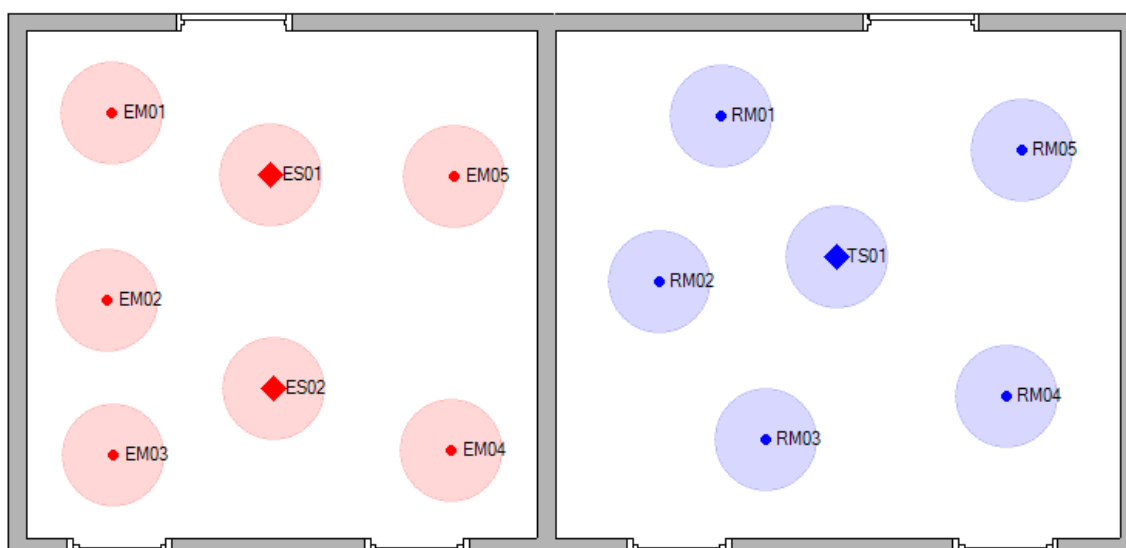
- **Distancia Micrófono/micrófono:** La distancia mínima entre micrófonos (SC310) debe ser de **0,70 m.**



- **Distancia Fuente/fuente:** La distancia mínima entre las fuentes debe ser de **1,40 m.**



- **Distancia Dispositivo/pared:** La distancia mínima entre cualquier dispositivo y la pared debe ser de **0,50 m.**



Recordamos que la M significa Micrófono, S fuente de sonido, E recinto emisor, R recinto receptor y T es donde ponemos la fuente de sonido para medir el tiempo de reverberación que como se puede observar se realiza en el recinto receptor.

Descripción de la medición

Las mediciones se deben hacer con filtros de tercio de octava.

El campo sonoro generado ha de ser suficiente para que el nivel de presión sonora en las bandas que se quiere medir, en el local receptor, sea como mínimo 10 dB superior al nivel de presión sonora de fondo (las mediciones de presión sonora de fondo se realizarán en el recinto receptor).

Los niveles de presión sonora se miden en las bandas de tercio de octava con frecuencia central: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 y 3150 Hz.

Se medirá el tiempo de reverberación con una sola posición de la fuente omnidireccional y se harán 2 mediciones en 3 puntos diferentes, en total se harán 6 mediciones en el local receptor.

El ruido de fondo es conveniente que esté 10 dB por debajo de los niveles medidos. En el caso de que esté entre 10 y 6 dB, realizar la corrección de ruido de fondo.

Las mediciones se realizarán sin operarios en el recinto a medir.

Pasos que seguir

Medición del ruido de fondo

- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM05 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM04 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM03 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM02 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM01 y medir.

Calibración de la fuente sonora mediante el amplificador AP602

Manteniendo el analizador en RM01, ubicamos la fuente sonora en ES01 y mediante el amplificador AP602 proporcionamos ruido rosa hasta que el nivel supere en 10 dB (como mínimo) el nivel de ruido de fondo para cada tercio de banda de octava.

Medida en la recepción

- Mantener el analizador en RM01 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM02 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM03 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM04 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM05 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM05 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM04 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM03 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM02 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM01 y la fuente sonora en ES02 y medir.

El analizador de espectro debe medir durante 15 segundos (tiempo de integración) en cada posición para ser válida la medida.

Medida en emisión

- Mantener el analizador en EM01 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM02 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM03 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM04 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM05 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM05 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM04 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM03 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM02 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM01 y la fuente sonora en ES01 y medir.

El analizador de espectro debe medir durante 15 segundos (tiempo de integración) en cada posición para ser válida la medida.

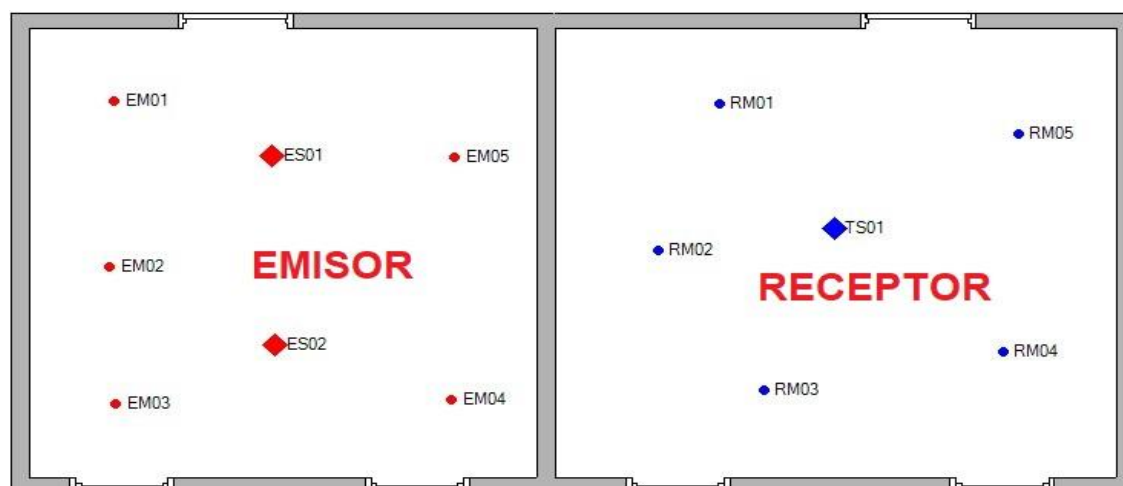
Medida del tiempo de reverberación

Para una correcta medición del tiempo de reverberación debemos conseguir emitir mediante la fuente sonora un ruido rosa que supere en 35 dB el ruido de fondo para medir en base a T_{20} y en 45 dB para medir en base a T_{30} .

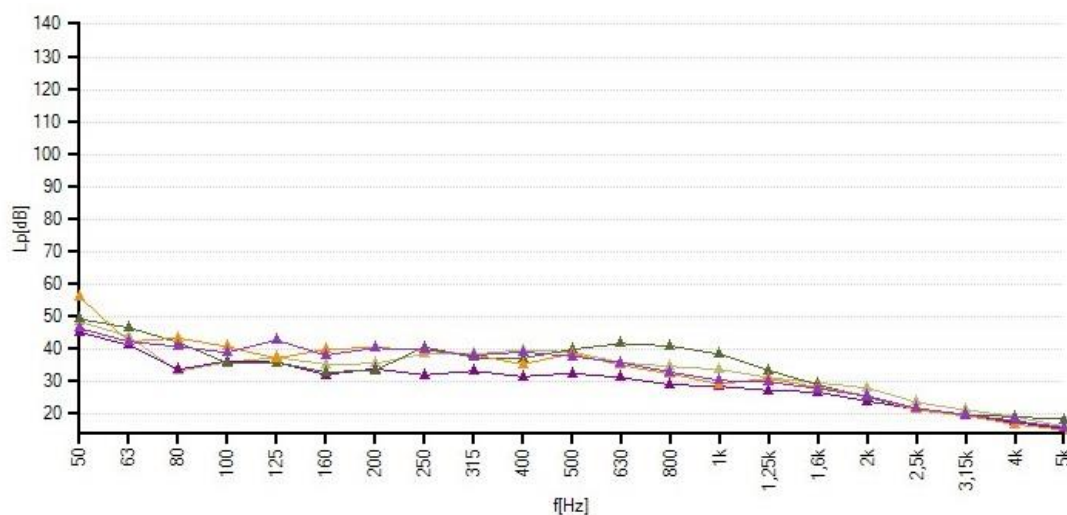
- Ubicamos el analizador en la posición RM01 y la fuente sonora en TS01. Emitimos ruido rosa y medimos.
- Ubicamos el analizador en la posición RM02 y la fuente sonora en TS01. Emitimos ruido rosa y medimos.
- Ubicamos el analizador en la posición RM03 y la fuente sonora en TS01. Emitimos ruido rosa y medimos.

Presentación de datos mediante un ejemplo

Presentamos los resultados de la medición del 11 de febrero de 2019 realizada en dos aulas, cuyos planos son los descritos en las páginas anteriores.

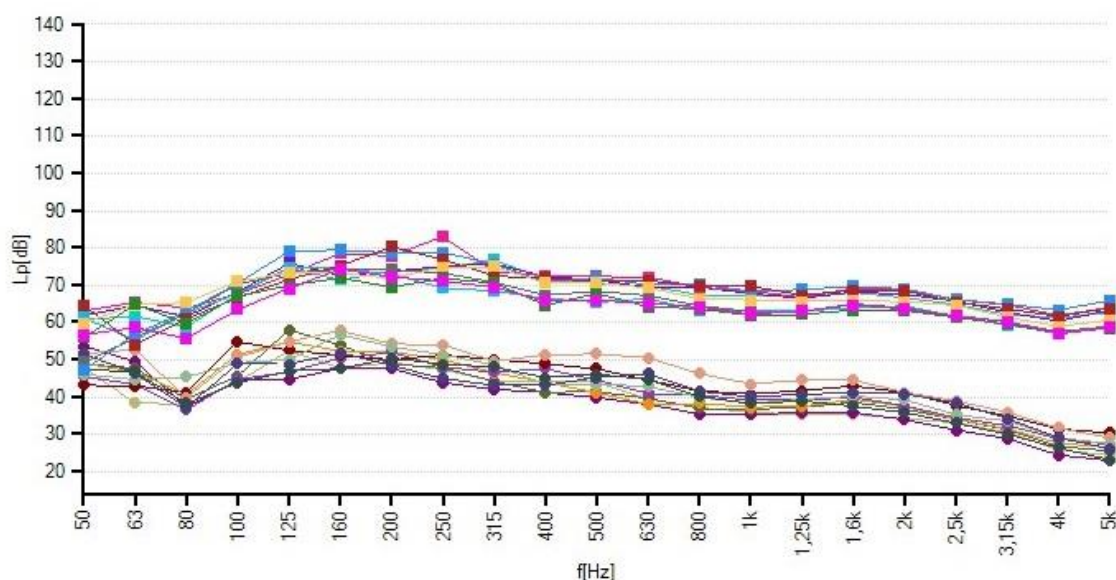


Medición del ruido de fondo



Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,2
11-2 -19_14-08-34_219961_RTA	48,2	43,6	32,8	35,6	37,1	35,0	35,2	38,2	38,1	39,4	38,8	35,5	34,3	33,4	31,1
11-2 -19_14-09-42_219961_RTA	44,9	40,9	33,3	36,0	35,6	31,8	33,6	31,7	32,9	31,2	32,2	30,9	28,7	28,2	21,1
11-2 -19_14-10-20_219961_RTA	49,0	46,3	41,8	35,4	35,6	32,6	33,1	40,3	37,1	36,8	39,6	41,4	40,6	38,1	31,1
11-2 -19_14-10-48_219961_RTA	55,8	42,0	43,1	40,4	36,8	39,6	40,2	39,3	38,0	35,0	38,3	34,7	32,0	28,9	31,1
11-2 -19_14-11-17_219961_RTA	46,1	42,0	40,5	38,6	42,4	37,8	40,0	39,5	37,7	38,8	37,5	35,5	32,6	30,0	21,1

Medida en emisión y en recepción



Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25
11-2-19_14-15-47_219961_RTA	47,9	38,2	38,0	43,9	52,3	47,7	49,1	47,2	44,1	44,0	43,9	39,3	37,0	35,8	35,
11-2-19_14-16-47_219961_RTA	53,5	49,4	37,1	44,3	44,6	47,5	47,5	43,7	41,9	41,1	39,7	37,9	35,3	35,1	35,
11-2-19_14-17-33_219961_RTA	48,7	47,6	39,3	45,5	57,9	53,7	48,7	47,7	44,0	41,1	41,3	39,5	36,8	36,6	37,
11-2-19_14-18-05_219961_RTA	48,9	46,6	40,5	51,3	54,7	52,2	52,0	49,9	46,4	43,8	41,0	37,9	38,1	37,2	37,
11-2-19_14-18-34_219961_RTA	45,3	43,3	36,4	44,6	46,6	50,3	51,8	47,9	46,5	47,4	44,4	40,8	40,4	39,0	39,
11-2-19_14-20-53_219961_RTA	43,0	42,9	41,0	54,7	52,4	51,1	49,8	51,1	49,9	48,8	47,4	44,4	41,5	40,7	41,
11-2-19_14-21-28_219961_RTA	51,5	52,6	39,7	50,5	54,7	57,7	54,1	53,8	49,5	51,2	51,4	50,4	46,1	43,4	44,
11-2-19_14-21-55_219961_RTA	46,0	44,5	45,2	49,0	49,9	56,6	53,3	51,2	48,5	43,2	43,4	42,6	39,8	38,2	39,
11-2-19_14-22-21_219961_RTA	51,4	46,3	37,1	48,8	48,7	51,7	48,3	44,8	43,0	43,0	45,1	46,1	41,4	39,9	40,
11-2-19_14-22-46_219961_RTA	47,3	46,6	38,1	43,7	46,8	47,5	50,3	48,7	47,9	45,1	46,0	44,5	40,0	38,1	38,
11-2-19_11-56-34_219961_RTA	60,7	61,5	58,6	67,4	74,5	71,3	73,5	74,4	76,6	71,5	70,2	69,7	67,2	67,2	66,
11-2-19_11-57-39_219961_RTA	61,7	64,4	61,4	68,1	75,7	72,5	73,5	74,9	75,6	72,1	71,3	69,2	69,4	67,6	66,
11-2-19_11-58-28_219961_RTA	63,0	65,3	63,7	67,5	72,7	78,4	77,7	82,9	73,6	72,4	72,2	72,0	69,3	68,3	66,
11-2-19_11-59-21_219961_RTA	61,1	55,1	62,3	67,6	74,6	74,3	72,8	69,1	68,3	66,3	65,3	66,2	63,2	63,2	63,
11-2-19_12-00-02_219961_RTA	49,2	55,7	62,3	70,1	73,1	74,1	74,1	73,1	70,6	67,2	68,2	67,1	64,3	62,8	62,
11-2-19_12-01-16_219961_RTA	47,1	56,7	62,9	70,4	78,9	79,3	78,5	78,7	75,4	70,7	71,9	69,9	70,1	68,2	68,
11-2-19_12-01-53_219961_RTA	64,5	54,0	60,8	66,5	71,4	75,1	80,1	76,8	72,3	71,7	70,8	71,1	69,5	69,5	67,
11-2-19_12-02-45_219961_RTA	59,7	64,6	65,2	70,9	73,2	73,1	71,7	74,7	74,8	70,4	70,6	69,1	66,3	65,9	65,
11-2-19_12-03-28_219961_RTA	55,8	64,7	59,6	66,9	69,8	71,8	69,3	71,7	70,4	64,5	67,6	64,1	63,5	61,8	62,
11-2-19_12-04-09_219961_RTA	56,6	58,5	55,6	63,3	69,0	74,2	72,1	71,0	69,3	65,6	65,8	65,0	64,0	62,1	62,

Comprobamos que las medidas varían con la frecuencia. Tomando como referencia la frecuencia de 1 KHz, tenemos un ruido de fondo de **31,7 dB**.

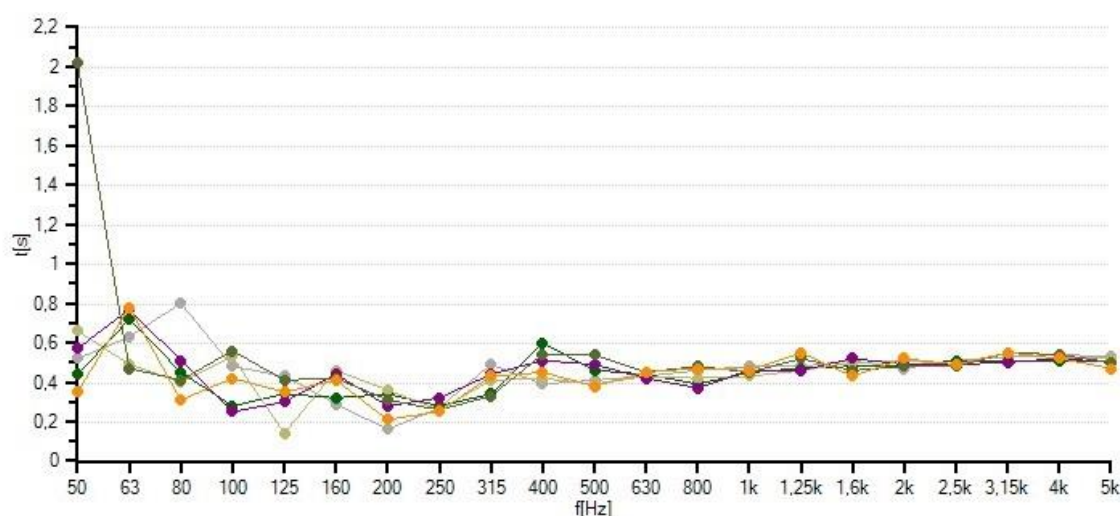
Emitimos un ruido rosa con una media de 70 dB, en concreto en 1 KHz tenemos **66,7 dB**.

En el local **receptor** nos encontramos para la frecuencia de 1 KHz un ruido de **38,4 dB**.

Estos valores nos indican que el **aislamiento** es de $66,7 \text{ dB} - 38,4 \text{ dB} = 28,3 \text{ dB}$.

También comprobamos que tenemos un tiempo de reverberación que no perjudica el aislamiento al situarse por debajo de 1 segundos.

Medida del tiempo de reverberación



Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k
11-2-19_12-08-58_219961_F	0,52	0,63	0,80	0,48	0,43	0,29	0,16	0,27	0,49	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,48	0,51
11-2-19_12-12-15_219961_F	0,44	0,72	0,45	0,28	0,34	0,32	0,34	0,28	0,34	0,60	0,46	0,44	0,39	0,45	0,47	0,48
11-2-19_12-14-04_219961_F	0,66	0,49	0,40	0,53	0,14	0,46	0,36	0,26	0,41	0,42	0,39	0,43	0,42	0,43	0,46	0,50
11-2-19_12-15-30_219961_F	0,57	0,77	0,51	0,25	0,30	0,44	0,28	0,32	0,44	0,51	0,49	0,42	0,37	0,46	0,46	0,52
11-2-19_12-16-53_219961_F	2,02	0,47	0,41	0,56	0,41	0,42	0,31	0,26	0,33	0,54	0,54	0,45	0,48	0,45	0,52	0,46
11-2-19_12-17-49_219961_F	0,35	0,78	0,31	0,42	0,35	0,41	0,21	0,25	0,43	0,45	0,38	0,45	0,47	0,46	0,55	0,43

2.- Práctica para la Medición del Aislamiento Acústico

Se ha diseñado la práctica: Medición del Aislamiento Acústico, que quedará incorporada a la Programación del módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización del Ciclo Formativo de Grado Medio Instalaciones de Telecomunicaciones. El boceto de esta es el siguiente:

Título: Medición del Aislamiento Acústico.

Objetivos:

- Adquirir destreza en el manejo de la aparatología necesaria.
- Obtener el aislamiento acústico de un elemento constructivo.
- Conocer los diferentes materiales para el aislamiento acústico.

Equipo y material necesario:

- Sonómetro analizador de espectro CESVA SC310.
- Trípode para el sonómetro.
- Altavoz omnidireccional CESVA BP012.
- Trípode para la fuente sonora.
- Amplificado mono CESVA AP602.
- PC con el software CESVA CAPTURE STUDIO.
- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el sonómetro.
- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el amplificador.
- Software BlueSoleil para organizar los dispositivos Bluetooth.
- Cable de conexión del amplificador al altavoz de un mínimo de 10 m.

Fundamentos teóricos:

Se mostrará al alumnado los fundamentos básicos sobre la Norma UNE-EN ISO 12354-1 referente a la acústica de edificios y en concreto a la Parte 1 de la norma: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

Se explicará el protocolo para medir el aislamiento establecido en este proyecto.

Se explicará el funcionamiento de la aparatología y se entregará los manuales en pdf.

Se hará un repaso teórico del análisis acústico de un recinto:

- Análisis espectral de audio.
- Tiempo de reverberación del recinto.

Desarrollo práctico:

A.- Material y equipamiento utilizado.

B.- Plano de los locales emisor y receptor.

C.- Indica los valores de configuración del proyecto para una medición de aislamiento al ruido aéreo entre recintos según la Norma UNE-en ISO 12354-1.

D.- Indica la colocación de los diferentes equipos en los recintos emisor y receptor.

D1.- Distancias que debe haber entre:

- Micrófono-fuente.
- Micrófono-micrófono, fuente-fuente.
- Dispositivo-pared.

D2.- Dimensiones de los recintos y del elemento separador.

E.- Siguiendo el protocolo de medición del aislamiento acústico, obtén los valores de ruido de fondo, sonido emitido, sonido recibido y tiempo de reverberación.

F.- Representa las mediciones de ruido de fondo: son los espectros de ruido de fondo medidos en la sala de recepción.

G.- Representa las mediciones de emisión y recepción: son los espectros medidos en la sala de emisión y recepción respectivamente.

H.- Representa las mediciones de tiempo de reverberación.

I.- Conclusiones.

Nota: Para comprobar la efectividad de los materiales aislantes, la práctica anterior se puede realizar entre dos aulas no tratadas acústicamente y entre las aulas 05 y 06, donde se ha realizado la siguiente actuación acústica:

3.- Tratamiento acústico de dos aulas

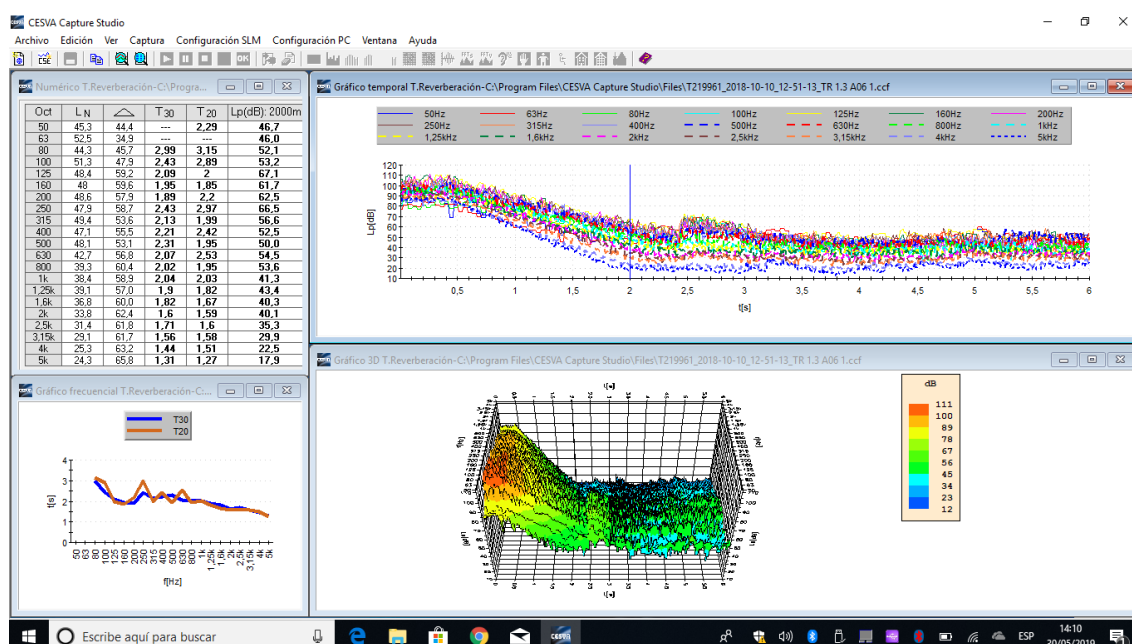
A las aulas 05 y 06 del IES Zapatón se le ha sometido a un tratamiento acústico tal como se muestra en las imágenes.



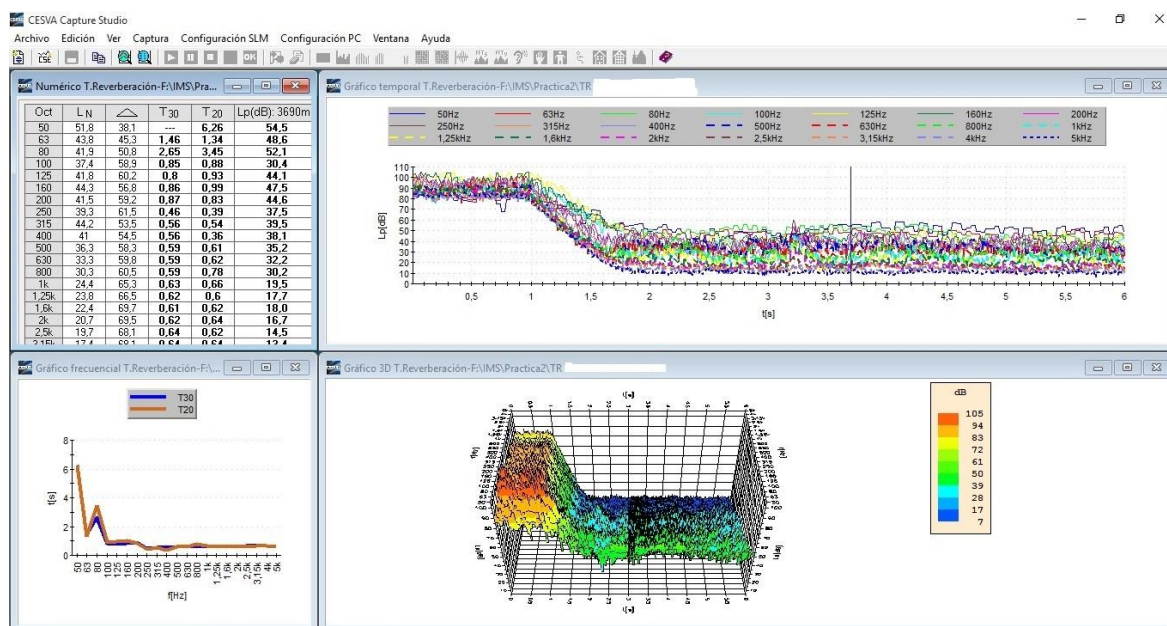
La pared enfrentada a la pizarra se ha forrado con 24 m² de paneles de espuma piramidal. Seguidamente exponemos los resultados acústicos obtenidos comparándolos con los que se obtenían con anterioridad a la actuación.

Tiempo de reverberación

Anterior



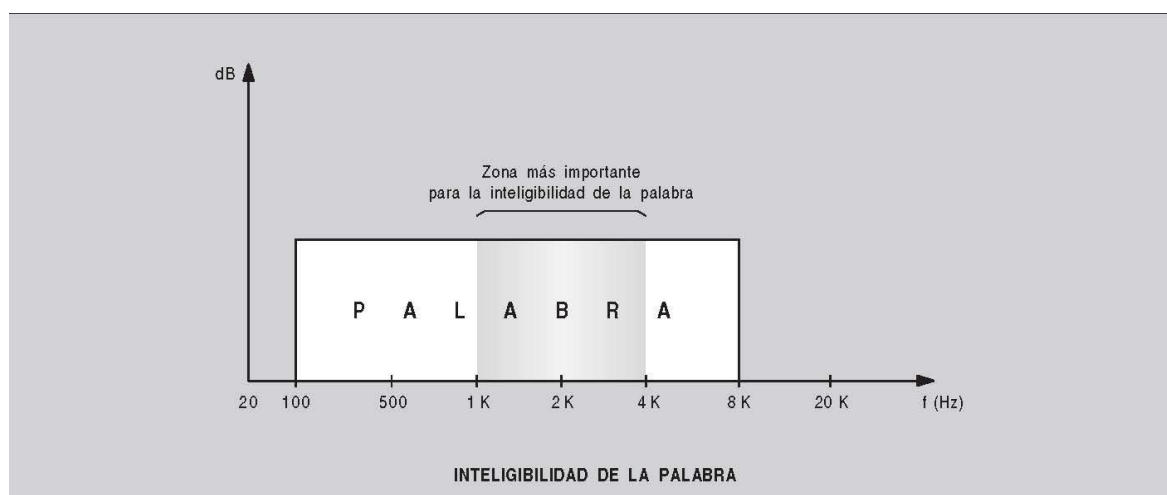
Posterior



Se observa que se ha bajado significativamente el tiempo de reverberación pasando de unos 2 segundos a 1 segundo. En concreto en la frecuencia de referencia de 1 KHz para T_{30} , se ha pasado de 2,04 segundos a 0,63 segundos.

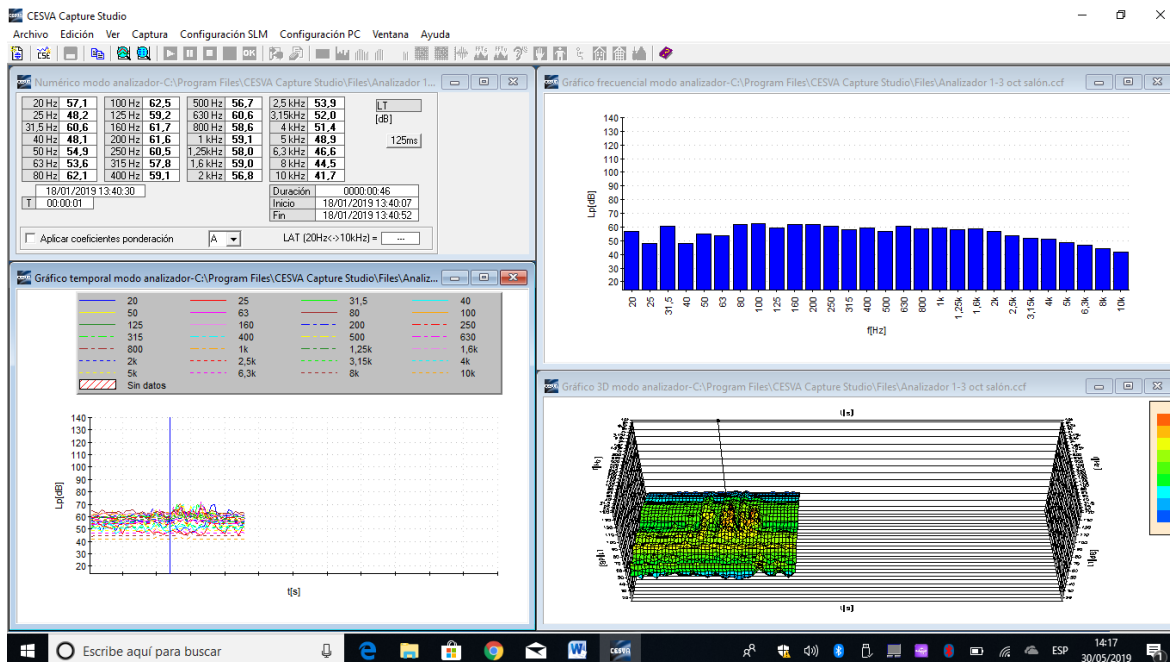
Un tiempo de reverberación inferior a un segundo mejora la inteligibilidad y ayuda al aislamiento acústico.

Se ha mejorado en todas las frecuencias del espectro audible y en especial en las frecuencias del habla.

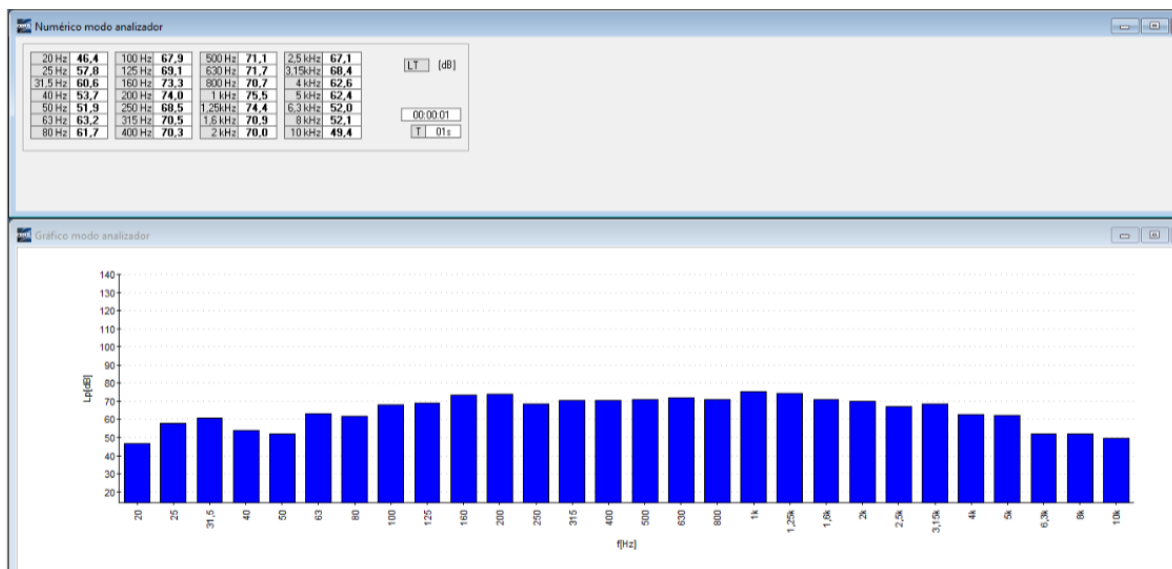


Respuesta en frecuencia

Anterior



Posterior



En la respuesta en frecuencia no se observan cambios significativos. Es cierto que partimos de una respuesta bastante plana y uniforme, lo que es bueno. En definitiva, con la actuación realizada en las aulas, mantenemos una respuesta buena para la comunicación oral.

Inteligibilidad

Anterior

Informe Resumido STI

Informe acorde a las normas IEC 60268-16{ED4}, capítulo 7.6.4



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad del Aula 06
Descripción	Se midió el ruido de fondo y cinco medidas de STI con cinco personas en el aula.
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011

Todo	Media aritmética lav		0,24 STI	U
	Desviación estándar σ		0,01 STI	
	Resultado total: lav - σ		0,23 STI	U
1	Descripción		0,22 STI	U
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_010		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_010		
2	Descripción		0,25 STI	U
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_009		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_009		
3	Descripción		0,24 STI	U
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_008		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_008		
4	Descripción		0,24 STI	U
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_007		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_007		
5	Descripción		0,25 STI	U
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_006		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_006		

Posterior

Informe Resumido STI

Informe acorde a las normas IEC 60268-16{ED4}, capítulo 7.6.4



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad en el IES Zapatón				
Descripción	Medidas con un rango superior a 0,60 STI.				
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011				

Todo	Media aritmética lav		0,70 STI	B
	Desviación estándar σ		0,08 STI	
	Resultado total: lav - σ		0,62 STI	D

1	Descripción		0,65 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_000		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_000		

2	Descripción		0,67 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_002		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_002		

3	Descripción		0,67 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_003		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_003		

4	Descripción		0,85 STI	A+
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_009		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_009		

5	Descripción		0,67 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_012		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_012		

Tabla Índice de inteligibilidad STI.

STI	Inteligibilidad
0-0,3	Incomprensible
0,3- 0,45	Pobre
0,45-0,6	Regular
0,6- 0,75	Buena
0,75-1	Excelente

Después del acondicionamiento acústico, las mediciones han dado rangos superiores a 0,60 STI, por lo tanto, todas ellas, según la norma, tienen una inteligibilidad BUENA o EXCELENTE.

Conclusión

La acústica del aula ha mejorado notablemente. El profesorado que utiliza el aula ha manifestado que tiene que hacer un menor esfuerzo al hablar y la comunicación se realiza con una inteligibilidad perfecta, alejada de la reverberación anterior. La adaptación acústica ha sido agradecida unánimemente.

C.- Participantes y su colaboración

Elías Urbistondo Pérez, Profesor Técnico de Formación Profesional, presentó el proyecto al alumnado de 2º de Instalaciones de Telecomunicaciones fijando los objetivos a conseguir, recopiló información, a través de internet, sobre la contaminación por ruido y el aislamiento acústico.

Pedro Fernández Rey, Profesor Técnico de Formación Profesional, se encargó de procesar informáticamente todos los datos obtenidos y colaboró en la creación del protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos según la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1.

Juan Carlos Jorge Monllor, Profesor Técnico de Formación Profesional, colaboró en realizar análisis acústicos en diferentes recintos del Instituto y en las instalaciones de Radio Estudio 88. También colaboró en la creación del protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos según la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1.

Eduardo Solís Muñoz, Profesor Técnico de Formación Profesional, coordinó el proyecto, diseñó la práctica de la medición del aislamiento acústico, experimentó con el alumnado, se encargó de realizar análisis acústicos en los diferentes recintos del Instituto y en las instalaciones de Radio Estudio 88. Ha creado el protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos según la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1.

El Alumnado del módulo de Instalaciones de megafonía y sonorización del Ciclo Formativo de Grado Medio de Instalaciones de Telecomunicaciones, experimentó y obtuvo todas las medidas necesarias.

Los Servicios Técnicos de las empresas Vetson CESVA Instrument S.L. y Última S.C., se encargaron del asesoramiento y coordinaron las jornadas de formación para todos los participantes en el proyecto, alumnado y profesorado, donde se mostró la utilización y mejor colocación de los equipos de medida:

- Analizador de Espectro SC310.
- Analizador Acústico NTi XL2.
- Generador Minirator MR-PRO.
- Fuente sonora omnidireccional FP122.

Radio Estudio 88 facilitó el trabajo del estudio acústico que se realizó en sus instalaciones.

D.- Recursos y equipamientos utilizados/adquiridos.

Recursos y equipamiento utilizado:

- Sonómetro analizador de espectro CESVA SC310.
- Trípode para el sonómetro.
- Altavoz omnidireccional CESVA BP012.
- Trípode para la fuente sonora.
- Amplificador mono CESVA AP602.
- Ecualizador mono de 1/3 de octava Fonestar FEQ-31.
- PC con el software CESVA CAPTURE STUDIO.
- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el sonómetro.

- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el amplificador.
- Software BlueSoleil para organizar los dispositivos Bluetooth.
- Cable de conexión del amplificador al altavoz de un mínimo de 10 m.
- Generador de señal de audio analógico NTi Audio MR Pro Minirator.
- Analizador acústico NTi Audio XL2.
- 2 x Monitor dBTechnologies Opera 10.

Recursos y equipamiento adquiridos:

- AENOR Norma EN ISO 12354-1. Acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.
- Equipo de audio para pruebas de aislamiento:
 - Amplificador Denon PMA-520AE.
 - Amplificador Onkyo A-9010-S.
 - Altavoces Auna V7B.
 - Mesa de mezclas Power Dynamics PDM-S604.
 - Máquina de grabación alta fidelidad Okki-Nokki.
- Hardware y software para la medición del aislamiento:
 - NCH- software.
 - Portátil Lenovo G50 17".
 - Portátil Lenovo W540 tablet.
 - Funda portátil.
- Material para acondicionamiento y aislamiento acústico:
 - Súper Dash insonorización pirámide espuma.
 - Ace Punch panel piramidal de espuma acústica.
 - Cola de contacto Ceys MS1942 y cola aerosol Feuvert.

F.- Desajustes respecto a lo previsto en el proyecto y soluciones aplicadas

No se ha podido realizar mediciones en los Estudios de grabación Vindeo. La empresa trabaja a mínimos y el contacto con ellos ha sido infructuoso. Se comprometieron a trabajar con nosotros, pero al final no ha sido posible.

Las mediciones en el local de Radio Estudio 88 ha resultado insatisfactorio, porque el recinto no posee ninguna adaptación acústica, por lo que las medidas realizadas han sido como las efectuadas en aulas del Instituto antes de la adaptación acústica realizada.

Estos inconvenientes se han solventado con más mediciones acústicas en diferentes estancias del IES Zapatón.

De momento no se ha creado una empresa Spin-Off, pero se ha avanzado en un plan de colaboración entre el IES Zapatón y la empresa Última S.C., por el cual el Centro colaborará con dicha empresa en eventos donde necesiten ampliar equipamiento. En esos casos, el IES Zapatón podrá cederles equipo y el alumnado del centro podrá realizar prácticas reales con la empresa.

G.- Aplicaciones futuras.

A partir del curso 2019-20, se incluirá la práctica de Medición del Aislamiento Acústico en la programación del módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización del ciclo formativo de grado medio Instalaciones de Telecomunicaciones.

El protocolo de medición del aislamiento acústico adaptado a la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1, Parte 1: aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, se ha mostrado a empresas del sector que colaboran con nosotros en las FCT y sus protocolos los adaptarán a lo planteado por nuestro proyecto.

La adaptación acústica efectuada en las aulas 05 y 06 del Centro se irá implantando en aquellas aulas donde el profesorado considere que hay un problema de falta de inteligibilidad.

H.- Valoración final. Conclusiones.

La **valoración** del proyecto es muy positiva. Observando el cumplimiento de los objetivos definidos en el proyecto, todos se han cumplido satisfactoriamente excepto dos que no se han desarrollado y la creación de una empresa Spin-Off, aunque no se ha realizado, sí se ha avanzado en su ejecución para un futuro.

Objetivo	Satisfactorio Insatisfactorio
Desarrollar un protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos que cumpla la nueva norma de marzo de 2018 UNE-EN ISO 12354-1:2018, comprobando o resolviendo los siguientes aspectos:	Satisfactorio
- Solucionar las dificultades al aplicar la norma a espacios reducidos.	Satisfactorio
- Procedimentar las suficientes repeticiones y reproducciones para cumplir la norma con garantías.	Satisfactorio
- Satisfacer la medición en bandas de bajas frecuencias.	Satisfactorio
- Comprobar el protocolo para recintos con estructuras ligeras.	No realizado
- Reducir el equipo y el cableado que se necesita para mediciones de campo.	Satisfactorio
- Reducir los tiempos de medición.	Satisfactorio
- Establecer una conexión por bluetooth entre equipos para mediciones sin operarios en el recinto.	Satisfactorio
- Resolver la problemática de la diferencia de presión acústica entre la zona central y las zonas próximas a las paredes en los espacios reducidos.	Satisfactorio
- Comprobar las distancias entre equipos y los límites de recintos para diferentes rangos de frecuencias.	Satisfactorio
- Establecer un mínimo de precisión para el cálculo del tiempo de reverberación para bandas de tercio de octava por debajo de 100 Hz.	Satisfactorio
Comprobar la funcionalidad de diferente material aislante, así como paneles fabricados para el aislamiento acústico.	Satisfactorio
Comprobar la eficiencia de las trampas para frecuencias bajas a la hora de tratar acústicamente cualquier ajuste profesional de un recinto.	No realizado

Se creará una herramienta informática de recogida de datos de las diferentes mediciones para cumplir con la Norma UNE-EN ISO 12354-1. Parte 1.	Satisfactorio
Aprovechar la experiencia para potenciar en el alumnado competencias profesionales que se plantean en el módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización.	Satisfactorio
Tratamiento acústico de un aula de IES Zapatón, utilizando el protocolo desarrollado.	Satisfactorio
El reto experimental pretende formar al alumnado de una forma integral, no sólo en la competencia profesional, sino también en aspectos como: - Integración en el Instituto incluyendo la experiencia en la programación del módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización y en el Proyecto Curricular del Ciclo Formativo de Grado Medio de Instalaciones de Telecomunicaciones. - Investigación, mediante Internet, referente a contaminación acústica y aislamiento al ruido. - Utilización de medios informáticos para la recopilación de datos y realización del proyecto con esquemas y estadísticas. - Utilización de la página web del Instituto y de los perfiles que tiene el Centro en las Redes Sociales para su difusión. - Trabajo en equipo.	Satisfactorio
Relacionarnos con empresas del sector de la comarca, explorando las funciones del técnico en acústica de recintos.	Satisfactorio
Adquirir destreza en el manejo de un analizador de espectro de audio.	Satisfactorio
Adquirir destreza en el manejo de una fuente omnidireccional.	Satisfactorio
Se planteará la posibilidad de crear una Spin-Off por parte del alumnado con la colaboración de antiguos alumnos que están trabajando como autónomos en la sonorización de recintos.	Insatisfactorio

Conclusión: La experiencia ha sido muy satisfactoria. Se han conseguido los objetivos con un protocolo de medición que funciona perfectamente y ha sido asumido por el sector, una práctica que redundará en beneficio del alumnado y unas adaptaciones acústicas de aulas que ha beneficiado a todo el Centro.

Pero sobre todo ha sido una experiencia que ha formado de una manera integral al alumnado de Instalaciones de Telecomunicaciones.

Índice

Introducción.	02
A.- Actividades realizadas.	07
B.- Resultados y productos obtenidos.	20
C.- Participantes y su colaboración.	36
D.- Recursos y equipamientos utilizados/adquiridos.	37
F.- Desajustes respecto a lo previsto y soluciones aplicadas.	39
G.- Aplicaciones futuras.	39
H.- Valoración final. Conclusiones.	40

Introducción

Se debe considerar el ruido como un verdadero problema de salud pública.

Según la Real Academia de la Lengua Española el ruido es un sonido inarticulado, por lo general desagradable. Para los especialistas es un conjunto de fenómenos vibratorios aéreos que, percibidos por el sistema auditivo, puede originar molestias o lesiones de oído.

El tratamiento del ruido como un contaminante ha sufrido desde siempre de muchas lagunas legales.

La primera declaración internacional que contempló las consecuencias del ruido se remonta a 1972, cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) decidió catalogarlo genéricamente como un tipo más de contaminación. Siete años después, la Conferencia de Estocolmo clasificaba al ruido como un contaminante específico.

Aquellas primeras disposiciones oficiales fueron ratificadas posteriormente por la entonces emergente CEE, que requirió a los países miembros un esfuerzo para regular legalmente la contaminación acústica. Más tarde, un informe publicado en 1990 presentaba a España como el segundo país con mayor índice de ruidos del mundo después de Japón, y estimaba que el 74% de la población estaba sometida a niveles superiores a los tolerables.

En España entró en vigor el 19 de octubre de 2007 el Real Decreto 1367, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 (Ley del Ruido), de 17 noviembre, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Su objetivo es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y disminuir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente.

Hasta esta ley, el ruido carecía de una norma general reguladora de ámbito estatal, y su tratamiento normativo se desdoblaba entre las previsiones de la

normativa civil en cuanto a relaciones de vecindad y causa de perjuicios, la normativa sobre limitación del ruido en el ambiente de trabajo, las disposiciones técnicas para la homologación de productos y las ordenanzas municipales que conciernen al bienestar ciudadano o al planeamiento urbanístico.

Tales eran las implicaciones que la Ley del Ruido podía tener en la edificación, como consecuencia de que los edificios fueran considerados por la citada Ley como parte del Medio Ambiente y, en concreto, como receptores acústicos, que era necesario modificar la normativa acústica vigente (NBE – CA – 88), la cual trataba las condiciones acústicas en los edificios desde el 29 de septiembre de 1998.

Este hecho, junto con la entrada en vigor del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE) el 29 de marzo de 2006, hizo que la Ley del Ruido demandara a éste un sistema de verificación acústica de las edificaciones. En consecuencia, el 24 de abril de 2009 entró en vigor la nueva normativa contra el ruido, expuesta en el *“DB – HR Protección frente al ruido”*, documento que estableció las exigencias de aislamiento acústico frente al ruido exterior e interior de los edificios. Concretamente este Documento Básico especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido. El objetivo de dicho requisito consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectan, construyen y mantienen de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos, del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio; y para limitar el nivel reverberante presente en los recintos.

Por lo tanto, podemos basarnos en la idea principal de que el ruido se produce en unos *focos sonoros o fuentes* (calle, pisadas, proyección en un aula...), se transmite a través de un *medio* (cuerpos sólidos, líquidos, aire...), y, por último, llega al *receptor* (un individuo, una comunidad...).

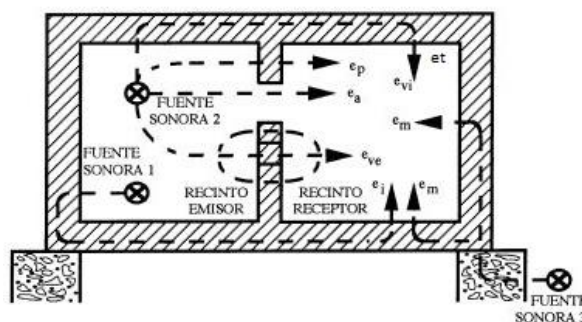
El grado de contaminación ambiental en las ciudades debido al ruido, tiene cada día más trascendencia, por lo que se trata de estudiar y conocer con profundidad las fuentes sonoras y sus características físicas, para disminuir los niveles de ruido que generan y proteger a las personas de este fenómeno.

Con el conocimiento de estas fuentes de ruido podremos conseguir que los recintos tengan el ambiente acústico adecuado, permitiendo que las actividades que se lleven a cabo en los mismos se desarrollen con normalidad y mayor confort. Las *fuentes de ruido* más importantes se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Externas a la edificación, como, por ejemplo: el ruido debido al tráfico rodado, al paso de trenes, al tráfico aéreo, a las obras públicas, a las actividades industriales, a las actividades urbanas comunitarias y a los agentes atmosféricos.
- Internas a la edificación, como, por ejemplo: el ruido debido a las personas, a los impactos, a los aparatos de radio y televisión, a los aparatos electrodomésticos, a las instalaciones de fontanería y calefacción, a los ascensores, a las instalaciones de ventilación y climatización, a las instalaciones eléctricas y a otras fuentes (como animales).

Existen varios caminos posibles por donde el ruido puede penetrar en los recintos, tal y como podemos ver en la Figura.

Las principales vías de penetración pueden ser las que se exponen a



continuación, clasificadas en dos grandes grupos:

- Ruidos que penetran en el recinto por la vía de transferencia aérea:
 - A través de las aberturas y grietas en las paredes => e_a
 - A través de los conductos de ventilación => e_t
 - A través de los poros en paredes duras y continuas => e_p
 - Por vibraciones elásticas de la pared (vibraciones de flexión) que separa el recinto que se desea aislar del que contiene las fuentes => e_{ve}
- Ruidos que alcanzan el recinto después de generarse y propagarse a través de cuerpos sólidos:
 - Como resultado de las vibraciones del material de las paredes, convirtiéndose ellas mismas en radiadores de sonido (transmisión de ruido de impacto) => e_i
 - Por vibraciones longitudinales elásticas de paredes no adyacentes (transmisión por flancos), que se propagan por el espesor de las paredes y son radiadas al recinto por las paredes laterales => e_{vi}
 - Por vibraciones de maquinaria transmitidas a través del suelo, cimientos y otras partes de la estructura del edificio => e_m

Mientras se iba desarrollando la normativa sobre el ruido, paralelamente, se publicó la Norma UNE-EN ISO 140, por la que se especifica la medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción, estaba dividida en cinco partes y la Parte 4 hacía referencia a: Medición "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales (UNE-EN ISO 140-4:1999).

En marzo de 2018, la Asociación Española de Normalización publica la Norma Española UNE-EN ISO 12354 (sustituye a la Norma UNE-EN ISO 140) referente a la acústica de edificios y más concretamente a la estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. La Norma tiene cuatro partes y nuestro protocolo versará sobre

la Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos (UNE-EN ISO 12354-1:2018).

La Norma UNE-EN ISO 12354-1:2018 necesita de un protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, por los siguientes motivos:

- Para reducir el equipo y el cableado que se necesita para mediciones de campo.
- Para reducir los tiempos de medición.
- Para controlar el ruido de fondo sin necesidad de que los operarios estén dentro de la sala de recepción (la norma no lo permite).

Además, la Norma UNE-EN ISO 12354-1:2018, necesita de una revisión por las siguientes razones:

- La Norma no se adapta perfectamente a las viviendas donde muchas habitaciones tienen volúmenes muy pequeños.
 - Cuando nos encontramos con volúmenes menores a 25 m³, nos encontramos con que unas frecuencias se repiten con mucha mayor incidencia que otras. Por ejemplo, por debajo de 100 Hz se suelen repetir de una a cinco frecuencias mucho más que las demás.
 - La norma tiene anexos informativos que dan una guía para las mediciones en bandas de bajas frecuencias, que a veces es imposible de lograr en locales con pequeños volúmenes.
 - Podemos encontrarnos una diferencia máxima de 17 a 28 dB, entre el nivel más bajo medido en la zona central de la habitación y el nivel más alto a medio metro de la pared, debido a los nodos que nos encontramos a media altura en la zona central de la sala (donde se suele colocar el sonómetro)

- La normativa entre 100 y 5000 Hz requiere distancias mínimas a los límites de 0,5 m y por debajo de 100 Hz propone distancias mínimas de 1 a 1,2 m.
- La necesidad de mejorar la precisión de las mediciones de aislamiento acústico a bajas frecuencias en edificios con estructuras ligeras. A estas frecuencias las variaciones espaciales en los niveles de presión sonora aumentan con incrementos de la incertidumbre en el promedio espacial de niveles de presión sonora.
- Los protocolos de medición actual suelen ser pobres en repetitividad y reproductividad.
- Los tiempos de reverberación pueden ser difíciles de medir con precisión en bandas de tercio de octava por debajo de 100 Hz, debido a la falta de modos o porque las caídas son rápidas.

A.- Actividades realizadas

Las actividades realizadas se pueden dividir en tres grandes bloques:

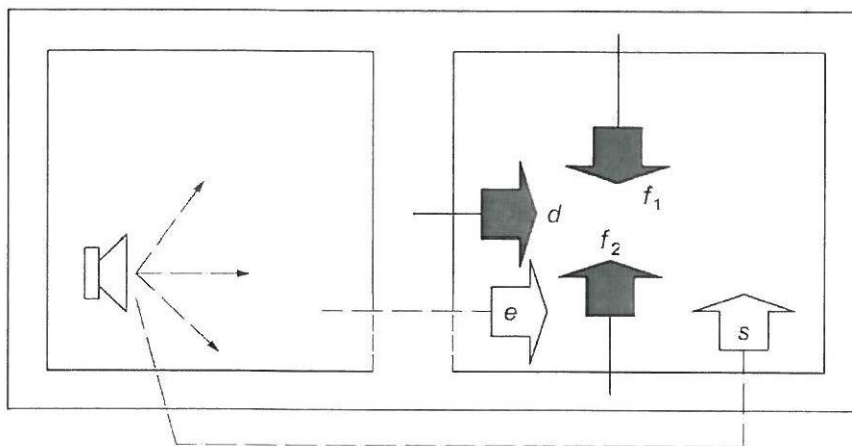
1.- Información, formación, pruebas y estudio de la Norma UNE-EN ISO 12354-1 de marzo de 2018, sobre la acústica de edificios: Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

2.- Mediciones para poder establecer un protocolo práctico para la comprobación de la norma UNE-EN ISO 12354-1.

3.- Acondicionamiento acústico de las aulas 05 y 06 del IES Zapatón.

En el bloque 1 se realizó un estudio detallado de la Norma UNE-EN ISO 12354-1, estableciéndose las diferentes contribuciones a la transmisión acústica total en un recinto y se definieron las trayectorias de transmisión acústica entre dos recintos.

En la figura 1 se ilustran las diferentes contribuciones a la transmisión acústica total en un recinto.



Leyenda

- d Radiado directamente por el elemento separador
- f_1 y f_2 Radiado por los elementos laterales
- e Radiado por los componentes montados en el elemento separador
- s Transmisión indirecta

El ruido radiado por un elemento estructural se puede considerar como la suma de la transmisión acústica del ruido estructural a través de diversas trayectorias. Cada trayectoria se puede identificar por el elemento i sobre el que el ruido incide en el recinto emisor y el elemento radiante j en el recinto receptor. Las trayectorias para un elemento lateral y el elemento separador se muestran en la figura 2, donde en el recinto emisor, los elementos i se designan con una F para el elemento lateral y con una D para el elemento separador y, en el recinto receptor, los elementos j se designan con una f para un elemento lateral y con una d para el elemento separador.

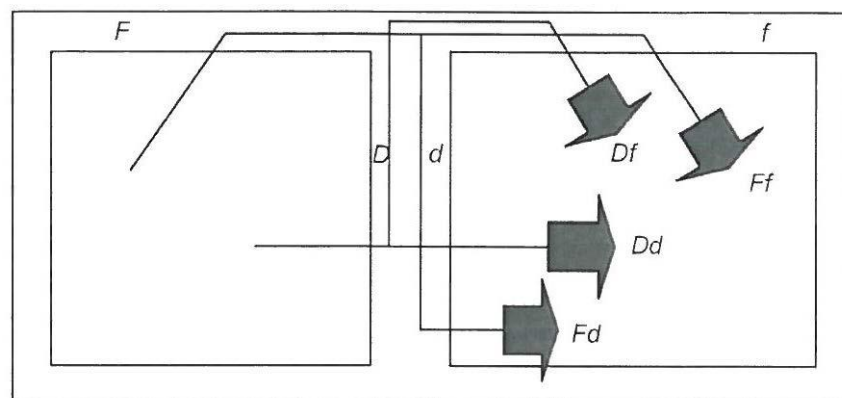


Figura 2.- Definición de las trayectorias de transmisión acústica ij entre dos recintos

Leyenda

- Dd Trayectoria directa directa
- Df Trayectoria lateral directa
- Fd Trayectoria directa lateral
- Ff Trayectoria lateral lateral

En este enfoque, las principales hipótesis son que las trayectorias de transmisión descritas se pueden considerar como independientes y que los campos acústicos y vibratorios se comportan de manera aleatoria. Teniendo en cuenta estas limitaciones, este enfoque es bastante general y permite, en principio, diferentes tipos de elementos estructurales, es decir, elementos monolíticos, paredes con cavidades, paredes ligeras de doble hoja y diferentes posicionamientos de los dos recintos. Sin embargo, las posibilidades disponibles de describir la transmisión por cada trayectoria imponen restricciones a este respecto. Es por ello por lo que el modelo presentado se limita a los recintos adyacentes,

Una vez estudiados los diferentes modelos de medición reflejados en la norma, consideramos que el modelo simplificado es el que más juego nos puede dar, porque el protocolo resultante se podrá utilizar en el 95 % de los casos a los que nos enfrentemos.

La aplicación del modelo simplificado está limitada sobre un rango de frecuencias comprendido entre 100 Hz y 3150 Hz. Nosotros lo hemos ampliado

hasta 50 Hz. Después de diferentes mediciones y pruebas, hemos comprobado que resulta muy beneficioso estudiar cómo reaccionan las frecuencias bajas entre 50 Hz y 100 Hz.

El modelo simplificado se aplica principalmente a las viviendas donde las dimensiones de los elementos son similares a las de las instalaciones de ensayo. Las desviaciones de esto pueden tener como efecto unos resultados menos precisos.

Para el protocolo de medición, el tiempo de reverberación se realizará sobre elementos de tipo A, por lo tanto, tendremos en cuenta el Anexo C de la Norma UNE-EN ISO 12354-1:2018, sobre Tiempo de reverberación estructural: Elementos de tipo A.

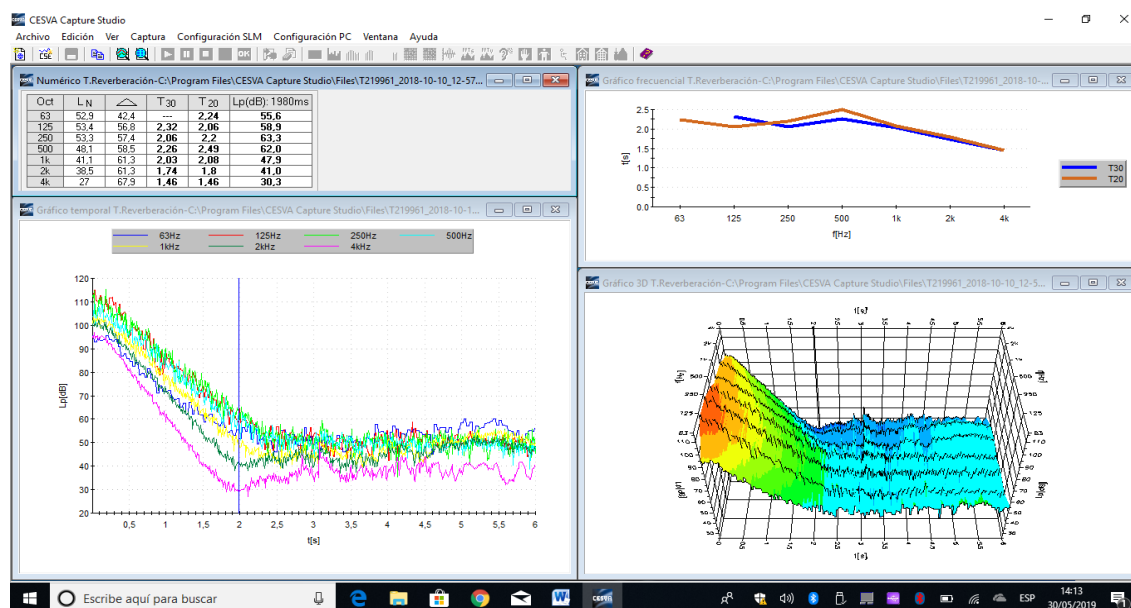
En el punto 3.3.5 de la Norma, se define elemento de tipo A como el elemento con un tiempo de reverberación estructural que viene determinado principalmente por los elementos conectados (al menos, hasta la banda de un tercio de octava de 1 000 Hz), y con una disminución del nivel vibratorio de menos de 6 dB a través del elemento en dirección perpendicular a la línea de la unión (al menos, hasta la banda de un tercio de octava de 1 000 Hz). Esto incluye por ejemplo el hormigón en obra, la madera maciza (incluidos los paneles de madera laminada), el vidrio, el plástico, el metal, los ladrillos/bloques/losas con un acabado/revestimiento (por ejemplo, escayola, enfoscado, pavimento, hormigón) que los conecta mecánicamente. Es decir, los materiales típicos de construcción.

En este mismo bloque 1, incluimos dos jornadas de trabajo con las empresas Vetson CESVA Instrumente S.L. y Última S.C. donde se mostró la utilización y mejor colocación de los equipos de medida:

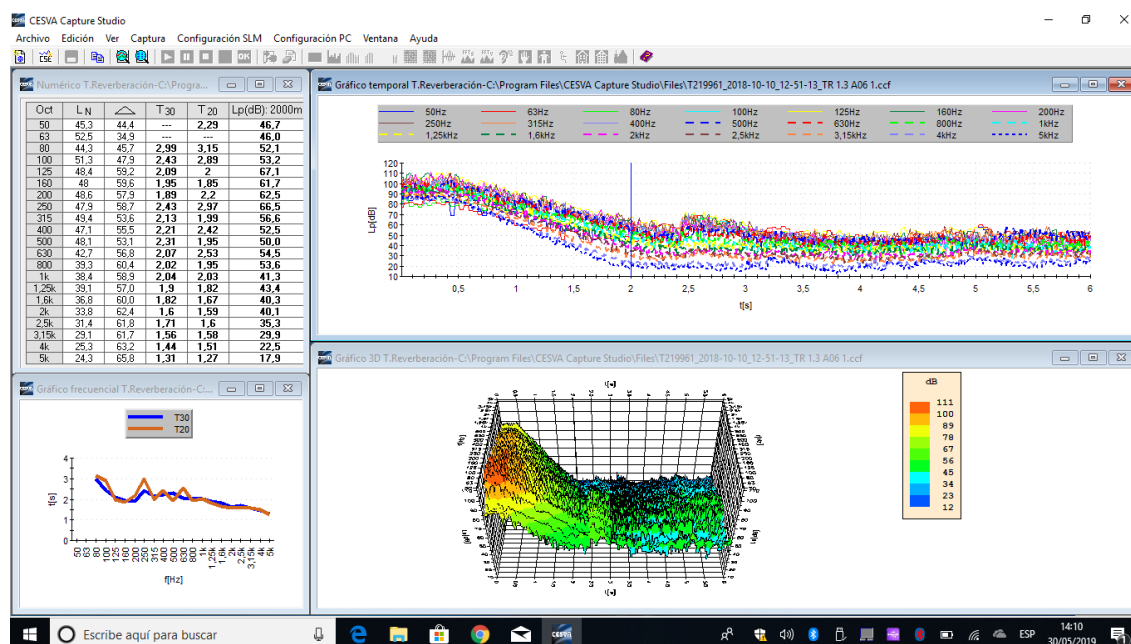
- Analizador de Espectro SC310.
- Analizador Acústico NTi XL2.
- Generador Minirator MR-PRO.
- Fuente sonora omnidireccional FP122.

En el bloque 2 se estuvieron realizando diferentes medidas acústicas para establecer el protocolo ajustado a la norma UNE-EN ISO 12354-1. Se realizaron medidas en el laboratorio de audio, en las aulas 05 y 06 y en los estudios de la cadena Radio Studio 88.

Se realizaron diferentes medidas de **tiempo de reverberación**:

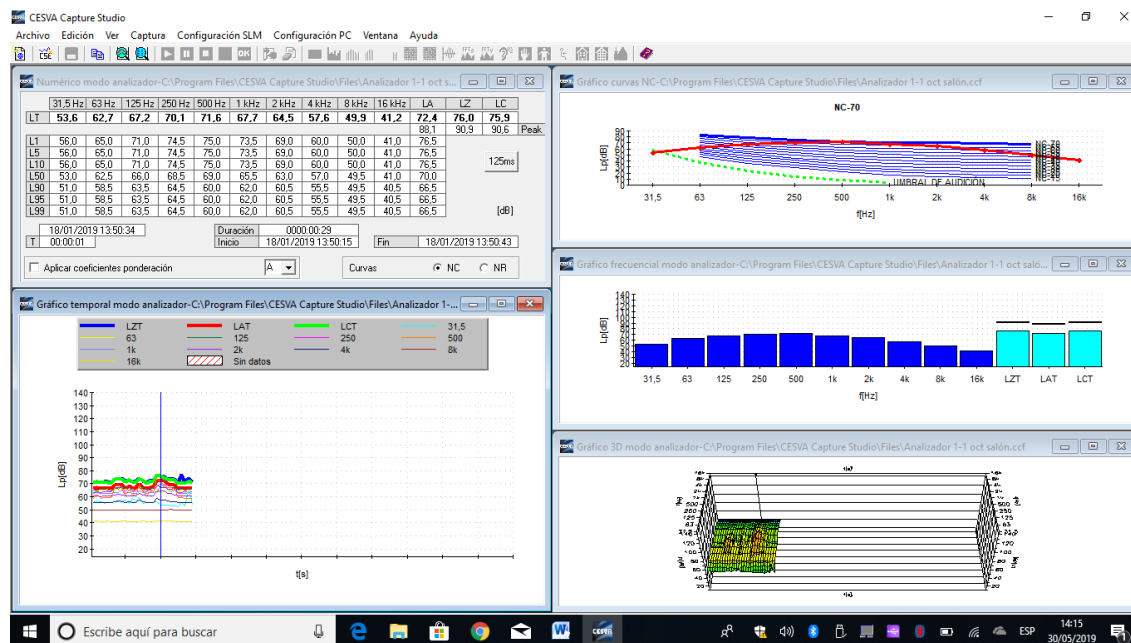


Tiempo de reverberación por octava

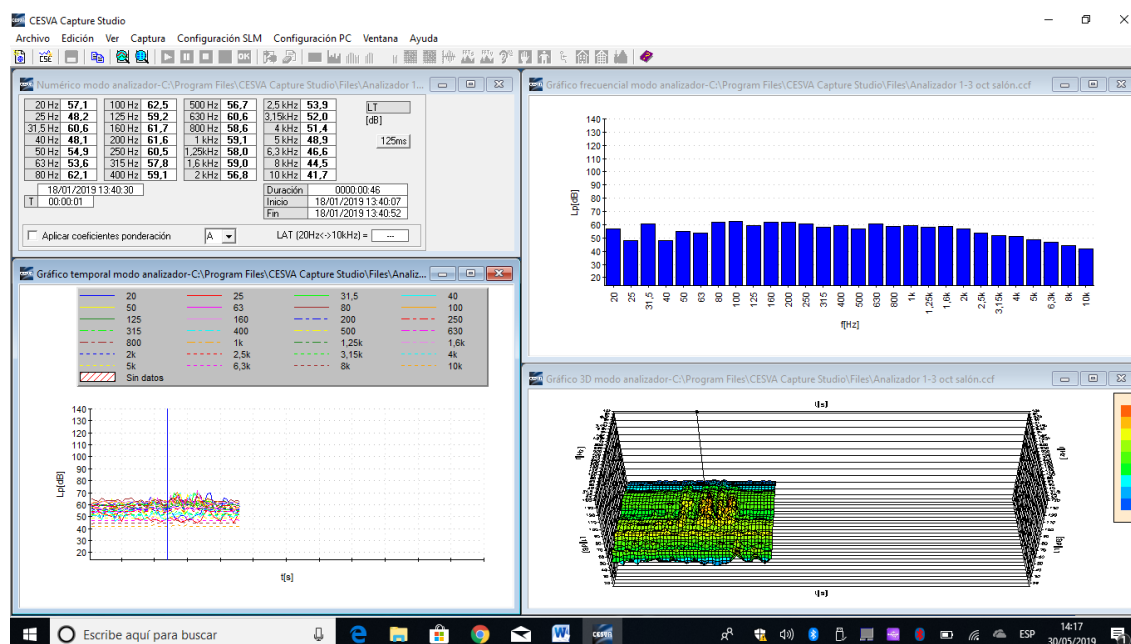


Tiempo de reverberación por tercio de octava

Se realizaron diferentes medidas para obtener los **espectros de frecuencia por octava y por tercio de octava**.



Espectro de audio por octava



Espectro de audio por tercio de octava

Se realizaron diferentes medidas para obtener el **índice de inteligibilidad**.

Informe Resumido STI

Informe acorde a las normas IEC 60268-16{ED4}, capítulo 7.6.4



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad del Aula 06
Descripción	Se midió el ruido de fondo y cinco medidas de STI con cinco personas en el aula.
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011

Todo		Media aritmética lav	0,24 STI	U
		Desviación estándar σ	0,01 STI	
		Resultado total: lav - σ	0,23 STI	U
1	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_010	0,22 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_010		
2	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_009	0,25 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_009		
3	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_008	0,24 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_008		
4	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_007	0,24 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_007		
5	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_006	0,25 STI	U
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_006		

Informe STI

Version 4.12



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad del Aula 06		
Descripción	Se midió el ruido de fondo y cinco medidas de STI con cinco personas en el aula.		
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011		Unidad STI

1

Posición de medida STI	2018-10-26_STIPA_010				26/10/2018 13:04:13					
Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_010				26/10/2018 13:00:00					
Descripción										
	LAeq	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	70,9	LZeq	76,9	77,6	66,2	57,1	51,4	42,7	31,1	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
			Ciclo							
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,41		0,409							
Estado	OK		OK							
Resultados obtenidos STI [STI]	0,22		0,223							
Incluyendo Ruido añadido										

2

Posición de medida STI	2018-10-26_STIPA_009				26/10/2018 13:03:45					
Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_009				26/10/2018 13:00:00					
Descripción										
	L _{Aeq}	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	70,2	L _{Zeq}	78,1	75,3	68,4	58,4	51,6	42,0	30,2	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	L _{Zeq}	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
			Ciclo							
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,42		0,418							
Estado	OK		OK							
Resultados obtenidos STI [STI]	0,25		0,251							
Incluyendo Ruido añadido										

3

Posición de medida STI 2018-10-26_STIPA_008

26/10/2018 13:03:15

Archivo de Ruido 2018-10-26_STIPA_008

26/10/2018 13:00:00

Descripción

	LAeq	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	68,7	LZeq	72,2	75,3	66,3	56,9	51,3	41,7	29,5	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
						Ciclo				
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,45		0,449							
Estado	OK		OK							
Resultados obtenidos STI [STI]										
Incluyendo Ruido añadido	0,24		0,244							

4

Posición de medida STI 2018-10-26_STIPA_007

26/10/2018 13:02:43

Archivo de Ruido 2018-10-26_STIPA_007

26/10/2018 13:00:00

Descripción

	LAeq	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	70,2	LZeq	76,9	76,6	65,8	57,1	50,8	40,6	28,2	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
						Ciclo				
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,44		0,445							
Estado	OK		OK							
Resultados obtenidos STI [STI] Incluyendo Ruido añadido	0,24		0,236							

5

Posición de medida STI 2018-10-26_STIPA_006

26/10/2018 13:02:05

Archivo de Ruido 2018-10-26_STIPA_006

26/10/2018 13:00:00

Descripción

	LAeq	Banda [Hz]								
	Banda ancha	Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Nivel señal de test STI [dB]	69,3	LZeq	75,2	75,9	66,0	56,0	50,5	40,4	28,9	
Ruido Ambiental añadido [dB]	62,0	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1	
						Ciclo				
	Promedio	Δ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Resultados obtenidos STI [STI]	0,55		0,550							
Estado	fault		fault							
Resultados obtenidos STI [STI] Incluyendo Ruido añadido	0,25		0,254							

Posiciones de medida STI

(Niveles e Índices de modulación)



1

Posición STI 2018-10-26_STIPA_010

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_010_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,41	LAeq	70,9	LZeq	76,9	77,6	66,2	57,1	51,4	42,7	31,1
Ciclo1	0,409			LZeq	76,9	77,6	66,2	57,1	51,4	42,7	31,1
				mr1	0,61	0,75	0,70	0,45	0,68	0,70	0,23
				mr2	0,04	0,10	0,18	0,13	0,19	0,31	0,19

2

Posición STI 2018-10-26_STIPA_009

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_009_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,42	LAeq	70,2	LZeq	78,1	75,3	68,4	58,4	51,6	42,0	30,2
Ciclo1	0,418			LZeq	78,1	75,3	68,4	58,4	51,6	42,0	30,2
				mr1	0,55	0,76	0,64	0,56	0,57	0,67	0,07
				mr2	0,16	0,21	0,34	0,39	0,16	0,31	0,08

3

Posición STI 2018-10-26_STIPA_008

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_008_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,45	LAeq	68,7	LZeq	72,2	75,3	66,3	56,9	51,3	41,7	29,5
Ciclo1	0,449			LZeq	72,2	75,3	66,3	56,9	51,3	41,7	29,5
				mr1	0,42	0,60	0,74	0,52	0,71	0,81	0,19
				mr2	0,18	0,19	0,29	0,21	0,25	0,36	0,13

4

Posición STI 2018-10-26_STIPA_007

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_007_Report.txt

Medida STI		Banda [Hz]									
		Banda ancha			125	250	500	1k	2k	4k	8k
Promedio	0,44	LAeq	70,2	LZeq	76,9	76,6	65,8	57,1	50,8	40,6	28,2
Ciclo1	0,445			LZeq	76,9	76,6	65,8	57,1	50,8	40,6	28,2
				mr1	0,63	0,47	0,80	0,58	0,68	0,82	0,39
				mr2	0,37	0,42	0,35	0,05	0,26	0,30	0,11

5

Posición STI 2018-10-26_STIPA_006

I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_006_Report.txt

Medida STI				Banda [Hz]							
Banda ancha				125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Promedio	0,55	LAeq	69,3	LZeq	75,2	75,9	66,0	56,0	50,5	40,4	28,9
Ciclo1	0,550			LZeq	75,2	75,9	66,0	56,0	50,5	40,4	28,9
				mr1	0,89	0,76	0,84	0,32	0,80	1,01	1,29
				mr2	0,15	0,36	0,25	0,14	0,12	0,31	1,03

Ruido ambiental



Archivo de Ruido	Banda [Hz]	125	250	500	1k	2k	4k	8k
2018-10-26_STIPA_010	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_010_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_009	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_009_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_008	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_008_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_007	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_007_Report.txt								
2018-10-26_STIPA_006	LZeq	52,2	57,5	59,9	57,5	53,6	51,3	36,1
26/10/2018 13:00:00								
I:\Projects\MyProject\2018-10-26_STIPA_006_Report.txt								

Para el bloque tres estuvimos analizando los diferentes materiales que hay en el mercado para el acondicionamiento acústico. Nos decidimos por una empresa China y las características del material es el siguiente:



Super Dash 24 Unidades de 50 X 50 X 5cm Insonorizacion Pirámide Espuma Absorcion Aislamiento Acustica Paneles Tratamiento Conjunto SD1034 (AZUL & BORGONA)

8€ de descuento al crear tu primera lista de deseos. [Más información](#)

de Super Dash Pyramid Acoustic Foam
★★★★☆ 3 opiniones de clientes

Precio: EUR 169,99 & Envío GRATIS
Precio final del producto

Nota: Este producto no disfruta de las ventajas de Amazon Prime [\(más información\)](#).

Nuevos: 1 desde EUR 169,99

Tamaño: 50 x 50 x 5 cm

25 x 25 x 5 cm 50 x 50 x 5 cm

Color: Burgundy And Blue



- A estrenar Pirámide espuma acústica y Azulejos Hecho por importados de alta calidad de la espuma
- ENVÍO GRATIS Y DEVOLUCIONES GRATUITO A NIVEL MUNDIAL. 100% GARANTÍA DE REEMBOLSO! Nave en 7-14 días hábiles, todos los elementos incluía un número de seguimiento del envío y puede separarse debido al gran tamaño del volumen.
- Los azulejos acústicos de la espuma SOLAMENTE. OPCIONAL: Añadir mas fáciles pegajosas tabs / cintas de montaje junto con su azulejo de la espuma acústica pirámide. Por favor DUPDO/PEGAR: "Super Dash transparente Espuma acústica de doble cara Cintas adhesivas montaje fácil Sticky Tabs (24 piezas)" y buscar en Amazon.
- OPCIONAL: Añadir mas tipos de espuma de insonorización (1) Bass Trap Espuma Azulejos, Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/1VWx7Tt" y la búsqueda de su navegador. (2) Pirámide de Espuma Azulejos, Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/21jyKO" y la búsqueda de su navegador y (3) Cuna de espuma Azulejos. Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/24Neito" y la búsqueda de su navegador. (4) MAS de Espuma Acústica, Por favor DUPDO/PEGAR "amzn.to/2adKQn9" y la búsqueda de su navegador.
- Nota: Cada orden paquete / pack incluye 4 piezas fácil montaje pegajosa Tabs / cintas y Guías gratuitas de instalación. Tenga cuidado con los vendedores de Super Dash no que no tienen estos regalos.

Para un aula se utilizó la combinación azul y borgoña y para la otra aula gris y borgoña.



El material, una vez desembalado, hay que dejarlo que se expanda durante una semana. El fabricante recomienda humedecer el material, pero en Cantabria no ha sido necesario.

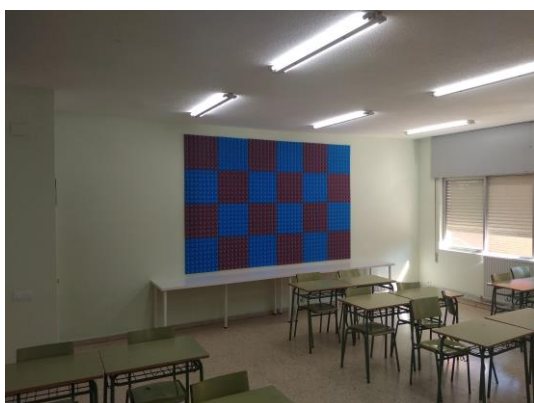
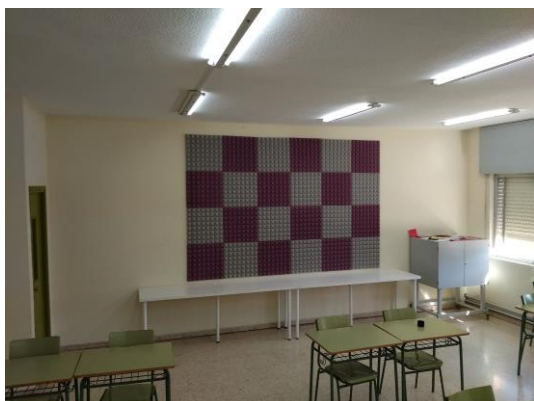


El análisis previo al acondicionamiento acústico consiste en las mediciones anteriores. Analizando esas mediciones, el acondicionamiento acústico tiene los siguientes objetivos:

- 1.- Reducir el tiempo de reverberación de 2,03 segundos a 1,3 segundos (para 1 KHz).
- 2.- Conseguir una respuesta en frecuencia lo más plana posible.
- 3.- Lograr que el índice de inteligibilidad supere los 0,50 STI.

En un primer momento, se cubrió en cada aula, una superficie de 12 m² (3 m de ancho y 2 m de alto), con 24 piezas en cada una. Fue insuficiente.

Posteriormente, se cubrió en cada aula, una superficie de 24 m² (6 m de ancho y 2 m de alto), con 48 piezas en cada una. Los resultados se reflejan en el aparatado siguiente b).



B.- Resultados y productos obtenidos

1.- Protocolo para la Medición del Aislamiento Acústico

Se ha establecido un protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos que cumple con la nueva Norma Española **UNE-EN ISO 12354-1 de marzo de 2018: Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.**

Estudiada la Norma, hemos comprobado que disponemos de los dispositivos necesarios, que consisten en un sonómetro/analizador de espectro CESVA SC 310 y una fuente sonora omnidireccional CESVA FP122. Ambos equipos nos permiten comunicarnos con ellos mediante bluetooth, lo que implica que no haya operarios en el recinto de medición, ya que no lo permite la Norma.

Configurar el proyecto

Las mediciones de aislamiento se realizan teniendo en cuenta una serie de aspectos que nos obliga la Norma:

Posiciones

Una característica importante para realizar la medición es conocer el número de posiciones donde se deberán ubicar los dispositivos, la Norma indica el número mínimo de estas posiciones. Los parámetros son:

- **EM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto emisor: **5 posiciones.**
- **RM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto receptor: **5 posiciones.**
- **ES:** Puntos de fuente sonora (FP122) en el recinto emisor: **2 posiciones.**
- **BM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto receptor para la medición del tiempo de reverberación: **5 posiciones.**
- **TM:** Puntos de micrófono (SC310) en el recinto receptor: **3 posiciones.**
- **TS:** Puntos de fuente sonora (FP122) en el recinto receptor: **2 posiciones.**
- **TN:** Número de repeticiones para cada posición de micrófono en la medición de tiempo de reverberación: **1**

Tiempo de integración y Margen frecuencial

La Norma indica también el tiempo de integración que deberán tomar los analizadores de espectro para la medición del nivel equivalente. Este valor depende del **margen frecuencial** establecido, según la Norma debe estar, como mínimo, entre 100 Hz y 3150 Hz, pero nosotros hemos considerado que es razonable aumentarlo entre **50 Hz y 5000 Hz**. Tenemos equipos para poderlo hacer y la medida es mucho más exacta, sobre todo pensando en que los recintos poseen, normalmente, equipos audiovisuales con grandes márgenes de frecuencia.

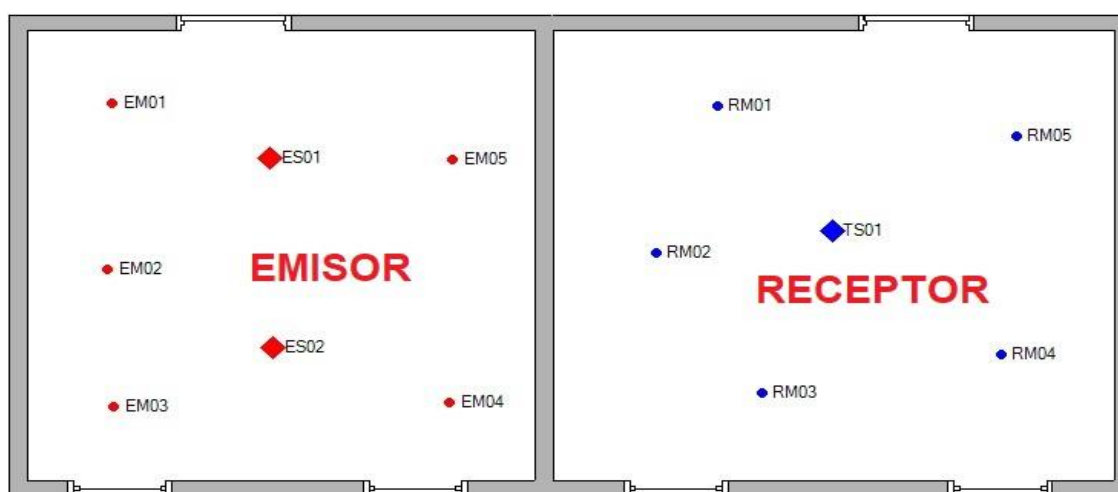
En definitiva, necesitamos un **Tiempo de Integración de 15 segundos**.

Tiempo de estabilización

La Norma establece un mínimo de tiempo para que se estabilice el ruido, según la ISO 12354-1, el **tiempo de estabilización debe ser de 1 segundo como mínimo**.

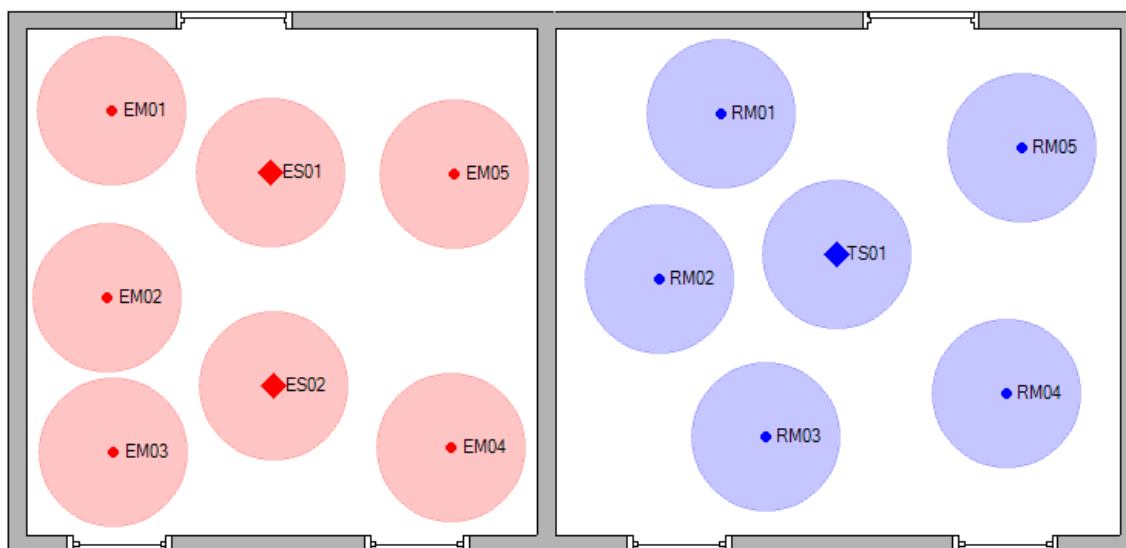
Recintos

Antes de empezar a hacer una medición es imprescindible conocer las características del recinto donde se va a realizar la medición ya que en función de estas se efectuará la distribución de las posiciones de los dispositivos. Los dispositivos se colocarán de forma uniforme a lo largo de todo el espacio útil en cada recinto.



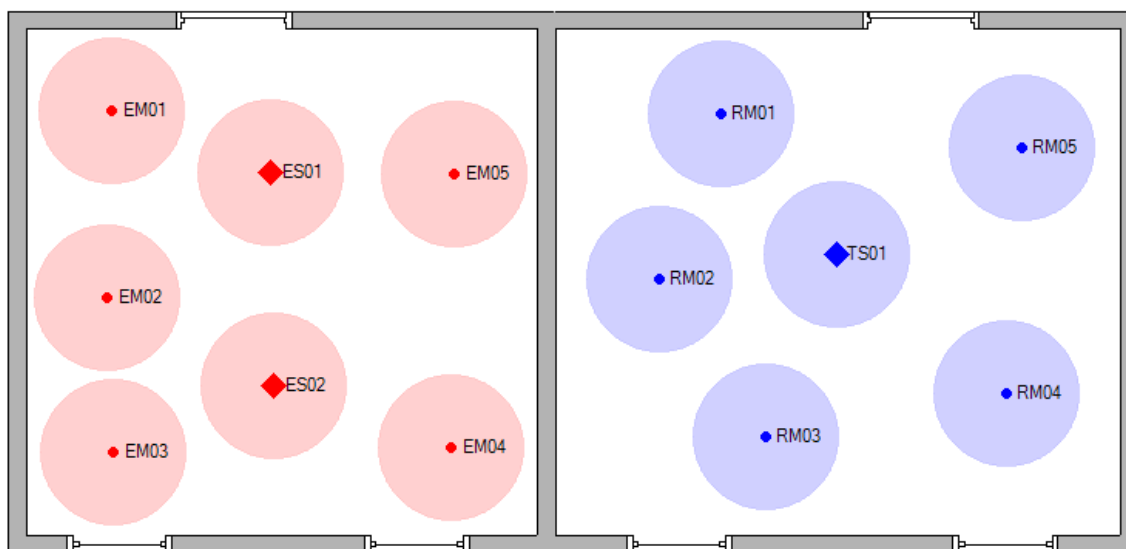
La Norma establece unas distancias mínimas entre los dispositivos y el contorno del recinto.

- **Distancia Micrófono/fuente:** La distancia mínima entre las posiciones del micrófono (SC310) y las posiciones de la fuente de sonido (FP122) tiene que ser de **1 m**.

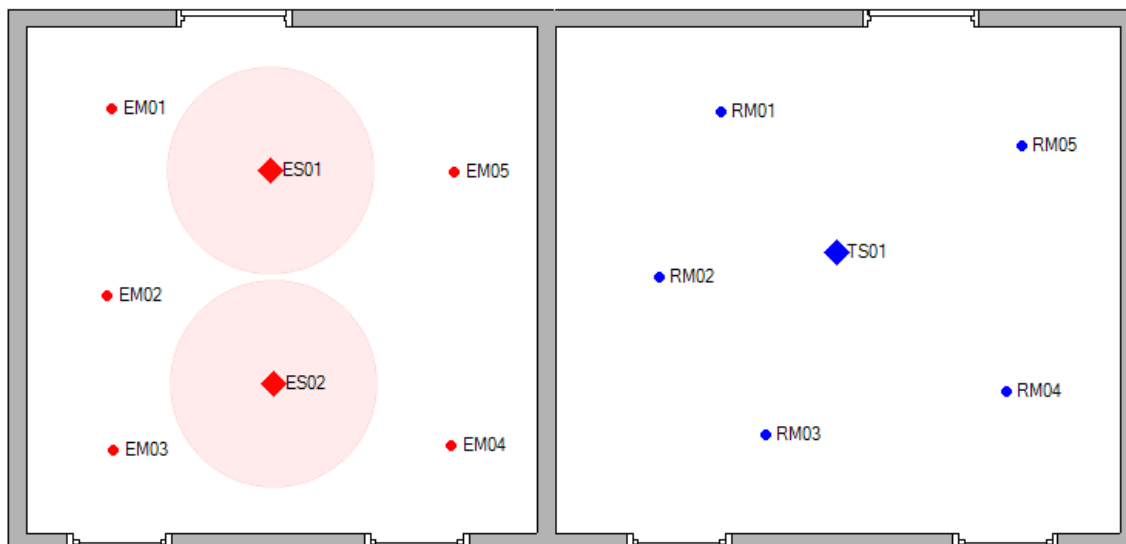


Hay que utilizar la lógica para una distribución uniforme a lo largo de todo el espacio útil, tanto en el recinto emisor como en el receptor y no se podrán solapar las distancias mínimas, en este caso de un metro.

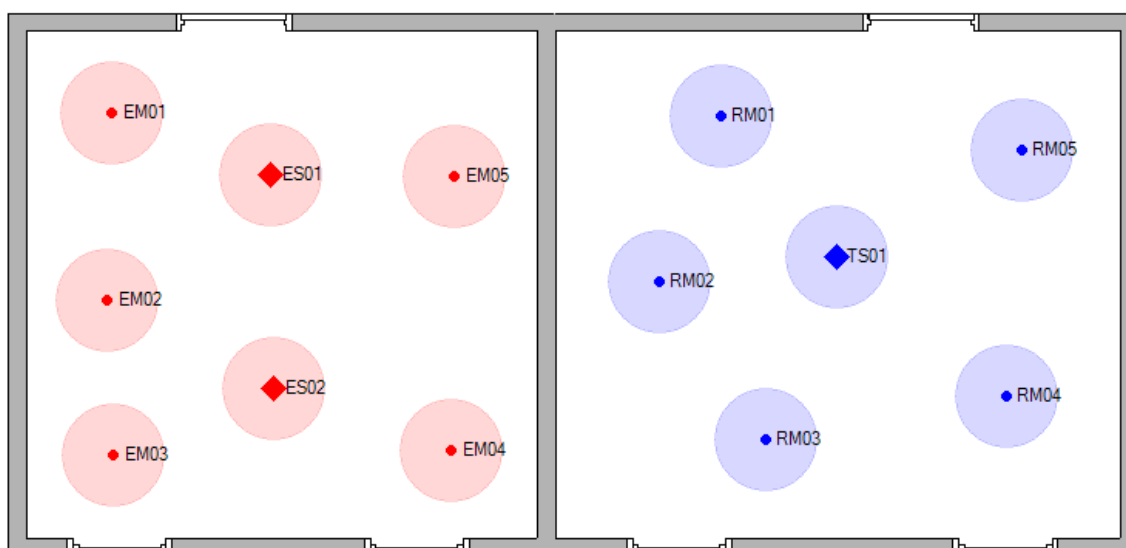
- **Distancia Micrófono/micrófono:** La distancia mínima entre micrófonos (SC310) debe ser de **0,70 m**.



- **Distancia Fuente/fuente:** La distancia mínima entre las fuentes debe ser de **1,40 m.**



- **Distancia Dispositivo/pared:** La distancia mínima entre cualquier dispositivo y la pared debe ser de **0,50 m.**



Recordamos que la M significa Micrófono, S fuente de sonido, E recinto emisor, R recinto receptor y T es donde ponemos la fuente de sonido para medir el tiempo de reverberación que como se puede observar se realiza en el recinto receptor.

Descripción de la medición

Las mediciones se deben hacer con filtros de tercio de octava.

El campo sonoro generado ha de ser suficiente para que el nivel de presión sonora en las bandas que se quiere medir, en el local receptor, sea como mínimo 10 dB superior al nivel de presión sonora de fondo (las mediciones de presión sonora de fondo se realizarán en el recinto receptor).

Los niveles de presión sonora se miden en las bandas de tercio de octava con frecuencia central: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 y 3150 Hz.

Se medirá el tiempo de reverberación con una sola posición de la fuente omnidireccional y se harán 2 mediciones en 3 puntos diferentes, en total se harán 6 mediciones en el local receptor.

El ruido de fondo es conveniente que esté 10 dB por debajo de los niveles medidos. En el caso de que esté entre 10 y 6 dB, realizar la corrección de ruido de fondo.

Las mediciones se realizarán sin operarios en el recinto a medir.

Pasos que seguir

Medición del ruido de fondo

- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM05 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM04 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM03 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM02 y medir.
- Ubicar el analizador de espectro en la posición RM01 y medir.

Calibración de la fuente sonora mediante el amplificador AP602

Manteniendo el analizador en RM01, ubicamos la fuente sonora en ES01 y mediante el amplificador AP602 proporcionamos ruido rosa hasta que el nivel supere en 10 dB (como mínimo) el nivel de ruido de fondo para cada tercio de banda de octava.

Medida en la recepción

- Mantener el analizador en RM01 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM02 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM03 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM04 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM05 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en RM05 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM04 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM03 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM02 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en RM01 y la fuente sonora en ES02 y medir.

El analizador de espectro debe medir durante 15 segundos (tiempo de integración) en cada posición para ser válida la medida.

Medida en emisión

- Mantener el analizador en EM01 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM02 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM03 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM04 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM05 y la fuente sonora en ES02 y medir.
- Ubicar el analizador en EM05 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM04 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM03 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM02 y la fuente sonora en ES01 y medir.
- Ubicar el analizador en EM01 y la fuente sonora en ES01 y medir.

El analizador de espectro debe medir durante 15 segundos (tiempo de integración) en cada posición para ser válida la medida.

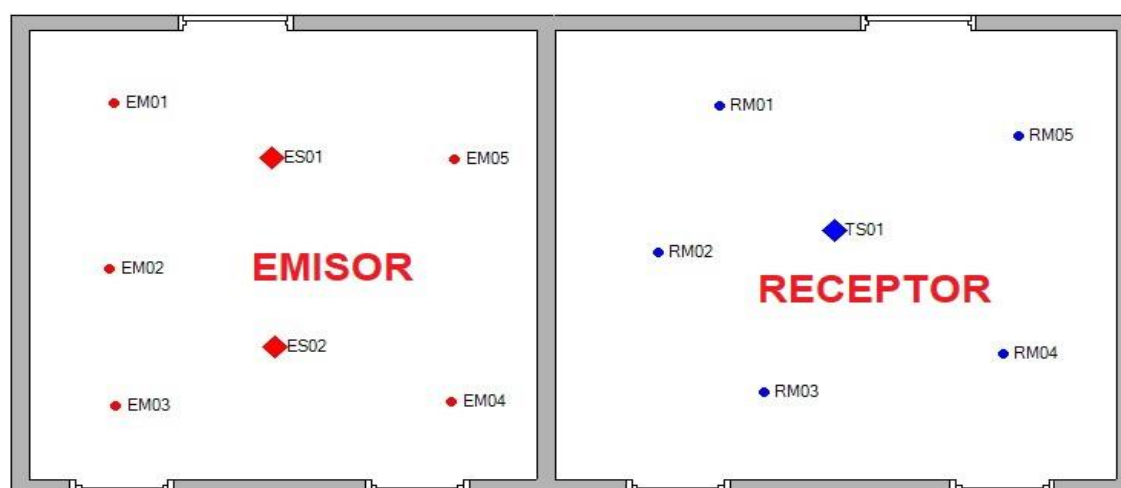
Medida del tiempo de reverberación

Para una correcta medición del tiempo de reverberación debemos conseguir emitir mediante la fuente sonora un ruido rosa que supere en 35 dB el ruido de fondo para medir en base a T_{20} y en 45 dB para medir en base a T_{30} .

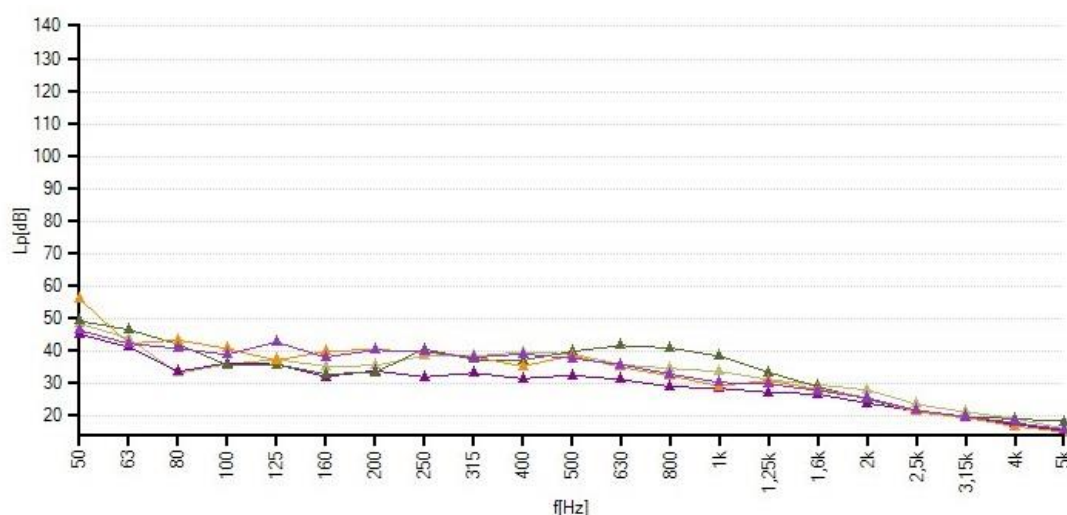
- Ubicamos el analizador en la posición RM01 y la fuente sonora en TS01. Emitimos ruido rosa y medimos.
- Ubicamos el analizador en la posición RM02 y la fuente sonora en TS01. Emitimos ruido rosa y medimos.
- Ubicamos el analizador en la posición RM03 y la fuente sonora en TS01. Emitimos ruido rosa y medimos.

Presentación de datos mediante un ejemplo

Presentamos los resultados de la medición del 11 de febrero de 2019 realizada en dos aulas, cuyos planos son los descritos en las páginas anteriores.

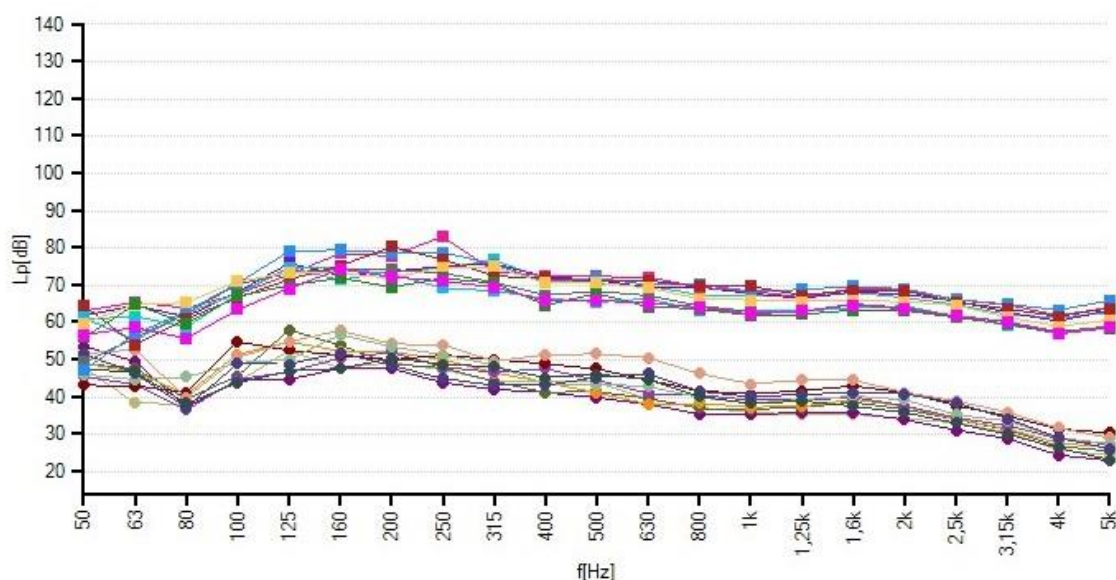


Medición del ruido de fondo



Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,2
11-2 -19_14-08-34_219961_RTA	48,2	43,6	32,8	35,6	37,1	35,0	35,2	38,2	38,1	39,4	38,8	35,5	34,3	33,4	31,1
11-2 -19_14-09-42_219961_RTA	44,9	40,9	33,3	36,0	35,6	31,8	33,6	31,7	32,9	31,2	32,2	30,9	28,7	28,2	21,1
11-2 -19_14-10-20_219961_RTA	49,0	46,3	41,8	35,4	35,6	32,6	33,1	40,3	37,1	36,8	39,6	41,4	40,6	38,1	31,1
11-2 -19_14-10-48_219961_RTA	55,8	42,0	43,1	40,4	36,8	39,6	40,2	39,3	38,0	35,0	38,3	34,7	32,0	28,9	31,1
11-2 -19_14-11-17_219961_RTA	46,1	42,0	40,5	38,6	42,4	37,8	40,0	39,5	37,7	38,8	37,5	35,5	32,6	30,0	21,1

Medida en emisión y en recepción



Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25
11-2-19_14-15-47_219961_RTA	47,9	38,2	38,0	43,9	52,3	47,7	49,1	47,2	44,1	44,0	43,9	39,3	37,0	35,8	35,
11-2-19_14-16-47_219961_RTA	53,5	49,4	37,1	44,3	44,6	47,5	47,5	43,7	41,9	41,1	39,7	37,9	35,3	35,1	35,
11-2-19_14-17-33_219961_RTA	48,7	47,6	39,3	45,5	57,9	53,7	48,7	47,7	44,0	41,1	41,3	39,5	36,8	36,6	37,
11-2-19_14-18-05_219961_RTA	48,9	46,6	40,5	51,3	54,7	52,2	52,0	49,9	46,4	43,8	41,0	37,9	38,1	37,2	37,
11-2-19_14-18-34_219961_RTA	45,3	43,3	36,4	44,6	46,6	50,3	51,8	47,9	46,5	47,4	44,4	40,8	40,4	39,0	39,
11-2-19_14-20-53_219961_RTA	43,0	42,9	41,0	54,7	52,4	51,1	49,8	51,1	49,9	48,8	47,4	44,4	41,5	40,7	41,
11-2-19_14-21-28_219961_RTA	51,5	52,6	39,7	50,5	54,7	57,7	54,1	53,8	49,5	51,2	51,4	50,4	46,1	43,4	44,
11-2-19_14-21-55_219961_RTA	46,0	44,5	45,2	49,0	49,9	56,6	53,3	51,2	48,5	43,2	43,4	42,6	39,8	38,2	39,
11-2-19_14-22-21_219961_RTA	51,4	46,3	37,1	48,8	48,7	51,7	48,3	44,8	43,0	43,0	45,1	46,1	41,4	39,9	40,
11-2-19_14-22-46_219961_RTA	47,3	46,6	38,1	43,7	46,8	47,5	50,3	48,7	47,9	45,1	46,0	44,5	40,0	38,1	38,
11-2-19_11-56-34_219961_RTA	60,7	61,5	58,6	67,4	74,5	71,3	73,5	74,4	76,6	71,5	70,2	69,7	67,2	67,2	66,
11-2-19_11-57-39_219961_RTA	61,7	64,4	61,4	68,1	75,7	72,5	73,5	74,9	75,6	72,1	71,3	69,2	69,4	67,6	66,
11-2-19_11-58-28_219961_RTA	63,0	65,3	63,7	67,5	72,7	78,4	77,7	82,9	73,6	72,4	72,2	72,0	69,3	68,3	66,
11-2-19_11-59-21_219961_RTA	61,1	55,1	62,3	67,6	74,6	74,3	72,8	69,1	68,3	66,3	65,3	66,2	63,2	63,2	63,
11-2-19_12-00-02_219961_RTA	49,2	55,7	62,3	70,1	73,1	74,1	74,1	73,1	70,6	67,2	68,2	67,1	64,3	62,8	62,
11-2-19_12-01-16_219961_RTA	47,1	56,7	62,9	70,4	78,9	79,3	78,5	78,7	75,4	70,7	71,9	69,9	70,1	68,2	68,
11-2-19_12-01-53_219961_RTA	64,5	54,0	60,8	66,5	71,4	75,1	80,1	76,8	72,3	71,7	70,8	71,1	69,5	69,5	67,
11-2-19_12-02-45_219961_RTA	59,7	64,6	65,2	70,9	73,2	73,1	71,7	74,7	74,8	70,4	70,6	69,1	66,3	65,9	65,
11-2-19_12-03-28_219961_RTA	55,8	64,7	59,6	66,9	69,8	71,8	69,3	71,7	70,4	64,5	67,6	64,1	63,5	61,8	62,
11-2-19_12-04-09_219961_RTA	56,6	58,5	55,6	63,3	69,0	74,2	72,1	71,0	69,3	65,6	65,8	65,0	64,0	62,1	62,

Comprobamos que las medidas varían con la frecuencia. Tomando como referencia la frecuencia de 1 KHz, tenemos un ruido de fondo de **31,7 dB**.

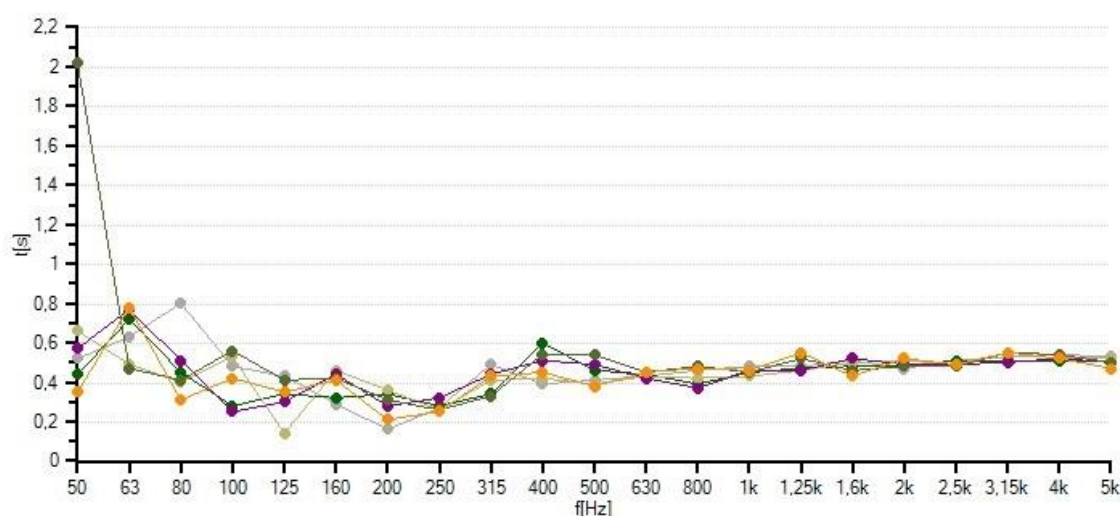
Emitimos un ruido rosa con una media de 70 dB, en concreto en 1 KHz tenemos **66,7 dB**.

En el local **receptor** nos encontramos para la frecuencia de 1 KHz un ruido de **38,4 dB**.

Estos valores nos indican que el **aislamiento** es de $66,7 \text{ dB} - 38,4 \text{ dB} = 28,3 \text{ dB}$.

También comprobamos que tenemos un tiempo de reverberación que no perjudica el aislamiento al situarse por debajo de 1 segundos.

Medida del tiempo de reverberación



Nombre	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k
11-2-19_12-08-58_219961_F	0,52	0,63	0,80	0,48	0,43	0,29	0,16	0,27	0,49	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,48	0,51
11-2-19_12-12-15_219961_F	0,44	0,72	0,45	0,28	0,34	0,32	0,34	0,28	0,34	0,60	0,46	0,44	0,39	0,45	0,47	0,48
11-2-19_12-14-04_219961_F	0,66	0,49	0,40	0,53	0,14	0,46	0,36	0,26	0,41	0,42	0,39	0,43	0,42	0,43	0,46	0,50
11-2-19_12-15-30_219961_F	0,57	0,77	0,51	0,25	0,30	0,44	0,28	0,32	0,44	0,51	0,49	0,42	0,37	0,46	0,46	0,52
11-2-19_12-16-53_219961_F	2,02	0,47	0,41	0,56	0,41	0,42	0,31	0,26	0,33	0,54	0,54	0,45	0,48	0,45	0,52	0,46
11-2-19_12-17-49_219961_F	0,35	0,78	0,31	0,42	0,35	0,41	0,21	0,25	0,43	0,45	0,38	0,45	0,47	0,46	0,55	0,43

2.- Práctica para la Medición del Aislamiento Acústico

Se ha diseñado la práctica: Medición del Aislamiento Acústico, que quedará incorporada a la Programación del módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización del Ciclo Formativo de Grado Medio Instalaciones de Telecomunicaciones. El boceto de esta es el siguiente:

Título: Medición del Aislamiento Acústico.

Objetivos:

- Adquirir destreza en el manejo de la aparatología necesaria.
- Obtener el aislamiento acústico de un elemento constructivo.
- Conocer los diferentes materiales para el aislamiento acústico.

Equipo y material necesario:

- Sonómetro analizador de espectro CESVA SC310.
- Trípode para el sonómetro.
- Altavoz omnidireccional CESVA BP012.
- Trípode para la fuente sonora.
- Amplificado mono CESVA AP602.
- PC con el software CESVA CAPTURE STUDIO.
- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el sonómetro.
- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el amplificador.
- Software BlueSoleil para organizar los dispositivos Bluetooth.
- Cable de conexión del amplificador al altavoz de un mínimo de 10 m.

Fundamentos teóricos:

Se mostrará al alumnado los fundamentos básicos sobre la Norma UNE-EN ISO 12354-1 referente a la acústica de edificios y en concreto a la Parte 1 de la norma: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

Se explicará el protocolo para medir el aislamiento establecido en este proyecto.

Se explicará el funcionamiento de la aparatología y se entregará los manuales en pdf.

Se hará un repaso teórico del análisis acústico de un recinto:

- Análisis espectral de audio.
- Tiempo de reverberación del recinto.

Desarrollo práctico:

A.- Material y equipamiento utilizado.

B.- Plano de los locales emisor y receptor.

C.- Indica los valores de configuración del proyecto para una medición de aislamiento al ruido aéreo entre recintos según la Norma UNE-en ISO 12354-1.

D.- Indica la colocación de los diferentes equipos en los recintos emisor y receptor.

D1.- Distancias que debe haber entre:

- Micrófono-fuente.
- Micrófono-micrófono, fuente-fuente.
- Dispositivo-pared.

D2.- Dimensiones de los recintos y del elemento separador.

E.- Siguiendo el protocolo de medición del aislamiento acústico, obtén los valores de ruido de fondo, sonido emitido, sonido recibido y tiempo de reverberación.

F.- Representa las mediciones de ruido de fondo: son los espectros de ruido de fondo medidos en la sala de recepción.

G.- Representa las mediciones de emisión y recepción: son los espectros medidos en la sala de emisión y recepción respectivamente.

H.- Representa las mediciones de tiempo de reverberación.

I.- Conclusiones.

Nota: Para comprobar la efectividad de los materiales aislantes, la práctica anterior se puede realizar entre dos aulas no tratadas acústicamente y entre las aulas 05 y 06, donde se ha realizado la siguiente actuación acústica:

3.- Tratamiento acústico de dos aulas

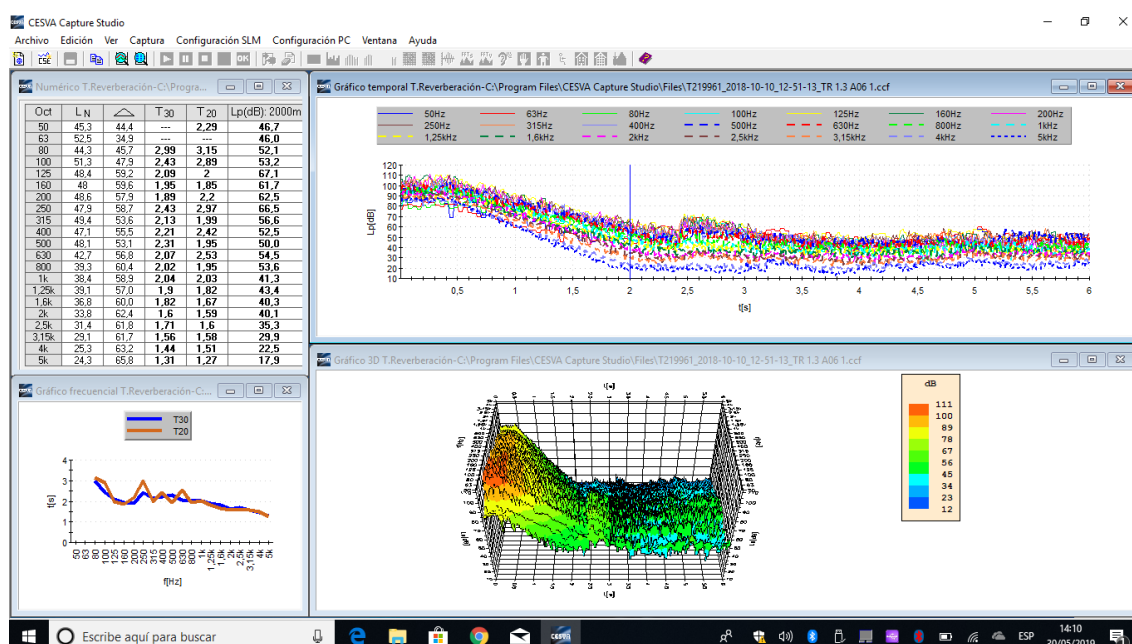
A las aulas 05 y 06 del IES Zapatón se le ha sometido a un tratamiento acústico tal como se muestra en las imágenes.



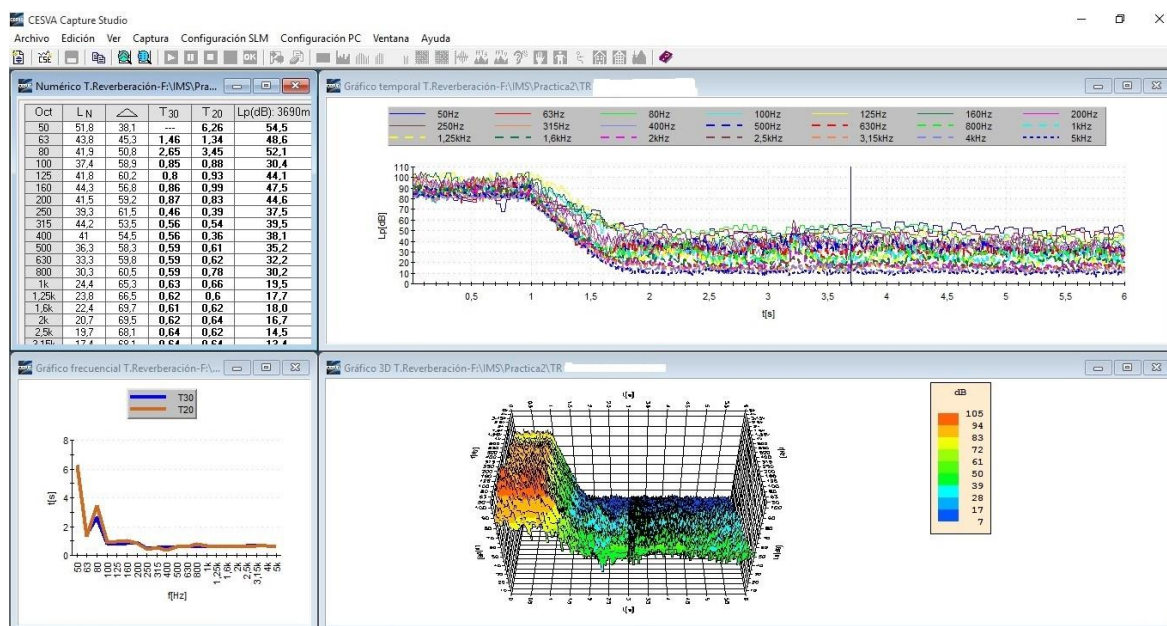
La pared enfrentada a la pizarra se ha forrado con 24 m² de paneles de espuma piramidal. Seguidamente exponemos los resultados acústicos obtenidos comparándolos con los que se obtenían con anterioridad a la actuación.

Tiempo de reverberación

Anterior



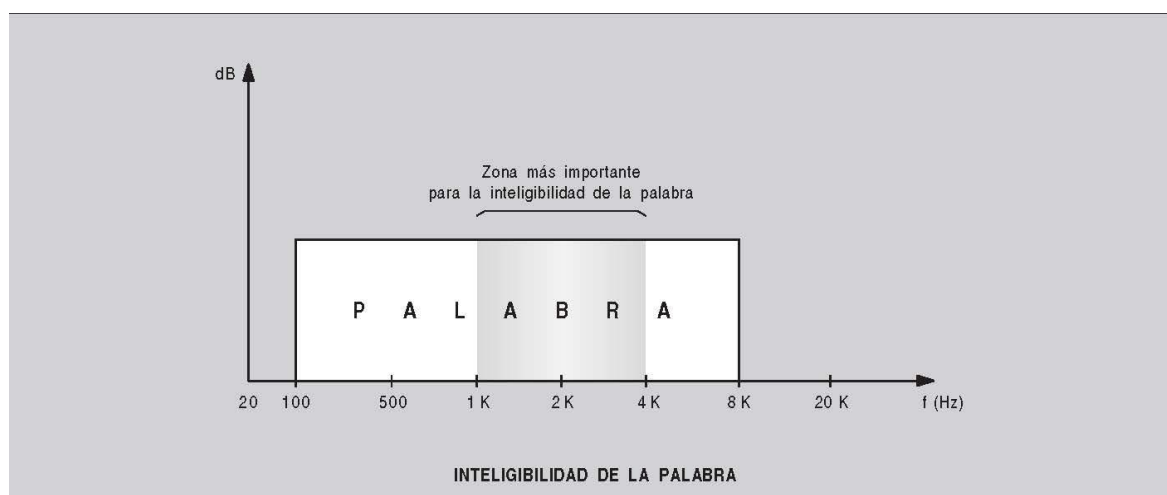
Posterior



Se observa que se ha bajado significativamente el tiempo de reverberación pasando de unos 2 segundos a 1 segundo. En concreto en la frecuencia de referencia de 1 KHz para T_{30} , se ha pasado de 2,04 segundos a 0,63 segundos.

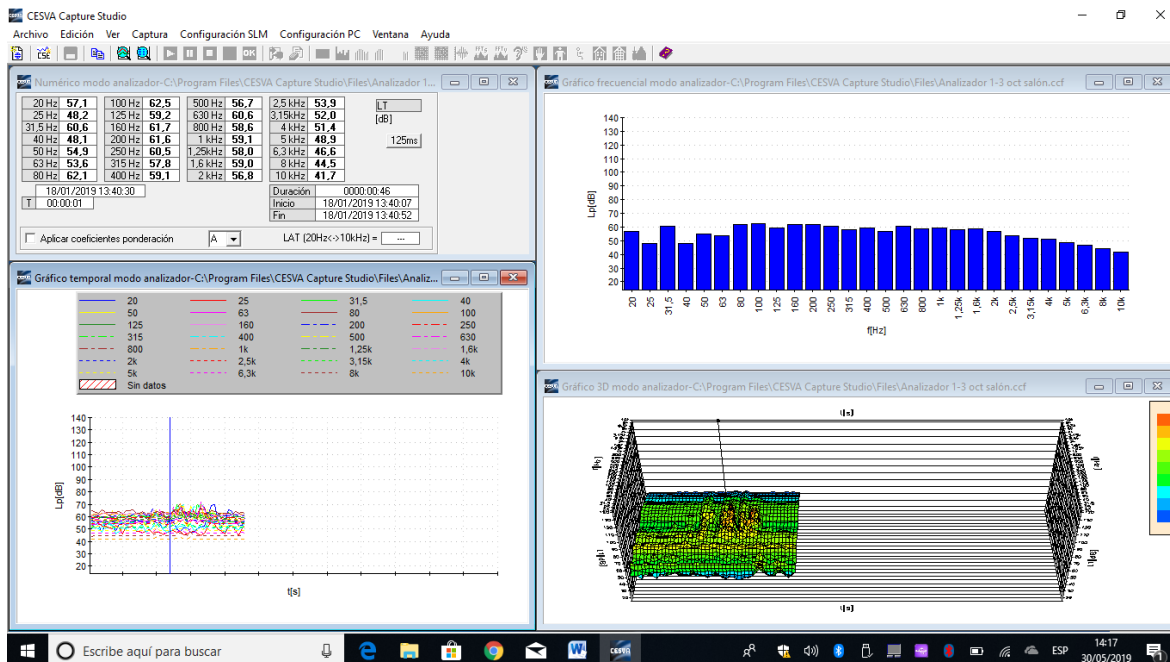
Un tiempo de reverberación inferior a un segundo mejora la inteligibilidad y ayuda al aislamiento acústico.

Se ha mejorado en todas las frecuencias del espectro audible y en especial en las frecuencias del habla.

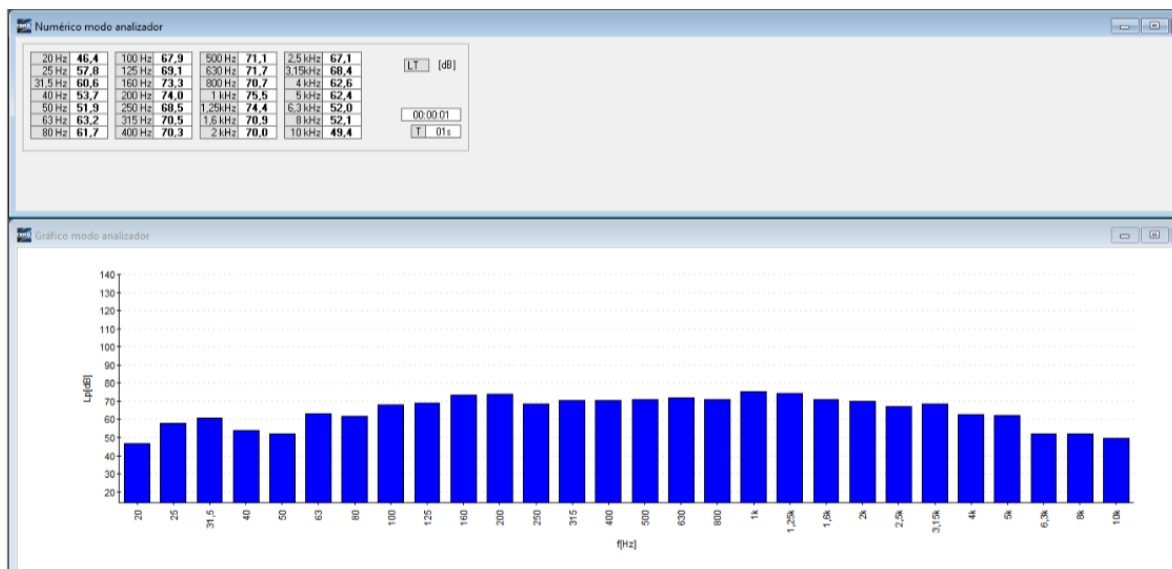


Respuesta en frecuencia

Anterior



Posterior



En la respuesta en frecuencia no se observan cambios significativos. Es cierto que partimos de una respuesta bastante plana y uniforme, lo que es bueno. En definitiva, con la actuación realizada en las aulas, mantenemos una respuesta buena para la comunicación oral.

Inteligibilidad

Anterior

Informe Resumido STI

Informe acorde a las normas IEC 60268-16{ED4}, capítulo 7.6.4



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad del Aula 06
Descripción	Se midió el ruido de fondo y cinco medidas de STI con cinco personas en el aula.
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011

Todo		Media aritmética lav	0,24 STI	U
		Desviación estándar σ	0,01 STI	
		Resultado total: lav - σ	0,23 STI	U
1	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_010		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_010	0,22 STI	U
2	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_009		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_009	0,25 STI	U
3	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_008		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_008	0,24 STI	U
4	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_007		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_007	0,24 STI	U
5	Descripción			
	Posición STI	2018-10-26_STIPA_006		
	Archivo de Ruido	2018-10-26_STIPA_006	0,25 STI	U

Posterior

Informe Resumido STI

Informe acorde a las normas IEC 60268-16{ED4}, capítulo 7.6.4



Proyecto	Medición de la Inteligibilidad en el IES Zapatón				
Descripción	Medidas con un rango superior a 0,60 STI.				
Estándar	IEC 60268-16 ed4.0 2011				

Todo	Media aritmética lav		0,70 STI	B
	Desviación estándar σ		0,08 STI	
	Resultado total: lav - σ		0,62 STI	D

1	Descripción		0,65 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_000		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_000		

2	Descripción		0,67 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_002		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_002		

3	Descripción		0,67 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_003		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_003		

4	Descripción		0,85 STI	A+
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_009		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_009		

5	Descripción		0,67 STI	C
	Posición STI	2019-03-18 _STIPA_012		
	Archivo de Ruido	2019-03-18 _STIPA_012		

Tabla Índice de inteligibilidad STI.

STI	Inteligibilidad
0-0,3	Incomprensible
0,3- 0,45	Pobre
0,45-0,6	Regular
0,6- 0,75	Buena
0,75-1	Excelente

Después del acondicionamiento acústico, las mediciones han dado rangos superiores a 0,60 STI, por lo tanto, todas ellas, según la norma, tienen una inteligibilidad BUENA o EXCELENTE.

Conclusión

La acústica del aula ha mejorado notablemente. El profesorado que utiliza el aula ha manifestado que tiene que hacer un menor esfuerzo al hablar y la comunicación se realiza con una inteligibilidad perfecta, alejada de la reverberación anterior. La adaptación acústica ha sido agradecida unánimemente.

C.- Participantes y su colaboración

Elías Urbistondo Pérez, Profesor Técnico de Formación Profesional, presentó el proyecto al alumnado de 2º de Instalaciones de Telecomunicaciones fijando los objetivos a conseguir, recopiló información, a través de internet, sobre la contaminación por ruido y el aislamiento acústico.

Pedro Fernández Rey, Profesor Técnico de Formación Profesional, se encargó de procesar informáticamente todos los datos obtenidos y colaboró en la creación del protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos según la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1.

Juan Carlos Jorge Monllor, Profesor Técnico de Formación Profesional, colaboró en realizar análisis acústicos en diferentes recintos del Instituto y en las instalaciones de Radio Estudio 88. También colaboró en la creación del protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos según la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1.

Eduardo Solís Muñoz, Profesor Técnico de Formación Profesional, coordinó el proyecto, diseñó la práctica de la medición del aislamiento acústico, experimentó con el alumnado, se encargó de realizar análisis acústicos en los diferentes recintos del Instituto y en las instalaciones de Radio Estudio 88. Ha creado el protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos según la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1.

El Alumnado del módulo de Instalaciones de megafonía y sonorización del Ciclo Formativo de Grado Medio de Instalaciones de Telecomunicaciones, experimentó y obtuvo todas las medidas necesarias.

Los Servicios Técnicos de las empresas Vetson CESVA Instrument S.L. y Última S.C., se encargaron del asesoramiento y coordinaron las jornadas de formación para todos los participantes en el proyecto, alumnado y profesorado, donde se mostró la utilización y mejor colocación de los equipos de medida:

- Analizador de Espectro SC310.
- Analizador Acústico NTi XL2.
- Generador Minirator MR-PRO.
- Fuente sonora omnidireccional FP122.

Radio Estudio 88 facilitó el trabajo del estudio acústico que se realizó en sus instalaciones.

D.- Recursos y equipamientos utilizados/adquiridos.

Recursos y equipamiento utilizado:

- Sonómetro analizador de espectro CESVA SC310.
- Trípode para el sonómetro.
- Altavoz omnidireccional CESVA BP012.
- Trípode para la fuente sonora.
- Amplificador mono CESVA AP602.
- Ecualizador mono de 1/3 de octava Fonestar FEQ-31.
- PC con el software CESVA CAPTURE STUDIO.
- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el sonómetro.

- Sistema Bluetooth para la conexión el PC y el amplificador.
- Software BlueSoleil para organizar los dispositivos Bluetooth.
- Cable de conexión del amplificador al altavoz de un mínimo de 10 m.
- Generador de señal de audio analógico NTi Audio MR Pro Minirator.
- Analizador acústico NTi Audio XL2.
- 2 x Monitor dBTechnologies Opera 10.

Recursos y equipamiento adquiridos:

- AENOR Norma EN ISO 12354-1. Acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.
- Equipo de audio para pruebas de aislamiento:
 - Amplificador Denon PMA-520AE.
 - Amplificador Onkyo A-9010-S.
 - Altavoces Auna V7B.
 - Mesa de mezclas Power Dynamics PDM-S604.
 - Máquina de grabación alta fidelidad Okki-Nokki.
- Hardware y software para la medición del aislamiento:
 - NCH- software.
 - Portátil Lenovo G50 17".
 - Portátil Lenovo W540 tablet.
 - Funda portátil.
- Material para acondicionamiento y aislamiento acústico:
 - Súper Dash insonorización pirámide espuma.
 - Ace Punch panel piramidal de espuma acústica.
 - Cola de contacto Ceys MS1942 y cola aerosol Feuvert.

F.- Desajustes respecto a lo previsto en el proyecto y soluciones aplicadas

No se ha podido realizar mediciones en los Estudios de grabación Vindeo. La empresa trabaja a mínimos y el contacto con ellos ha sido infructuoso. Se comprometieron a trabajar con nosotros, pero al final no ha sido posible.

Las mediciones en el local de Radio Estudio 88 ha resultado insatisfactorio, porque el recinto no posee ninguna adaptación acústica, por lo que las medidas realizadas han sido como las efectuadas en aulas del Instituto antes de la adaptación acústica realizada.

Estos inconvenientes se han solventado con más mediciones acústicas en diferentes estancias del IES Zapatón.

De momento no se ha creado una empresa Spin-Off, pero se ha avanzado en un plan de colaboración entre el IES Zapatón y la empresa Última S.C., por el cual el Centro colaborará con dicha empresa en eventos donde necesiten ampliar equipamiento. En esos casos, el IES Zapatón podrá cederles equipo y el alumnado del centro podrá realizar prácticas reales con la empresa.

G.- Aplicaciones futuras.

A partir del curso 2019-20, se incluirá la práctica de Medición del Aislamiento Acústico en la programación del módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización del ciclo formativo de grado medio Instalaciones de Telecomunicaciones.

El protocolo de medición del aislamiento acústico adaptado a la nueva Norma UNE-EN ISO 12354-1, Parte 1: aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, se ha mostrado a empresas del sector que colaboran con nosotros en las FCT y sus protocolos los adaptarán a lo planteado por nuestro proyecto.

La adaptación acústica efectuada en las aulas 05 y 06 del Centro se irá implantando en aquellas aulas donde el profesorado considere que hay un problema de falta de inteligibilidad.

H.- Valoración final. Conclusiones.

La **valoración** del proyecto es muy positiva. Observando el cumplimiento de los objetivos definidos en el proyecto, todos se han cumplido satisfactoriamente excepto dos que no se han desarrollado y la creación de una empresa Spin-Off, aunque no se ha realizado, sí se ha avanzado en su ejecución para un futuro.

Objetivo	Satisfactorio Insatisfactorio
Desarrollar un protocolo para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos que cumpla la nueva norma de marzo de 2018 UNE-EN ISO 12354-1:2018, comprobando o resolviendo los siguientes aspectos:	Satisfactorio
- Solucionar las dificultades al aplicar la norma a espacios reducidos.	Satisfactorio
- Procedimentar las suficientes repeticiones y reproducciones para cumplir la norma con garantías.	Satisfactorio
- Satisfacer la medición en bandas de bajas frecuencias.	Satisfactorio
- Comprobar el protocolo para recintos con estructuras ligeras.	No realizado
- Reducir el equipo y el cableado que se necesita para mediciones de campo.	Satisfactorio
- Reducir los tiempos de medición.	Satisfactorio
- Establecer una conexión por bluetooth entre equipos para mediciones sin operarios en el recinto.	Satisfactorio
- Resolver la problemática de la diferencia de presión acústica entre la zona central y las zonas próximas a las paredes en los espacios reducidos.	Satisfactorio
- Comprobar las distancias entre equipos y los límites de recintos para diferentes rangos de frecuencias.	Satisfactorio
- Establecer un mínimo de precisión para el cálculo del tiempo de reverberación para bandas de tercio de octava por debajo de 100 Hz.	Satisfactorio
Comprobar la funcionalidad de diferente material aislante, así como paneles fabricados para el aislamiento acústico.	Satisfactorio
Comprobar la eficiencia de las trampas para frecuencias bajas a la hora de tratar acústicamente cualquier ajuste profesional de un recinto.	No realizado

Se creará una herramienta informática de recogida de datos de las diferentes mediciones para cumplir con la Norma UNE-EN ISO 12354-1. Parte 1.	Satisfactorio
Aprovechar la experiencia para potenciar en el alumnado competencias profesionales que se plantean en el módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización.	Satisfactorio
Tratamiento acústico de un aula de IES Zapatón, utilizando el protocolo desarrollado.	Satisfactorio
El reto experimental pretende formar al alumnado de una forma integral, no sólo en la competencia profesional, sino también en aspectos como: - Integración en el Instituto incluyendo la experiencia en la programación del módulo de Instalaciones de Megafonía y Sonorización y en el Proyecto Curricular del Ciclo Formativo de Grado Medio de Instalaciones de Telecomunicaciones. - Investigación, mediante Internet, referente a contaminación acústica y aislamiento al ruido. - Utilización de medios informáticos para la recopilación de datos y realización del proyecto con esquemas y estadísticas. - Utilización de la página web del Instituto y de los perfiles que tiene el Centro en las Redes Sociales para su difusión. - Trabajo en equipo.	Satisfactorio
Relacionarnos con empresas del sector de la comarca, explorando las funciones del técnico en acústica de recintos.	Satisfactorio
Adquirir destreza en el manejo de un analizador de espectro de audio.	Satisfactorio
Adquirir destreza en el manejo de una fuente omnidireccional.	Satisfactorio
Se planteará la posibilidad de crear una Spin-Off por parte del alumnado con la colaboración de antiguos alumnos que están trabajando como autónomos en la sonorización de recintos.	Insatisfactorio

Conclusión: La experiencia ha sido muy satisfactoria. Se han conseguido los objetivos con un protocolo de medición que funciona perfectamente y ha sido asumido por el sector, una práctica que redundará en beneficio del alumnado y unas adaptaciones acústicas de aulas que ha beneficiado a todo el Centro.

Pero sobre todo ha sido una experiencia que ha formado de una manera integral al alumnado de Instalaciones de Telecomunicaciones.