

Caracterización acústica de diversas salas de concierto de nueva planta y rehabilitadas

Higini Arau

ESTUDI ACUSTIC H. ARAU C/Travessera de Dalt 118, 3ª 1ª. Barcelona (08024)

SUMARIO

En la presente ponencia presentamos los resultados de caracterización acústica de diversos recintos dedicados a conciertos donde hemos participado en su diseño acústico.

Las salas de nueva planta analizadas son: El Auditorio Enric Granados de Lleida y el Auditorio de Sant Cugat y como caso de sala en proceso de rehabilitación o rehabilitadas citaremos el Tonhalle de Düsseldorf y el Palau de la Música Catalana.

Las mediciones acústicas se han efectuado de acuerdo al método MLS, excepto en el Palau de la Música, y se han determinado las siguientes magnitudes acústicas: TR, EDT, C_{80} , D(%), STI (Lochner-Burger), RASTI (y otras de menos interés), y también la respuesta impulsional en diversos puntos del recinto.

EXPOSICION DEL TEMA

En esta comunicación desarrollaremos el conjunto de mediciones efectuadas en diversos recintos donde hemos prestado nuestra asistencia técnica como asesores acústicos en el diseño del recinto, sea de nueva planta, o bien en la rehabilitación del mismo.

Todas las mediciones se han efectuado colocando la fuente sonora se colocaba en el centro de la zona de orquesta a 1m del suelo. Los puntos receptores se escogían sobre un lado del eje de simetría en un número que dependía de cada sala y del tiempo que disponíamos para realizar el trabajo.

En todas las ocasiones los recintos se midieron en estado vacío: sin audiencia. Por lo que las características acústicas de estas salas ocupadas, a excepción del Auditorio de Lleida que conocíamos los datos de los asientos vacíos en relación a su ocupación que eran prácticamente coincidentes, se ha determinado a partir de los datos de variabilidad del coeficiente de absorción $\Delta\alpha$, entre asiento lleno y vacío, emitidos por Beranek¹ para asientos tapizados, que son:

Para la determinación por cálculo a partir de las medidas experimentales se han utilizado las siguientes expresiones 1) a 5), de que la primera se deduce muy fácilmente a partir de la fórmula de Sabine, admitiendo con Beranek², de que $S_A = 0.697 N$ (ello incluye pasillos de 1.5 m), siendo S_A área de audiencia, y las restantes expresiones emitidas por Bradley³.

- 1) $TR_{oc} = TR_v (1 + 4.30. \Delta\alpha. N. TR_v / V)^{-1}$
- 2) $EDT_{oc} = EDT_v . (TR_{oc} / TR_v)$
- 3) $C_{80oc} = C_{80v} + 13 \log (TR_v / TR_{oc})$
- 4) $D_{oc} = D_v. (TR_v / TR_{oc})$
- 5) $STI_{oc} = STI_v (TR_v / TR_{oc})$

Donde TR_{oc} es el tiempo de reverberación para sala ocupada y TR_v es el de sala vacía.

El sistema de medición de la mayoría de recintos fue el MLS⁷, a excepción del Palau de la Música que se utilizó el método descrito por la norma UNE 74-043-77.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficiente variación de la absorción $\Delta\alpha$	0.11	0.08	0.08	0.08	0.11	0.15
Según Barron	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Nota: Los valores enunciados por Barron no se han usado por ser demasiado optimistas.						

Asimismo a partir de las mediciones efectuadas en cada caso hemos calculado los valores medios de cada una de las magnitudes analizadas para sala ocupada, en las frecuencias de 500 y 1000 Hz, expresándolas como es usual con el subíndice mid, escribiendo también con el subíndice low el valor medio calculado de las frecuencias de 125 y 250 Hz. En la misma tabla, que escribimos los valores medios indicados, hemos incluido además las características dimensionales del recinto y de su aforo total, en donde V expresa el volumen de aire del recinto, ST es el área total de audiencia SA más el área restante de suelo y el área de orquesta So. Además en cada tabla hemos indicado el rango de variación del Tmid y el valor medio, admitido por criterio, en función de su volumen y actividad de uso.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones son:

1) Auditorio de Lleida Enric Granados: Sala ocupada(*)

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio 9 puntos	125	2.21	2.19	0.07	37.55	0.58	0.57
	250	2.13	2.09	1.36	48.72		
	500	1.94	1.90	3.14	59.16		
	1000	1.80	1.85	3.70	62.47		
	2000	1.75	1.65	4.31	62.82		
	4000	1.66	1.50	5.71	69.25		

(*) Los coeficientes de absorción de asiento ocupado y asiento vacío, de acuerdo de pruebas realizadas en sala reverberante, son prácticamente coincidentes en este caso.

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S _O
Lleida	805	8000	723.6	561.1	11.06	9.938	162.5
Tmid ⁶ criterio	Tmid	EDTmid	Tlow/Tmid	C80 dBmid	D % mid	STI	RASTI
1.4-1.97 med:1.67	1.87	1.87	1.16	3.42	60.81	0,58	0.57

2) Auditorio Sant Cugat: Sala vacía

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio 8 puntos	125	1.93	2.04	-2.35	20.20	0.55	0.58
	250	1.99	2.18	-2.02	28.42		
	500	2.03	1.99	2.17	59.55		
	1000	1.96	1.82	3.32	61.02		
	2000	2.02	1.81	5.41	75.16		
	4000	1.97	1.64	5.42	72.80		

Auditorio Sant Cugat: Sala ocupada

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio	125	1.83	1.93	-2.05	21.40	0.58	0.62
	250	1.88	2.06	-1.70	30.10		
	500	1.92	1.88	2.48	62.96		
	1000	1.85	1.72	3.65	64.65		
	2000	1.87	1.68	5.85	81.19		
	4000	1.78	1.61	5.99	80.57		

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S _O
Sant Cugat	800	9385	776.4	558	12.09	11.73	218.4
Tmid ⁵ criterio	Tmid	EDTmid	Tlow/Tmid	C80 dBmid	D% mid	STI	RASTI
1.43-2.0 med:1.73	1.885	1.80	0.984	3.065	63.80	0.58	0.62

3) Auditorio Tonhalle de Düsseldorf: Sala vacía

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio 16 puntos	125	2.11	1.88	0.64	43.60	0.58	0.65
	250	1.95	1.57	0.89	48.00		
	500	1.67	1.26	1.07	49.79		
	1000	1.57	1.28	0.70	47.05		
	2000	1.47	1.22	1.66	51.66		
	4000	1.32	1.05	2.16	53.63		

Auditorio Tonhalle de Düsseldorf: Sala ocupada

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio	125	1.93	1.72	1.13	47.66	0.62	0.70
	250	1.79	1.44	1.37	54.73		
	500	1.55	1.17	1.49	53.64		
	1000	1.47	1.20	1.07	50.25		
	2000	1.35	1.12	2.14	56.19		
	4000	1.19	0.95	2.75	59.49		

(.) en patio de butacas

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S ₀
Düsseldorf	1933	150000 (.)1345	1533	1347	9.79 (.)937.5	7.52	185
Tmid ⁵ criterio	Tmid	EDTmid	Tlow/Tmid	C80 dBmid	D% mid	STI	RASTI
1.53-2.15 med:1.84	1.51	1.185	1.23	1.28	51.945	0.62	0.70

4) Auditorio Palau de la Música Catalana: Sala vacía (mediciones acústicas año 1990)

Arquit: Ll.Domenech i Montaner (año construcción 1908),
O. Tusquets. Ll. Clotet, I. Paricio, C. Diaz (año1990)
con la asistencia acústica del Prof. Dr. Ing. Lothar Cremer

(+) Previsión teórica⁴

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio 3 puntos	125	1.70	1.43	1.219	60.63	0.55	—
	250	1.71	1.43	1.212	60.58		
	500	1.64	1.40	1.381	62.39		
	1000	1.63	1.32	1.715	66.76		
	2000	1.47	1.30	1.941	68.88		
	4000	1.26	1.13	2.990	73.40		

Auditorio Palau de la Música Catalana: Sala ocupada (medición año 1990)

Existen butacas de diseño acústico especial.

(+) calculado desde previsión teórica⁴

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio	125	1.52	1.28	1.884	62.89	0.62	—
	250	1.53	1.28	1.840	66.67		
	500	1.47	1.25	2.000	68.50		
	1000	1.47	1.19	2.298	69.24		
	2000	1.29	1.14	2.678	69.32		
	4000	1.08	0.97	3.860	90.08		

(.) en patio de butaca

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S ₀
Palau Musica	2032 (.) 700	10350	1564 (.) 527	1416 (.) 488	6.62	5.1	148
Tmid ⁵ criterio	año 1990 Tmid	EDTmid	Tlow/Tmid	C80 dBmid	D % mid	STI	RASTI
1.45-2.03 med:1.74	1.47	1.36	1.04	2.15	64.57	0.62	—

Auditorio Palau de la Música Catalana: Sala vacía (mediciones acústicas año 1981)

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio	125	1.23	—	—	—	—	—
3 puntos	250	1.38	—	—	—	—	—
	500	1.47	—	—	—	—	—
	1000	1.48	—	—	—	—	—
	2000	1.37	—	—	—	—	—
	4000	1.16	—	—	—	—	—

Auditorio Palau de la Música Catalana: Sala ocupada

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio	125	1.10	—	—	—	—	—
10 puntos	250	1.26	—	—	—	—	—
	500	1.33	—	—	—	—	—
	1000	1.31	—	—	—	—	—
	2000	1.21	—	—	—	—	—
	4000	1.01	—	—	—	—	—

(.) en patio de butacas

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S ₀
Palau Musica	2032 (.) 700	10350	1564 (.) 527	1416 488	6.62	5.1	148
	año 1981 Tmid	EDTmid	Tlow/Tmid	C80 dBmid	D % mid	STI	RASTI
	1.335	—	0.88	—	—	—	—

CONSIDERACIONES FINALES: Se presentan en el comunicado científico correspondiente a la referencia 6.

REFERENCIAS

- Beranek L.L., (1960) Audience and Seat Absorption in Large Halls., J.Acoust. Soc. Am. 32,nº6,661-669
- Beranek L.L.,(1969) Audience and Chair absorption in Large Halls. II, J. Acoust. Soc. Am. 45, nº1,13-19
- Bradley J.S (1991) "A comparison of three classical concert halls" J.Acoust.Soc.Am., Vol 89, nº3, March.
- H.Arau (1996) Teoría General de las magnitudes energéticas del sonido en recintos con distribución asimétrica de absorción.Rev.Acústica 1º-2ºTrimestre.
- H.Arau(1996) Dependencia del Tiempo de Reverberación con el tamaño de audiencia en salas de pública concurrencia.Rev.Acústica 3º y 4º Trimestre.
- H.Arau (1996) Caracterización acústica de diversas salas de concierto,ópera y teatro.Rev.Acustica 3º - 4ºTrimestre
- X.Pelorsón-J. P. Vian-J. D. Polack. (1992) On Variability of room acoustical parameters: Reproducibility and Statistical Validity.Medición: MLS de 01dB.