

DETERMINACION EXPERIMENTAL DEL TIEMPO DE REVERBERACION DE UNA CAMARA ACUSTICA.

J. Lladó*, F.J. Martínez*, J. Valén*, J. Laiz*, J. Calvillo**, L. Usón**

* Departamento de Ingeniería Mecánica. Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza. C/ María de Luna nº 3, 50015 Zaragoza

** Balay S.A.. Polígono Industrial Insider, La Cartuja Baja, Zaragoza

1. INTRODUCCION

La sala acustica objeto de ensayo deberá ser una sala de campo libre aproximado ajustada a lo especificado en los proyectos de norma IEC 59-34 IEC 59-36 para pruebas de ruido efectuadas a lavadoras. Esto supone que debe contar con una pared y el suelo reflectantes y el resto de las paredes y techo absorbentes y ajustarse a la caracterización para salas de campo libre que establece ISO 3744.

Las dimensiones de la sala son de 6'44 x 3'62 x 3'82 (largo x ancho x alto, en m.). ISO 3744 exige para la caracterización un valor del coeficiente de corrección por entorno menor que 2 dB, para lo que el área absorbente, A, deberá cumplir la relación $A \geq 6 S$ (donde S es la superficie de medida). El valor del área absorbente se puede hallar utilizando una fuente sonora de referencia o bien mediante la fórmula:

$$A = 0,16 (V/T)$$

donde V es el volumen de la sala, en m³, y T es el tiempo de reverberación en segundos.

La caracterización se realizará mediante la medición del tiempo de reverberación en la sala y el volumen de la misma, ya que la medición de estas características se ajusta mejor a la instrumentación disponible.

El coeficiente de corrección por entorno, k, es el que debe incluirse en la fórmula $L_W = L_{pm} - k + 10 \log_{10} (S/S_0)$ para tener en cuenta el entorno acústico, principalmente la influencia de superficies reflectantes que se encuentren relativamente próximas al aparato en ensayo.

Este valor debe determinarse, según ISO 3744 para las octavas de interés, en este caso las centradas en 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz y no debe sobrepasar el valor de 2 dB.

Según ISO 3746 (método de control) debe determinarse para un ruido de banda ancha entre 100 Hz y 10 KHz, y no debe sobrepasar los 7 dB.

Se puede obtener experimentalmente el coeficiente de corrección por entorno de dos formas: directa o indirectamente.

Directamente, comparando la medida que se efectúa con el valor de la potencia sonora emitida, conocida si se utiliza una fuente sonora de referencia perfectamente calibrada.

Indirectamente, a través de la medida de los tiempos de reverberación, que permiten estimar el área absorbente para cada banda de frecuencias mediante la fórmula $A = 0.16 V/T$ donde V es el volumen de la sala en metros cúbicos y T el tiempo de reverberación en segundos.

En resumen, la evaluación del coeficiente de corrección por entorno según normas ISO (3744 y 3746) se efectúa a través de la fórmula $k = 10 \log_{10}(1 + 4/(A/S))$, donde A es el área absorbente del recinto y S la superficie de medida. Para la obtención de este valor se estima el área absorbente a través de:

- Un coeficiente de absorción medio de las superficies de la sala para la banda de frecuencias considerada que se multiplica por el valor de estas superficies, obteniéndose así el área absorbente.
- La medida experimental del tiempo de reverberación de la sala para la banda de frecuencias considerada y la posterior aplicación de la fórmula de Sabine $A = 0.16 (V/T)$ donde V es el volumen de la sala en m^3 y T es el tiempo de reverberación en segundos.

Estos dos métodos constituyen la aproximación teórica y experimental al problema según las normas ISO citadas. Existe, además, la posibilidad de obtener directamente el coeficiente mediante la comparación entre los valores de potencia sonora medida y emitida para una fuente sonora de referencia perfectamente calibrada.

3. DETERMINACION EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE CORRECCION POR ENTORNO A TRAVES DE LA MEDIDA DEL TIEMPO DE REVERBERACION.

ISO R/354 recomienda la realización de, al menos, seis determinaciones del tiempo de reverberación, utilizando para ello diferentes posiciones de micrófonos y altavoces. Para la medida de los tiempos de reverberación se ha considerado lo más adecuado la utilización de las posiciones, tanto de los micrófonos como de la fuente sonora, que se utilizarán para medida. Por ello la fuente se colocó sobre el suelo, centrada en la proyección del centro geométrico del volumen de referencia, y las posiciones de los micrófonos así como su numeración corresponden a las recomendadas por IEC para la medida de la potencia sonora (figura 1)

El equipo de generación de sonido está constituido por la fuente sonora de referencia B&K 4205 y el altavoz HP 1001.

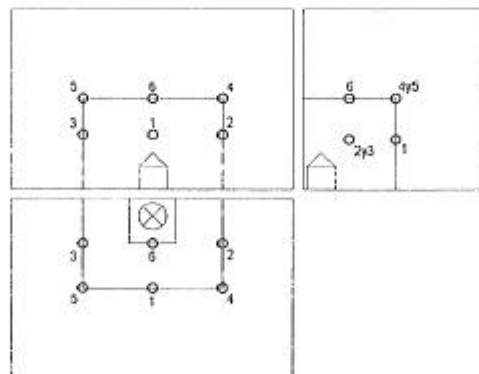


Figura 1. Posiciones de los micrófonos y de la fuente.

El equipo de captación de la señal está constituido por dos cadenas de medida independientes, calibradas acústicamente por separado mediante B&K 4230.

Para las posiciones bajas de los micrófonos (1, 2 y 3) se ha utilizado una cadena compuesta por un micrófono B&K 4165, un cable de extensión AO 0028 y un sonómetro B&K 2218. Para las posiciones altas de los micrófonos (4, 5 y 6) se ha utilizado otra cadena

independiente compuesta por un micrófono B&K 4165, un cable de extensión AO 0028 y un sonómetro B&K 2209.

Las señales AC obtenidas en ambas cadenas se grabaron simultáneamente sobre cinta magnética en un equipo RACAL a determinada velocidad y se reprodujeron a una velocidad 8 veces menor. Este montaje se realizó para posibilitar la medida del tiempo de reverberación a través de las pendientes de las gráficas registradas por el equipo B&K 2306, ya que la máxima resolución que tiene este equipo es de 0.24 segundos para la máxima velocidad del papel (30 mm/s) y de escritura (250 mm/s). De esta forma el tiempo de caída para 60 dB medido sobre las gráficas debe dividirse por 8 para obtener el tiempo de reverberación.

Para cada octava se realizaron dos medidas.

4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos para los micrófonos 4, 5, 6 en esta primera caracterización se muestran en la tabla 1, en las paredes de la sala se coloca una primera capa de material absorbente, se tapiza con la tela seleccionada para ello y se cierra el hueco de la puerta con una metálica, así como el agujero previsto para el paso de los cables de instrumentación con fibra de algodón. Los valores obtenidos fueron menores que 2 dB(lin) para ruido rosa en las octavas centradas en 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz, y menores que 2 dB(A) para un ruido de banda ancha entre 100 y 10 000 Hz, por lo que se deduce que tras esta primera fase de acondicionamiento la sala se ajustaba a ISO 3744 para mediciones de la potencia sonora en estas octavas en ponderación lineal y para un ruido de banda ancha en ponderación A, excepto en lo que se refiere a limitaciones de índole geométrica en lo referente a las dimensiones de las superficies reflectantes, siendo las de la puerta mayores que las permitidas.

Posteriormente se efectuó una segunda caracterización para las mismas condiciones, pero con la puerta metálica cubierta por una segunda de aglomerado de madera sobre la que se había pegado material absorbente, dejando al descubierto dimensiones pequeñas, que cumplieran las limitaciones a las que anteriormente se ha aludido. Los resultados fueron similares y las conclusiones idénticas. En la figura 2 se adjuntan algunas de las gráficas sobre las que se han medido las pendientes que han permitido determinar los tiempos de reverberación.

Frec. [Hz.]	Micro 4	Micro 4 bis	Micro 5	Micro 5 bis	Micro 6	Micro 6 bis	Tiempo de reverberación estimado [s.]	Area absorbente [Sabines]	Coef. de corrección [dB. lin]
125	1'70	1'95	1'60	1'80	1'85	1'90	0'2250	83'91	2'37
250	1'40	2'10	1'20	1'35	1'80	1'40	0'1930	97'97	2'10
500	1'20	1'20	1'22	1'05	1'00	1'60	0'1510	124'99	1'72
1000	0'50	0'40	0'40	0'50	0'70	0'55	0'0635	297'13	0'81
2000	0'70	0'50	0'70	0'70	0'50	0'55	0'0750	251'73	0'94
4000	0'75	0'50	0'70	0'60	0'40	0'30	0'0680	278'84	0'86
8000	0'40	-	-	-	0'30	0'20	0'0375	503'47	0'50
B.A.	1'60	1'25	1'35	1'35	1'90	1'80	0'1980	95'93	2'14

Tabla 1. Resultados obtenidos.

Finalmente debe destacarse que las octavas que necesitan corrección son las centradas en 125 y 250 Hz, como era previsible. Una primera estimación del área absorbente necesaria para la corrección arroja un valor aproximado de 20 sabines.

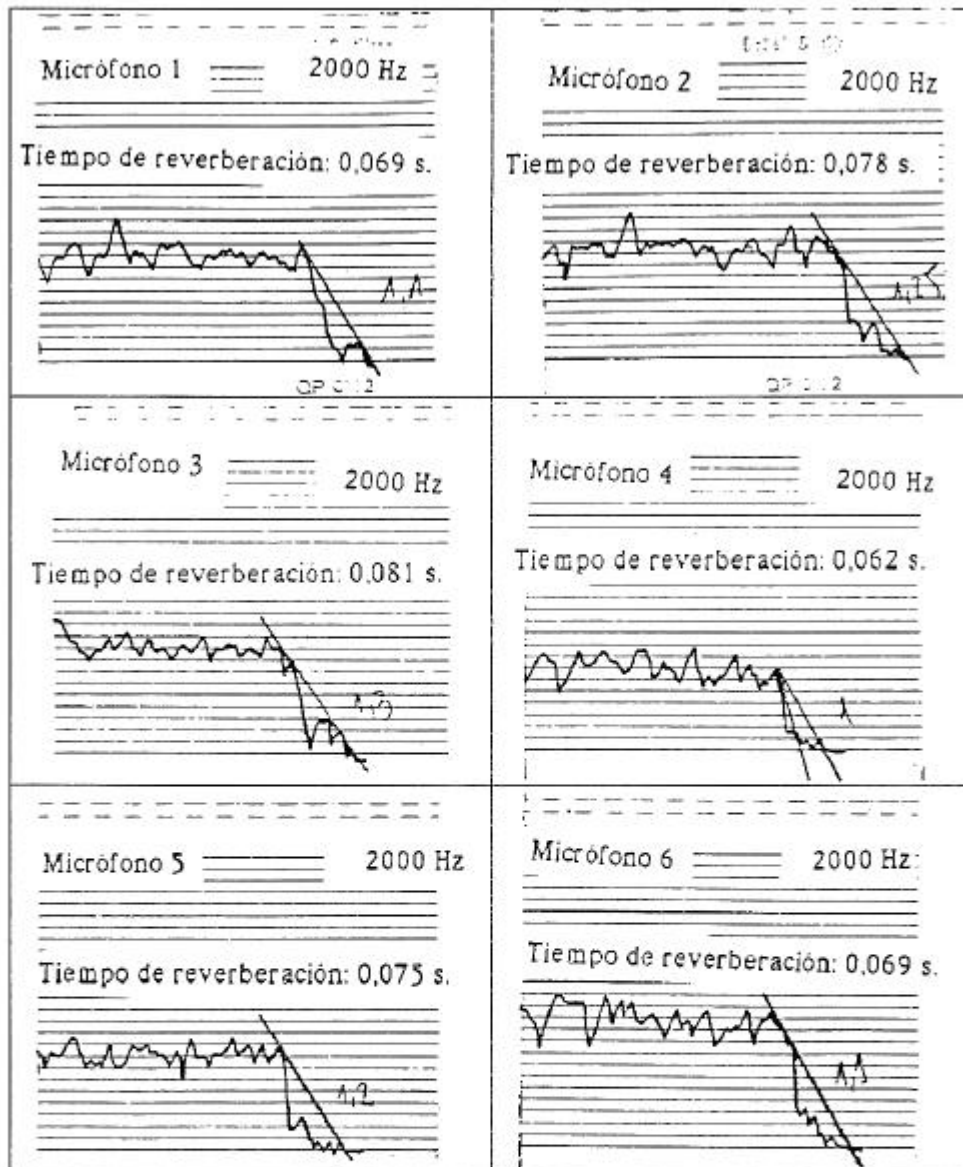


Figura 2.

Con la sala de medida en las condiciones actuales pueden realizarse medidas:

- De acuerdo con ISO 3744 para:
 - Potencia sonora total en ponderación A. ($k = 0,9$ dBA)
 - Potencia sonora en ponderación lineal para las octavas de:
 - 500 Hz; $k = 1,7$ dB.
 - 1 KHz; $k = 1,9$ dB.
 - 2 KHz; $k = 0,9$ dB.
 - 4 KHz; $k = 0,9$ dB.
 - 8 KHz; $k = 1,9$ dB.
- De acuerdo con ISO 3746 para:
 - Potencia sonora total en ponderación lineal; $k = 3,2$ dB.
 - Potencia sonora en ponderación lineal para las octavas de:
 - 125 Hz; $k = 2,9$ dB.
 - 250 Hz; $k = 2,9$ dB.