

Bellaterra: 18 de mayo de 2009
 Expediente número: 09/32301475
 Referencia peticionario: **RECTICEL IBÉRICA, S.L.**
 C/ Catalunya, nº 13, Pol. Ind. Can Oller
 08130 Sta. Perpetua de Mogoda (Barcelona)

INFORME DE ENSAYO

ENSAYO SOLICITADO: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo según norma UNE-EN ISO 140-3:1995 de un falso techo a base de paneles Copopren © Acústico Negro de 140 mm y placa de yeso laminado, instalado bajo un forjado reticular de hormigón armado.

FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO: 24 de marzo de 2009


 LGAI Technological Center, S.A.
 Xavier Costa Guallar
 Responsable de Acústica
 LGAI Technological Center S.A.


 LGAI Technological Center, S.A.
 Xavier Roviralla Roca
 Técnico de Acústica
 LGAI Technological Center S.A.

Garantía de Calidad de Servicio

Applus+ garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
 En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien al Director de Calidad de Applus+, en la dirección: satisfaccion.cliente@appluscorp.com

La reproducción del presente documento sólo está autorizada si se hace en su totalidad.
 Sólo tienen validez legal los informes con firma original o sus copias compulsadas.
 Este documento consta de 17 páginas de las cuales 0 son anexas.

1.- OBJETIVO DE LA MEDICIÓN

Medición del índice de reducción sonora al ruido aéreo según norma UNE-EN ISO 140-3:1995 de un falso techo a base de paneles Copopren © Acústico Negro de 140 mm y 80 Kg/m³ y placa de yeso laminado estándar de 18 mm, instalado bajo un forjado reticular de hormigón armado de 25+5 cm de canto.

2.- EQUIPOS DE MEDICIÓN

Los equipos usados para realizar las mediciones acústicas son los siguientes:

- Analizador nº id: 103099 (Bruel&Kjaer mod. Pulse)
- Calibrador nº id: 103032 (Bruel&Kjaer mod. 4231)
- Micrófonos nº id: 103118, 103123, 103126, 103127, 103128 y 103131 (Bruel&Kjaer mod. 4943)
- Fuentes de ruido nº id: 103098 (AVM mod. DO12) y 103124 (CESVA mod. BP012)
- Amplificador con generador de ruido nº id: 103125 (CESVA mod. AP600)
- Termohigrómetros nº id: 103108 (RS mod 212-124) y 103121 (Oregon Scientific mod. BA116)
- Flexómetro nº id: 103095 (Stanley mod. Powerlock)
- Medidor de distancia láser nº id: 103196 (SKIL mod. Xact)

3.- PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

3.1. MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realiza según el procedimiento de trabajo C521 0197 de Applus+CTC, basado en la norma UNE-EN ISO 140-3:1995, "Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción".

Para medir el aislamiento al ruido aéreo entre dos salas con una separación común, ya sea vertical u horizontal, se genera un nivel de presión acústica en una de ellas, llamada sala emisora, suficientemente elevado como para que el nivel en la otra sala, llamada sala receptora, supere en 15 dB como mínimo el ruido de fondo (ruido ambiental) en todas las

bandas de frecuencia dentro del margen de estudio. Si el nivel medido no supera el ruido de fondo como mínimo en 15 dB, se ha de realizar la corrección determinada por la norma.

Se mide el nivel de ruido en la sala emisora en diferentes puntos y se promedia. A continuación se repite esta operación en la sala receptora. De estos dos niveles promediados se puede obtener la diferencia de niveles D:

$$D = L_1 - L_2 \quad [\text{dB}]$$

dónde:

- L_1 es el nivel medio de presión acústica en la sala emisora.
- L_2 es el nivel medio de presión acústica en la sala receptora (con la corrección del nivel de ruido de fondo si es necesario).

Esta diferencia de niveles se ha de corregir mediante un factor que depende del tiempo de reverberación, del volumen de la sala receptora y de la superficie común de separación que hay entre las dos salas. Así se obtiene el índice de reducción acústica R:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log} \left(\frac{ST}{0.163 V} \right) \quad [\text{dB}]$$

dónde:

- S es la superficie de la muestra.
- T es el tiempo de reverberación de la sala receptora. El tiempo de reverberación de la sala se define como el tiempo necesario para que el nivel de presión acústica medido disminuya 60 dB una vez parada la fuente de ruido.
- V es el volumen de la sala receptora.

3.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE GLOBAL DE REDUCCIÓN ACÚSTICA PONDERADO A, R_A

El índice global de reducción acústica, ponderado A, de un elemento constructivo, R_A , es la valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica, R, para un ruido incidente rosa normalizado ponderado A. En el Anejo A del documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación, el índice R_A se define mediante la siguiente expresión a partir de los valores del índice de reducción acústica R obtenidos mediante ensayo en laboratorio:

$$R_A = -10 \text{ Log} \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i} - R_i)/10} \text{ [dBA]}$$

dónde:

- R_i es el valor del índice de reducción acústica en la banda de frecuencia i, en dB.
- $L_{Ar,i}$ es el valor del espectro de ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i, en dBA.
- i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
$L_{Ar,i}$	-30,1	-27,1	-24,4	-21,9	-19,6	-17,6
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
$L_{Ar,i}$	-15,8	-14,2	-12,9	-11,8	-11,0	-10,4
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
$L_{Ar,i}$	-10,0	-9,8	-9,7	-9,8	-10,0	-10,5

Tabla 3.1: Valores del espectro normalizado de ruido rosa, ponderado A

3.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE GLOBAL DE REDUCCIÓN ACÚSTICA R_w

El índice global de reducción acústica R_w se define en la norma UNE-EN ISO 717-1:1997 como el valor, en decibelios, que toma el espectro de referencia (ver tabla 3.2) a la frecuencia de 500 Hz, después de desplazarlo tal y como se explica a continuación.

Para evaluar los resultados de una medida de R (aislamiento acústico por frecuencia en bandas de tercio de octava), el espectro de referencia se desplaza en saltos de 1 dB (positivo o negativo) hacia la curva medida mientras la suma de desviaciones desfavorables, en el margen frecuencial entre 100 y 3500 Hz, sea lo mayor posible pero sin superar los 32,0 dB. Una desviación desfavorable, a una determinada banda frecuencial, se da cuando el resultado de la medición es menor que el valor de la curva de referencia en aquella banda.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
Ref.	33	36	39	42	45	48
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
Ref.	51	52	53	54	55	56
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ref.	56	56	56	56	56	56

Tabla 3.2: Valores que toma la curva de referencia para cada banda frecuencial en tercios de octava

3.4. TÉRMINOS DE ADAPTACIÓN AL ESPECTRO ($C_{100-5000}$; $C_{tr,100-5000}$)

Definido en la norma UNE-EN ISO 717-1 el término de adaptación al espectro es el valor, en decibelios, que se debe añadir al valor de la magnitud global (R_w, \dots) para tener en cuenta las características de un espectro particular.

Estos parámetros los introduce la norma para tener en cuenta los diferentes espectros de las fuentes de ruido (como ruido rosa y ruido de tráfico) y para evaluar curvas de aislamiento acústico con valores muy bajos en una sola banda de frecuencia.

A continuación se incluye una tabla orientativa sobre la relevancia de uno u otro término según las fuentes de ruido:

Término de adaptación espectral adecuado	Tipo de fuente de ruido
C (término de adaptación espectral al ruido rosa)	Actividades humanas (conversaciones, música, radio, TV) Juegos de niños Trenes a velocidades medias y altas Autopistas (> 80 Km/h) Aviones a reacción, en distancias cortas Factorías, que emiten ruido de frecuencias medias y altas
C _{tr} (término de adaptación espectral al tráfico)	Tráfico urbano Trenes a velocidades bajas Aviones a propulsión Aviones a reacción, a grandes distancias Música de discotecas Factorías, que emiten ruido de frecuencias bajas

Tabla 3.3: Términos relevantes de adaptación espectral para diferentes tipos de fuentes de ruido

3.5. MEJORA DEL ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA DE UN REVESTIMIENTO, ΔR

En el Anejo A del documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación, la mejora ΔR se define como el aumento del índice de reducción acústica de un elemento constructivo por adición de un tratamiento o revestimiento al elemento constructivo base. Se valora por la diferencia entre el índice de reducción acústica, R, de un elemento constructivo de referencia con el revestimiento de mejora y el propio del elemento constructivo de referencia. Es función de la frecuencia.

En el Anejo E del mismo "DB-HR Protección frente al ruido", así como en la norma UNE-EN ISO 140-16:2007 "Medición en laboratorio de la mejora del índice de reducción acústica por un revestimiento complementario", se define el método de medida y valoración de dicha mejora.



El valor de la mejora del índice de reducción acústica, ΔR , se obtendrá, en función de la frecuencia, para las bandas de tercio de octava del intervalo 100-5000 Hz, mediante la diferencia entre los valores del índice de reducción acústica del elemento constructivo base con el revestimiento, R_{con} , y sin él, R_{sin} , medidos en laboratorio conforme a la norma UNE-EN ISO 140-3, mediante la expresión:

$$\Delta R = R_{con} - R_{sin} \quad [\text{dB}]$$

Para el caso de elementos de separación horizontales se usará como elemento constructivo base una losa de hormigón homogéneo armado de acuerdo con la norma UNE EN-ISO 140-8 (suelo básico con frecuencia de coincidencia baja, "suelo básico pesado"). Independientemente de esta especificación, podrá realizarse el ensayo utilizando como elemento base aquel sobre el que se colocará el revestimiento in situ.

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
$R_{0,I}$	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	41,8
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
$R_{0,I}$	44,4	46,8	49,3	51,9	54,4	56,8
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
$R_{0,I}$	59,5	61,9	64,3	65,0	65,0	65,0
$R_{0,I,w}$ (dB)	52					
$R_{0,I,A}$ (dBA)	51,5					

Tabla 3.4: Valores del índice de reducción acústica $R_{0,I}$ de la curva de referencia para mediciones con el forjado pesado de referencia con frecuencia de coincidencia baja

3.6. MEJORA DEL ÍNDICE GLOBAL DE REDUCCIÓN ACÚSTICA DE UN REVESTIMIENTO, ΔR_w

En el Anejo A del documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación, la mejora ΔR_w se define como el aumento del índice global de reducción acústica de un elemento constructivo por adición de un tratamiento o revestimiento al elemento constructivo base. Se valora por la diferencia entre los valores globales del índice de reducción acústica, R_w , de un elemento constructivo de referencia con el revestimiento de mejora y el propio del elemento constructivo de referencia.

Para obtener el valor global de la mejora del índice de reducción acústica, ΔR_w , de un revestimiento de forjados, tales como suelos flotantes, techos suspendidos, etc., debe utilizarse la curva de referencia $R_{0,I}$ de la tabla 3.4.

El valor de ΔR_w se obtiene mediante la diferencia entre los valores globales del índice de reducción acústica obtenidos de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 717-1 (véase apartado 3.3) correspondientes a las curvas virtuales $R_{0,I} + \Delta R$ y $R_{0,I}$:

$$\Delta R_w = (R_{0,I} + \Delta R)_w - R_{0,I,w} \quad [\text{dB}]$$

dónde:

- $(R_{0,I} + \Delta R)_w$ es el índice global de reducción acústica del elemento de referencia básico con el revestimiento, en dB.
- $R_{0,I,w}$ es el índice global de reducción acústica el elemento de referencia básico solo, en dB.

Un subíndice complementario indica el elemento básico utilizado: "pesado" para el suelo básico con frecuencia de coincidencia baja.

3.6.1 DIFERENCIA DIRECTA DE LOS ÍNDICES GLOBALES DE REDUCCIÓN ACÚSTICA

En caso de utilizar como elemento de base uno diferente del suelo básico de referencia con frecuencia de coincidencia baja, la única vía de indicar un resultado de único número es la de calcular la diferencia directa de los índices globales de reducción acústica, $\Delta R_{w,direct}$ del elemento básico con y sin el revestimiento.

$$\Delta R_{w,direct} = R_{w,con} - R_{w,sin} \quad [\text{dB}]$$

3.7. MEJORA DEL ÍNDICE GLOBAL DE REDUCCIÓN ACÚSTICA, PONDERADO A, DE UN REVESTIMIENTO, ΔR_A

En el Anejo A del documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación, la mejora ΔR_A se define como el aumento del índice global de reducción acústica de un elemento constructivo por adición de un tratamiento o revestimiento al elemento constructivo base. Se valora por la diferencia entre los valores globales del índice de reducción acústica ponderado A, R_A , de un elemento constructivo de referencia con el revestimiento de mejora y el propio del elemento constructivo de referencia.

Para obtener el valor global de la mejora del índice de reducción acústica, ΔR_A , de un revestimiento de forjados, tales como suelos flotantes, techos suspendidos, etc., debe utilizarse la curva de referencia R_0 de la tabla 3.4.

El valor de ΔR_A se obtiene mediante la diferencia entre los valores del índice global de reducción acústica, ponderado A (véase apartado 3.2), correspondientes a las curvas virtuales $R_{0,I} + \Delta R$ y $R_{0,I}$:

$$\Delta R_A = (R_{0,I} + \Delta R)_A - R_{0,I,A} \quad [\text{dB}]$$

dónde:

- $(R_{0,I} + \Delta R)_A$ es el índice global de reducción acústica, ponderado A, del elemento constructivo base con el revestimiento, en dBA.
- $R_{0,I,A}$ es el índice global de reducción acústica, ponderado A, del elemento constructivo base solo, en dBA.

En caso de que el ensayo se realizara sobre un elemento de base diferente del suelo básico de referencia con frecuencia de coincidencia baja, la valoración global se efectuará según la expresión definida anteriormente para ΔR_A , tomando como $R_{0,A}$ el índice de reducción acústica, ponderado A, del elemento constructivo base utilizado.

3.8. INCERTIDUMBRE DE LOS RESULTADOS

La incertidumbre del resultado se expresa como la incertidumbre típica de medida multiplicada por un factor de cobertura $k=2$, que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Las incertidumbres expandidas de los resultados han sido calculadas y son las siguientes:

frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315
±U	1,9	2,9	1,6	2,4	1,5	1,2
frec. (Hz)	400	500	630	800	1000	1250
±U	1,4	1,1	1,4	0,9	0,8	0,7
frec. (Hz)	1600	2000	2500	3150	4000	5000
±U	1,0	1,1	1,3	1,2	1,5	0,8

Tabla 3.4: Incertidumbres expandidas de los resultados

4.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Para la construcción de la muestra se utiliza un conjunto de paneles de espuma de poliuretano aglomerada **Copopren[®] Acústico Negro** de 140 mm de espesor y densidad nominal 80 Kg/m³. Estos paneles son realizados mediante inyección especial de polvo granulado de poliuretano y tamizado selectivo (descripción aportada por el peticionario del ensayo). Las dimensiones nominales de los paneles son 2000 x 1000 mm. Material recibido el 2 de marzo de 2009.



Imágenes 1 y 2 Detalles del panel Copopren[®] Acústico Negro de 140 mm

La muestra está formada, en primer lugar, por un forjado reticular de hormigón armado HA-25/B/20/IIa de 30 cm (25+5) de canto con casetones no recuperables de hormigón, con ancho de nervios de 15 cm y retícula de 85x85 cm.



Imágenes 3 y 4 Forjado de hormigón armado

Bajo este forjado se instala un falso techo de 13,44 m² de superficie, la cual viene determinada por la planta de la sala receptora, que es de 4,2 x 3,2 m. Para la construcción del falso techo, se cubre completamente la cara inferior del forjado con panel Copopren[®] Acústico Negro de 140 mm y 80 Kg/m³ fijado mediante Cola Copopren[®] D20. Para el encolado de los paneles se aplica con espátula una capa de cola sobre el forjado y otra sobre los paneles.



Imagen 5 Panel Copopren encolado al forjado

Una vez instalados los paneles, toda la superficie de éstos se cubre con placa de yeso laminado (PYL en adelante) estándar de 3000 x 1200 mm, 18 mm de espesor y masa superficial estimada 15 Kg/m². Las PYL se encolan al panel mediante Cola Copopren[®] D20, aplicando con espátula una capa de cola sobre los paneles y otra sobre las PYL.

La unión entre PYL se sella mediante pasta de agarre, cinta de papel y pasta de juntas para PYL. El perímetro de unión entre las PYL y las paredes laterales se sella con masilla elástica.



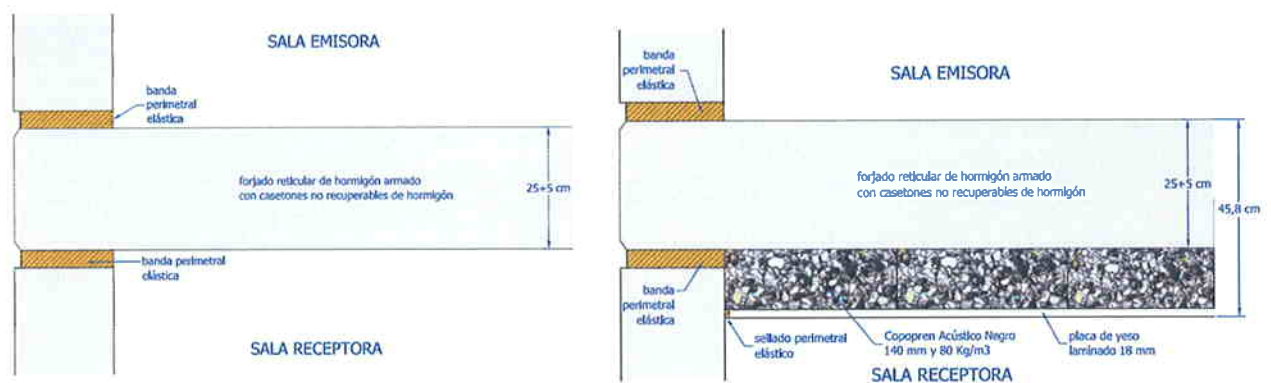
Imágenes 6, 7 y 8 Placas de yeso laminado y su encolado sobre el panel

Con objetivo de conocer la mejora del aislamiento acústico proporcionada por el falso techo descrito, se ensaya en primer lugar el forjado de base solo y posteriormente todo el conjunto con el falso techo ya instalado.

El forjado de base presenta un espesor aproximado de 300 mm y una masa por unidad de superficie estimada de 513 Kg/m². Todo el conjunto, con el falso techo ya instalado, presenta un espesor total aproximado de 458 mm y una masa por unidad de superficie estimada de 539 Kg/m².

El falso techo se instala sobre el forjado de base el día 23 de marzo de 2009 con personal externo subcontratado y supervisado por el personal del Laboratorio de Acústica.

En las siguientes figuras se muestran las secciones de las construcciones ensayadas.



Figuras 1 y 2 Sección del forjado de base y del forjado con el falso techo

AR

5.- CONDICIONES DEL ENSAYO

5.1. FORJADO

	Sala Emisora	Sala Receptora
Condiciones ambientales:	Temperatura: 11 °C	Temperatura: 14 °C
	Humedad: 58 %	Humedad: 64 %
Volumen sala ensayo:	51,1 m ³	61,5 m ³

5.2. MUESTRA COMPLETA (FORJADO + FALSO TECHO)

	Sala Emisora	Sala Receptora
Condiciones ambientales:	Temperatura: 14 °C	Temperatura: 16 °C
	Humedad: 60 %	Humedad: 59 %
Volumen sala ensayo:	48,9 m ³	61,5 m ³

6.- RESULTADOS

Aislamiento acústico al ruido aéreo según UNE-EN ISO 140-3

Peticionario: RECTICEL IBÉRICA, S.L.

Muestra ensayada:

Forjado reticular de hormigón armado HA-25/B/20/IIa de 25+5 cm de canto, con casetones no recuperables de hormigón en su interior.

Masa por unidad de superficie, m , (estimada): 513 Kg/m²

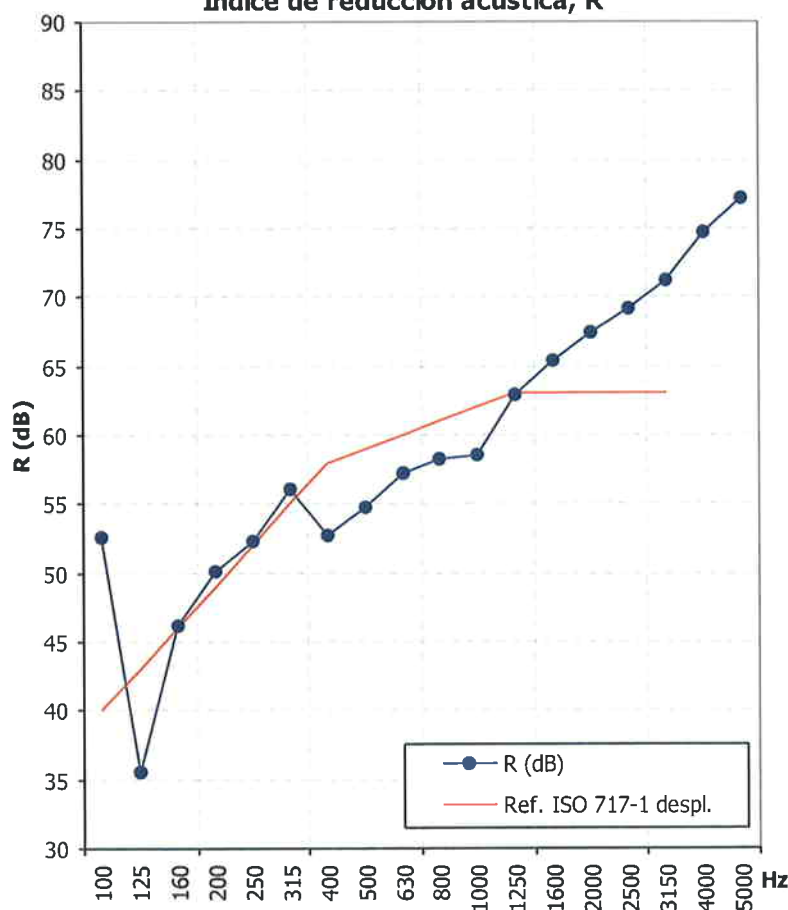
Área, S de la muestra: 13,44 m² (4,2 x 3,2 m)

Fecha de ensayo: 24 de marzo de 2009



Frecuencia (Hz)	R (dB)
100	52,6
125	35,5
160	46,1
200	50,1
250	52,3
315	56,1
400	52,7
500	54,7
630	57,2
800	58,3
1000	58,5
1250	62,9
1600	65,4
2000	67,5
2500	69,2
3150	71,2
4000	74,7
5000	77,2

Índice de reducción acústica, R



Índice global de reducción acústica ponderado A, R_A : **58,2 dBA**

Índice global de reducción acústica, R_w (C ; C_{tr} ; $C_{100-5000}$; $C_{tr,100-5000}$): **59 (-2; -6; -1; -6) dB**

Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus-CTC el día señalado y ensayado en las condiciones indicadas en este documento.

Aislamiento acústico al ruido aéreo según UNE-EN ISO 140-3

Peticionario: RECTICEL IBÉRICA, S.L.

Muestra ensayada:

Falso a base de paneles **Copopren © Acústico Negro** de 140 mm y 80 Kg/m³ encolado y placa de yeso laminado estándar de 18 mm encolada. Todo encolado mediante Cola Copopren D20.

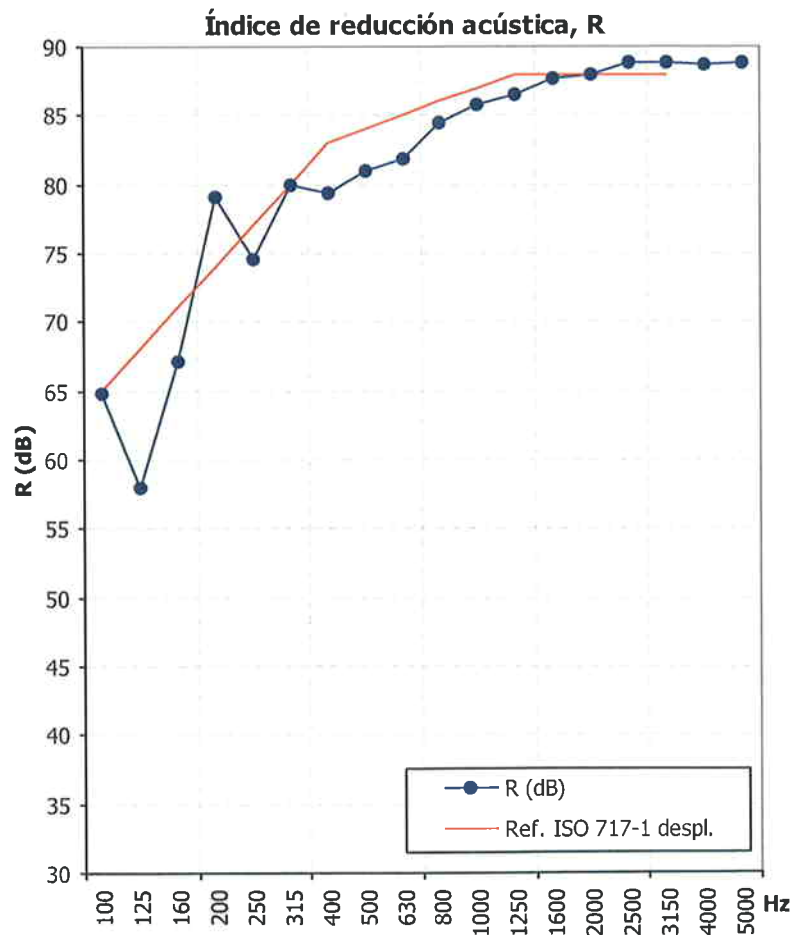
Masa por unidad de superficie, *m*, (estimada): 539 Kg/m²

Área, *S* de la muestra: 13,44 m² (4,2 x 3,2 m)

Fecha de ensayo: 24 de marzo de 2009



Frecuencia (Hz)	R (dB)
100	64,8
125	57,9
160	67,1
200	79,1
250	74,5
315	80,0
400	79,3
500	80,9
630	81,9
800	84,5
1000	85,8
1250	86,5
1600	87,7
2000	87,9
2500	88,9
3150	88,8
4000	88,7
5000	88,9



Índice global de reducción acústica ponderado A, **R_A**:

81,3 dBA

Índice global de reducción acústica, **R_w** (C; C_{tr}; C₁₀₀₋₅₀₀₀; C_{tr,100-5000})

84 (-4; -8; -3; -8) dB

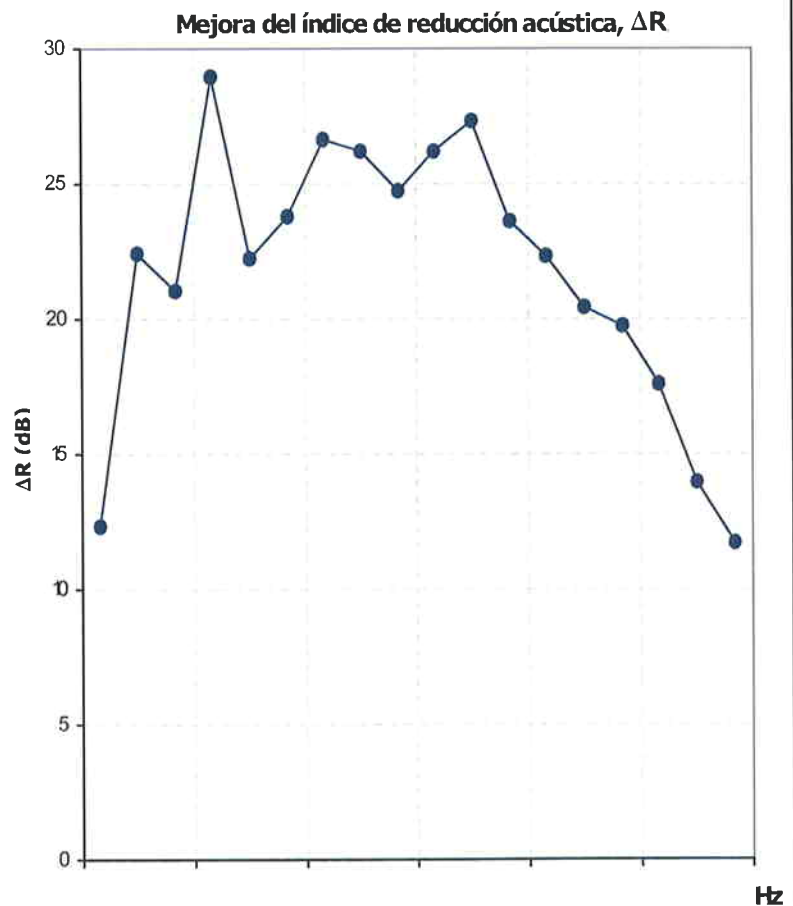
Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus-CTC el día señalado y ensayado en las condiciones indicadas en este documento.

7.- MEJORAS DE LOS ÍNDICES GLOBALES DE REDUCCIÓN ACÚSTICA

A continuación se aportan las mejoras de los índices globales de reducción acústica debidas a la instalación del falso techo bajo el forjado de base, obtenidas mediante diferencias directas.

Elemento constructivo base utilizado	Elemento constructivo base+falso techo
$R_w = 59 \text{ dB}$	$R_w = 84 \text{ dB}$
$R_A = 58,2 \text{ dBA}$	$R_A = 81,3 \text{ dBA}$

Frecuencia (Hz)	ΔR (dB)
100	12,3
125	22,4
160	21,0
200	29,0
250	22,2
315	23,8
400	26,6
500	26,2
630	24,7
800	26,2
1000	27,3
1250	23,6
1600	22,3
2000	20,4
2500	19,7
3150	17,6
4000	14,0
5000	11,7



Diferencia directa de los índices globales de reducción acústica $\Delta R_{w,direct}$: **25 dB**

Mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔR_A : **23,1 dBA**

Los resultados se refieren exclusivamente a las mediciones realizadas con la muestra, producto o material entregado a Applus-CTC el día señalado y ensayado en las condiciones indicadas en este documento.