

2º Congreso Internacional de Acústica UNTREF

Septiembre 2010, Argentina

EL TEATRO ESPAÑOL DE MAGDALENA A TRAVÉS DE SU ACÚSTICA

MARÍA ANDREA FARINA ¹, VALERIA PAOLA CEJAS ¹, LUIS FEDERICO JAUREGUIBERRY ¹ Y GUSTAVO JORGE BASSO¹.

¹ Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Bellas Artes, Cátedra de Acústica Musical.
basso@isis.unlp.edu.ar

Resumen - *El Teatro Español de Magdalena fue inaugurado el 22 de julio de 1899. La sala corresponde a la tipología de teatro con planta de geometría rectangular con tres niveles: planta baja -Plata y Palcos-, primer piso -Tertulia- y segundo piso -Paraiso-. En el año 2005, la sala cierra sus puertas debido al estado de deterioro de la construcción sufrido por el paso de los años. Las obras de restauración y puesta en valor permiten su reapertura definitiva el 22 de julio de 2008. En la actualidad, en la sala se presentan conciertos de música de cámara, recitales solistas, espectáculos de danza, teatro de prosa, comedia musical, obras para el público infantil y recitales musicales de diversos géneros. El presente trabajo describe el estudio acústico del estado actual de la sala realizado por investigadores de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Nacional de La Plata. El programa de actividades incluyó la recopilación de la documentación existente, el relevamiento en obra, la confección del material gráfico necesario para la investigación y la medición de niveles de ruido y de campo acústico según norma ISO 3382 realizada en noviembre de 2009.*

Abstract - *The Teatro Español of Magdalena was opened on July 22, 1899. The hall belongs to the typology of theater with rectangular geometry plant with three levels: ground floor -Stalls and Boxes-, first floor -Tertulia- and second floor -Paradise-. In 2005, the Theatre closed its doors due to the deterioration caused by the passage of time. The restoration and enhancement strategy allowed its reopening on July 22, 2008. Currently, the theater holds concerts of chamber music, solo recitals, dance performances, theater plays, musical comedy, musical plays for (young audiences) children and different kinds of musical recitals. This paper describes the acoustic analysis of the current state of the hall carried out by researchers of the Facultad de Bellas Artes of the Universidad Nacional de La Plata. The activity program included the collection of the existing documentation, the study of the building, the preparation of the graphic material and measurements of noise levels and sound field according to the ISO 3382 Standard, completed in November, 2009.*

1. INTRODUCCIÓN

Existen en la Provincia de Buenos Aires más de 50 auditorios y teatros de tamaño medio y grande, pero no se conocen datos sobre la acústica de la mayoría de ellos. Para solucionar esta falta de información, en la Universidad Nacional de La Plata se está desarrollando un proyecto de investigación que pretende medir en norma al menos las salas más importantes desde el punto de vista de su uso por la comunidad. Esta base de datos, que ya contiene 5 teatros analizados, posee tres nitidos campos de aplicación. En primer término permitirá investigar las posibles relaciones que vinculan las características estilísticas de la música de cada localidad con los espacios concretos en los que se representa. En segundo lugar existe la intención de elaborar un mapa acústico de salas y teatros de la Provincia que permita configurar las hojas de ruta de las agrupaciones

artísticas itinerantes -grupos instrumentales de cámara, agrupaciones corales, conjuntos sinfónicos, compañías teatrales, etc. En tercer término, la confección de una base de datos acústicos normalizados permitirá contar con un registro histórico que podrá ser consultado por diferentes motivos, por ejemplo para encarar reformas arquitectónicas o en caso de siniestro. Ante esta última posibilidad es pertinente citar el artículo de Angelo Farina y Regev Ayalon "Recording concert hall acoustics for posterity" [7], en el que los autores destacan la importancia de haber tenido mediciones acústicas normalizadas para la reconstrucción de *La Fenice* de Venecia luego del incendio de 1996.

En este artículo se presenta una descripción general y algunos de los resultados de la medición en norma ISO 3382 de un teatro en el marco del proyecto mencionado, la del *Teatro Español de Magdalena*.

2. LA SALA

El Teatro se halla ubicado en la calle Goenaga Nro. 875, en la localidad de Magdalena, Provincia de Buenos Aires. Magdalena se halla situada a 106 km de la Ciudad de Buenos Aires y a 48 km de la Ciudad de La Plata. El proyecto del Teatro fue una iniciativa de la Sociedad Española de Socorros Mutuos y la piedra fundamental se colocó el 1 de enero de 1896. La obra fue realizada por constructores de Magdalena -Enrique Meraglia y Cía.- sobre planos elaborados y donados por el Sr. Mori. Como dato de interés se puede consignar que el techo consta de una cabriada de hierro de 15 m de ancho y un cielorraso que dibuja una estrella de madera. El piso de madera de la sala era móvil gracias a la acción de un gran criquet que cambiaba su ángulo de inclinación horizontal [6].

El Teatro se inauguró el 22 de julio de 1899. Desde el inicio de sus actividades recibió a reconocidas figuras nacionales e internacionales entre los que se destacan la compañía de los Hermanos Podestá y el tenor Enrico Caruso. Durante las últimas décadas del siglo XX deja de funcionar y cae en estado de abandono. A principios de siglo XXI se lo restaura íntegramente y, a 109 años de su inauguración, reabre el 22 de julio de 2008.



Figura 1. Vista del Teatro Español desde el acceso izquierdo a Platea (fotografía tomada en noviembre de 2009).

Su forma corresponde a la tipología de teatro con planta de geometría rectangular. Al Teatro se accede por el Foyer y luego se ingresa a la sala de tres niveles: planta baja (Platea y Palcos), primer piso (Tertulia) y segundo piso (Paraíso).

La sala posee una capacidad total para 394 personas, distribuidas de la siguiente manera: 238 asientos en planta baja -Platea y Palcos-; 78 asientos en primer piso -Tertulia-; y 78 asientos en segundo piso -Paraíso-. Comprende un volumen aproximado de 2828 m³ sin contar el escenario. El área de butacas en platea es de 80 m² y el área de los dos pasillos longitudinales 26 m². Posee un foso de 19 m² y el escenario abarca 102 m². El proscenio tiene una abertura de 41 m².



Figura 2. Vista del Teatro Español desde el escenario (fotografía tomada en noviembre de 2009).

En la sala se encuentran dos tipos de asientos, butacas mullidas con respaldo forrado y apoyabrazos en madera y sillas de mullido medio.

Los frentes de los Palcos en la planta baja están realizados en madera. Los frentes de la Tertulia y el Paraíso poseen una balaustrada de madera.



Figura 3. Vista de la Platea del Teatro Español desde el Paraíso (fotografía tomada en noviembre de 2009).

En la actualidad, en la sala se presentan conciertos de música de cámara, recitales solistas, espectáculos de danza, teatro de prosa, comedia musical, obras para el público infantil y recitales musicales de diversos géneros.



Figura 4. Cielorraso del Teatro Español (fotografía tomada en noviembre de 2009).

3. RELEVAMIENTO Y MEDICIÓN ACÚSTICA

Se recopiló toda la información histórica, arquitectónica y acústica posible, tarea que incluyó la búsqueda del material gráfico -planos y otros documentos- existente en el Museo Histórico Regional de la Municipalidad de Magdalena, el relevamiento completo de la obra y la medición de niveles de ruido y de campo acústico.

3.1 Metodología de la medición

El día 12 de noviembre de 2009 se realizaron las mediciones acústicas en el Teatro. Como fuente impulsiva se utilizaron globos perlados de 12' y se emplearon tres equipos de registro -micrófonos y grabadores digitales.

La temperatura en la sala durante la medición fue similar a la que se regula en los espectáculos, de 22,5 °C en Platea con una variación máxima menor que +/-1 °C.

La fuente se ubicó en dos puntos diferentes sobre el escenario y se realizaron dieciocho registros en diferentes ubicaciones. La sala estaba vacía y en ningún momento se registraron más de 8 personas en la misma [2].

3.2 Esquema de posiciones de la fuente y puntos de medición

En la figura 5 se aprecian los puntos de medición en Platea y Palcos, y en la figura 6 se aprecian los puntos de medición en Tertulia.

En Paraíso se ubicaron tres puntos de medición en sitios equivalentes a los de Tertulia.

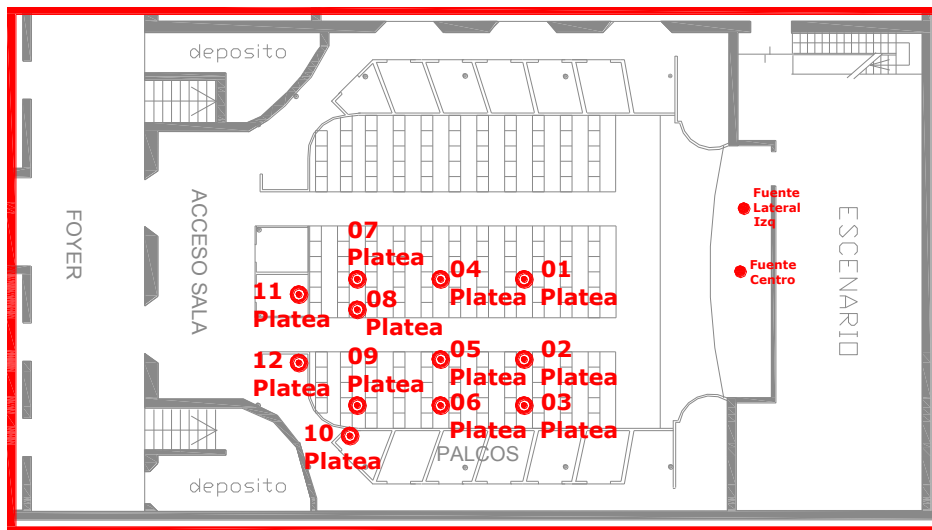


Figura 5. Puntos de medición en Platea y Palcos.

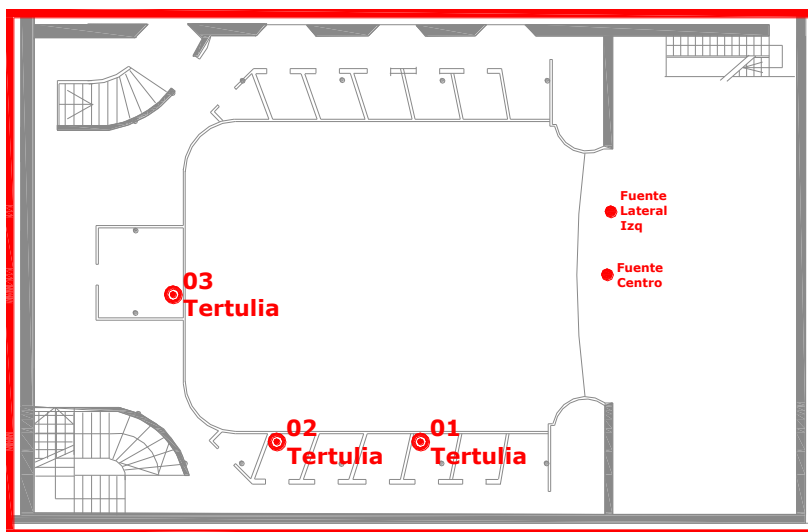


Figura 6. Puntos de medición en Tertulia.

3.3 Resultados de la medición

Los parámetros elegidos para evaluar la sala fueron tiempo de reverberación (T_{30}), tiempo de decaimiento temprano (EDT) y Claridad (C_{50} y C_{80}). Los registros almacenados permiten el análisis futuro de otros parámetros definidos en la norma ISO 3382 [5, 9].

3.3.1 T_{30}

De acuerdo con la norma ISO 3382, el Tiempo de Reverberación T_{30} se define como dos veces el

tiempo, expresado en segundos, que tarda el nivel de presión sonora en disminuir desde -5 dB hasta -35 dB a partir de su nivel inicial una vez que cesa la fuente acústica.

A modo de ejemplo, en la Tabla 1 se muestran los valores de T_{30} obtenidos en todas las posiciones de adquisición con la fuente ubicada en posición central. En la figura 7 se grafican los valores de T_{30} correspondientes en bandas de octava. Se descartaron los valores que no alcanzaron una relación s/r adecuada. En general, estos casos ocurrieron en la región de baja frecuencia en la que los globos no generaron energía suficiente.

Posición	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
01 Platea	1,06	1,09	1,14	1,08	1,08	1,02	0,86
02 Platea	1,16	1,18	1,15	1,21	1,12	1,08	0,81
03 Platea	1,59	1,24	1,26	1,18	1,12	1,08	0,78
04 Platea	1,16	1,15	1,11	1,14	1,10	0,96	0,83
05 Platea	1,26	1,09	1,17	1,07	1,07	1,00	0,87
06 Platea	1,43	1,12	1,07	1,12	1,07	1,03	0,87
07 Platea	--	1,32	1,20	1,15	1,07	1,03	0,77
08 Platea	1,24	1,21	1,07	1,07	1,04	1,01	0,86
09 Platea	1,21	1,31	1,30	1,19	1,12	1,06	0,84
10 Platea	1,19	1,06	1,14	1,12	1,05	1,02	0,80
11 Platea	1,15	1,08	1,08	1,07	1,03	0,97	0,78
12 Platea	1,41	1,12	1,09	1,07	1,04	1,03	0,80
01 Tertulia	1,16	1,07	1,08	1,14	1,09	1,01	0,84
02 Tertulia	--	1,10	1,05	1,10	1,06	1,03	0,86
03 Tertulia	1,27	1,20	1,25	1,18	1,11	1,05	0,80
01 Paraíso	--	1,15	1,15	1,09	1,04	1,01	0,82
02 Paraíso	--	1,15	1,13	1,12	1,09	1,01	0,86
03 Paraíso	1,19	1,17	1,32	1,22	1,13	1,05	0,83

Tabla 1. T_{30} [s] - Fuente lateral izquierdo escenario.

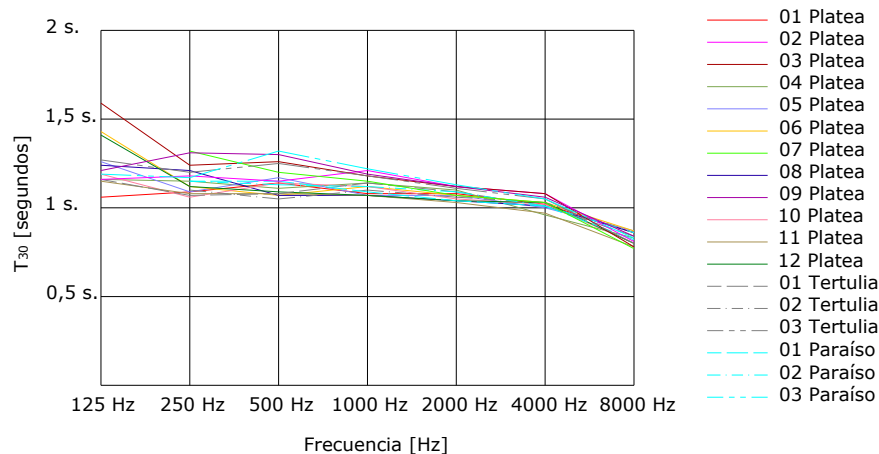


Figura 7. T_{30} [s] - Fuente lateral izquierdo escenario.

En la Tabla 2 se muestran los valores promedio de T_{30} para dos posiciones de fuente y un promedio global de la sala. La sala es muy pareja espacialmente en cuanto al T_{30} . Por otra parte, la escasa diferencia entre los valores obtenidos con las fuentes acústicas

ubicadas en diferentes posiciones nos indica una gran homogeneidad espacial ante fuentes acústicas orquestales de gran tamaño o ante fuentes puntuales en movimiento, por ejemplo actores durante una representación dramática.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Promedio (FCE)	1,27	1,15	1,15	1,12	1,08	1,03	0,83
Promedio (FLIE)	1,25	1,16	1,15	1,13	1,08	1,03	0,83
Promedio (AF)	1,26	1,16	1,15	1,13	1,08	1,03	0,83

Tabla 2. T_{30} [s] - Promedio de todos los puntos de medición - Fuente centro escenario (FCE), Fuente lateral izquierdo escenario (FLIE) y Promedio global que incluye las dos ubicaciones de la fuente (AF).

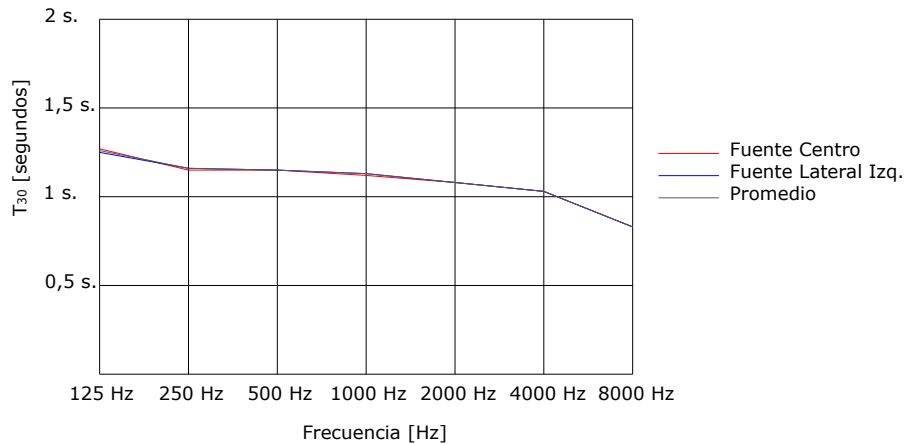


Figura 8. T_{30} [s] - Promedio de todos los puntos de medición – Fuente centro escenario, Fuente lateral izquierdo escenario y Promedio respecto de las dos ubicaciones de la fuente.

3.3.2 EDT

De acuerdo con la norma ISO 3382, el Tiempo de Decaimiento Temprano EDT (*Early Decay Time*) seis veces es el tiempo, expresado en segundos, que tarda el nivel de presión sonora de la respuesta al impulso

en disminuir los primeros 10 dB (entre 0 dB y -10 dB), a partir de su nivel inicial una vez que cesa la fuente acústica. En la figura 9 se pueden ver los valores de EDT obtenidos en diferentes posiciones de la sala.

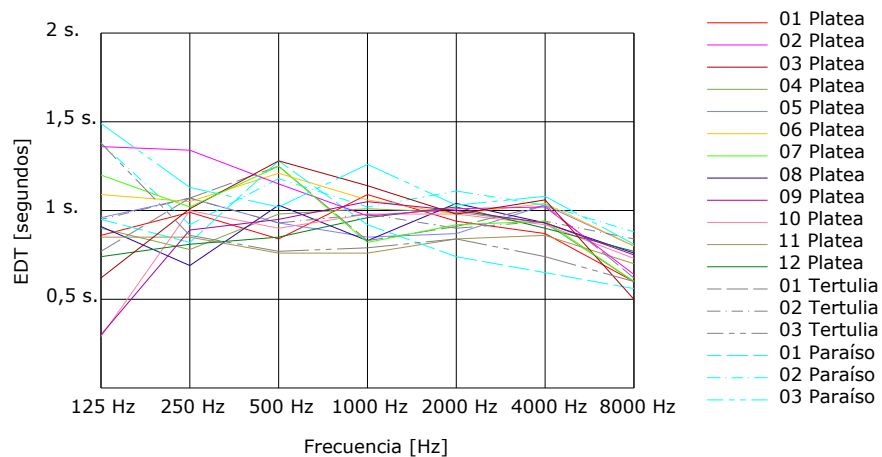


Figura 9. EDT [s] – Fuente lateral izquierdo escenario.

Como es de esperar, el EDT presenta una dispersión mucho mayor que el T_{30} -el EDT es particularmente sensible a la ubicación relativa de los puntos de emisión y recepción-.

Es interesante observar la distribución espacial del EDT. En la figura 10 se pueden ver cómo varían en función de su posición los valores de EDT en platea.

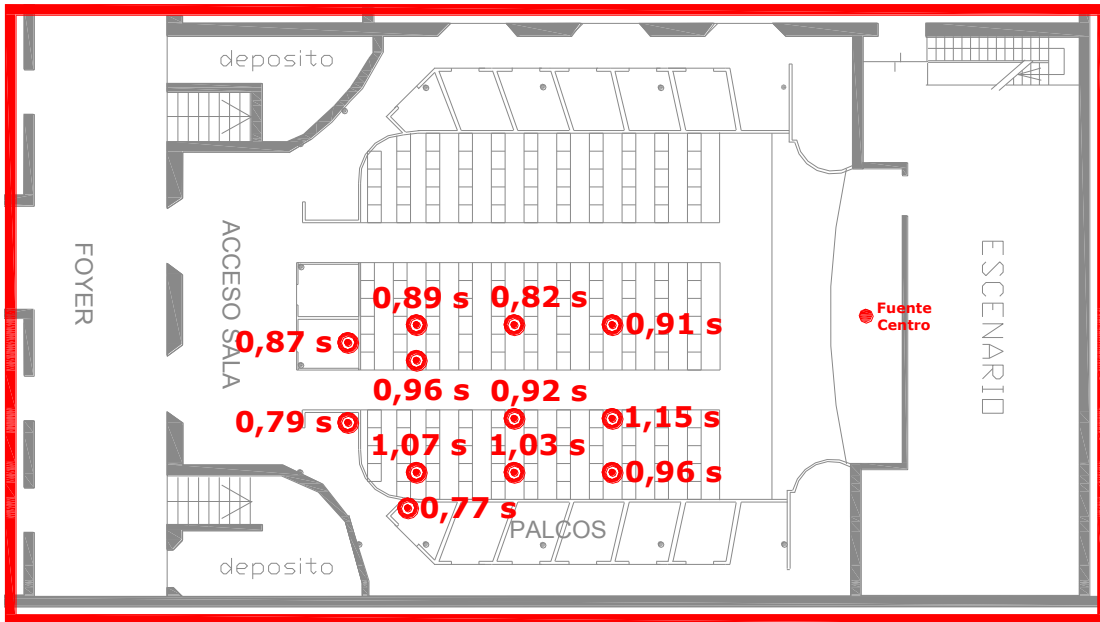


Figura 10. EDT [s] - Distribución espacial del EDT en platea. Fuente centro escenario.

Como en el caso del T, se observa una escasa diferencia entre los valores de EDT obtenidos con las fuentes acústicas ubicadas en diferentes posiciones,

que ratifica la gran homogeneidad espacial del escenario.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Promedio (FCE)	1,04	1,04	1,02	0,99	1,01	0,93	0,70
Promedio (FLIE)	0,94	0,97	1,03	0,96	0,95	0,96	0,70
Promedio (AF)	0,99	1,01	1,03	0,98	0,98	0,95	0,70

Tabla 3. EDT [s] - Promedio de todos los puntos de medición - Fuente centro escenario, Fuente lateral izquierdo escenario y Promedio respecto de las dos ubicaciones de la fuente.

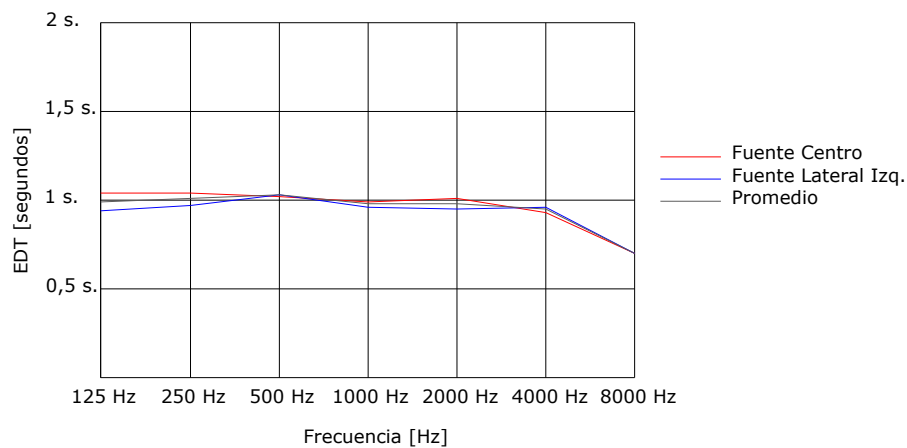


Figura 11. EDT [s] - Promedio de todos los puntos de medición - Fuente centro escenario, Fuente lateral izquierdo escenario y Promedio respecto de las dos ubicaciones de la fuente.

3.3.3 C_{80}

De acuerdo con la norma ISO 3382, la Claridad a 80 ms C_{80} es una relación energética que compara la

energía recibida durante los primeros 80 milisegundos con la recibida durante el resto del proceso de decaimiento del campo sonoro.

Se define con la siguiente expresión:

$$C_{80} = 10 \log \frac{\left[\int_0^{0,08} h^2(t) dt \right]}{\left[\int_{0,08}^{\infty} h^2(t) dt \right]} \text{ dB}$$

En la que $h(t)$ es la presión sonora instantánea de la respuesta impulso medida en el punto de medición.

Posición	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
01 Platea	5,20	5,95	5,21	4,21	2,91	3,46	7,06
02 Platea	1,51	1,52	4,47	3,65	4,52	4,28	9,29
03 Platea	7,04	4,22	5,97	3,04	5,58	4,13	9,73
04 Platea	7,13	5,97	5,03	5,90	4,34	3,99	7,66
05 Platea	2,57	2,67	2,76	4,72	3,13	3,08	5,27
06 Platea	1,25	3,98	3,59	3,80	3,96	3,21	4,58
07 Platea	4,87	1,07	2,87	3,97	4,86	4,81	9,75
08 Platea	6,06	4,24	3,99	4,27	1,33	3,64	4,60
09 Platea	10,93	2,88	3,72	3,41	3,59	5,19	7,18
10 Platea	11,52	4,69	5,55	5,00	4,23	5,50	6,82
11 Platea	6,21	3,00	5,14	5,47	5,54	4,68	5,85
12 Platea	8,90	6,06	4,95	5,32	4,65	5,20	6,36
01 Tertulia	4,31	3,70	3,52	6,73	5,38	4,79	8,33
02 Tertulia	6,77	4,60	3,59	3,60	3,99	3,49	4,57
03 Tertulia	3,98	3,23	6,84	7,27	6,62	6,42	8,29
01 Paraíso	2,83	5,08	4,53	5,65	7,49	8,39	9,03
02 Paraíso	0,77	2,32	2,69	2,83	2,62	3,31	4,25
03 Paraíso	1,66	-0,67	6,00	4,15	6,31	4,93	5,59

Tabla 4. C_{80} [dB] – Fuente lateral izquierdo escenario.

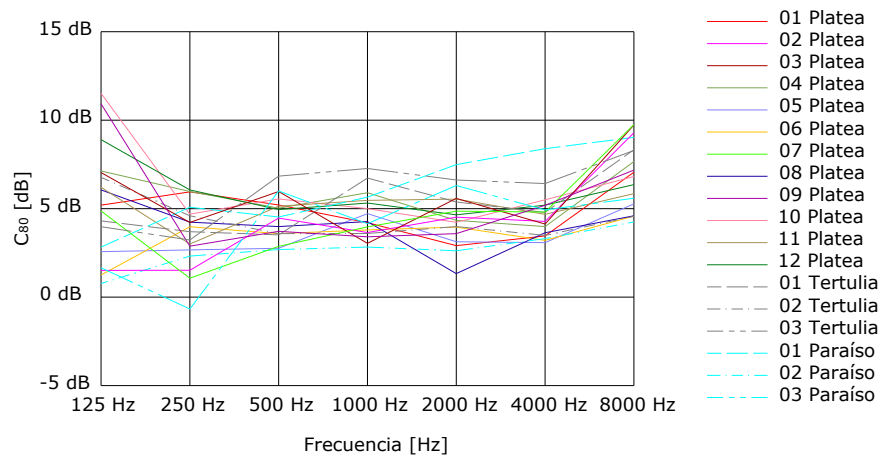


Figura 12. C_{80} [dB] – Fuente lateral izquierdo escenario.

C_{80} [dB]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Promedio (FCE)	2,97	3,56	3,94	4,57	4,27	4,94	6,46
Promedio (FLIE)	5,20	3,58	4,47	4,61	4,50	4,58	6,90

Tabla 5. C_{80} [dB] - Promedio de todos los puntos de medición - Fuente centro escenario y Fuente lateral izquierdo escenario.

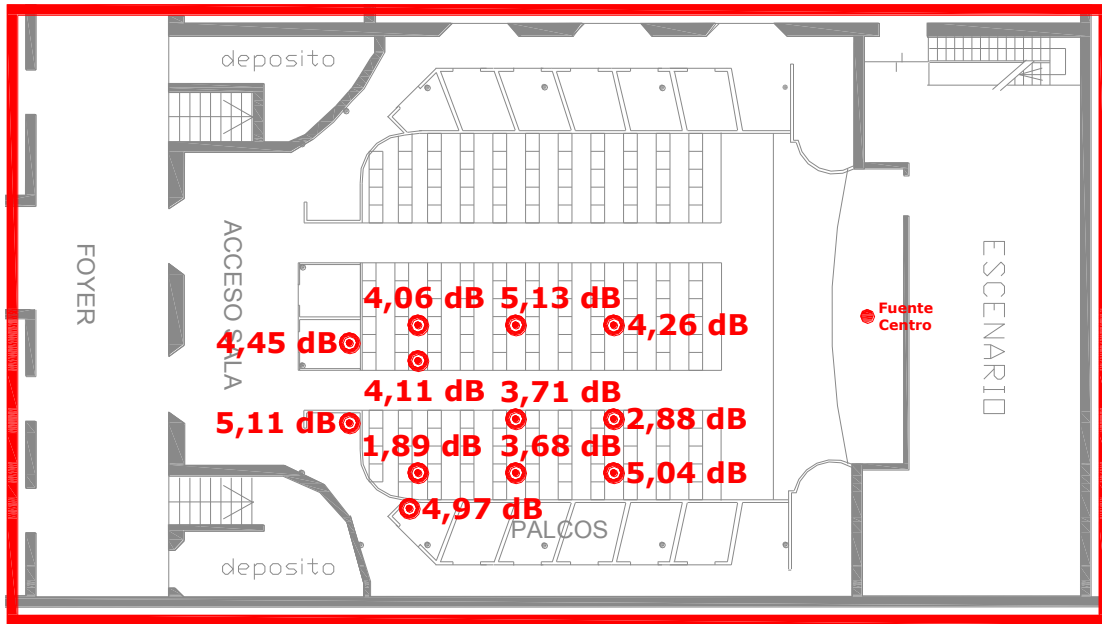


Figura 13. C_{80} [dB] - Distribución espacial de C_{80} en platea. Fuente centro escenario.

En la figura 13 se muestran, para cada una de las ubicaciones, los promedios que corresponden a las bandas de 125 Hz, 250 Hz y 1000 Hz. La distribución de los valores de C_{80} en la platea es relativamente homogénea. En ningún caso está por debajo de 2 dB, lo que refuerza el diagnóstico auditivo en el que se destaca la preeminencia de la claridad perceptual por sobre la reverberación percibida.

3.3.4 C_{50}

De acuerdo con la norma ISO 3382, la Claridad a 50 ms C_{50} es una relación energética que compara la energía recibida durante los primeros 50 milisegundos con la recibida en el resto del proceso de decaimiento del campo sonoro. La expresión es similar a la citada anteriormente para C_{80} , modificándose solo los límites de integración.

Posición	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
01 Platea	-0,84	2,99	1,95	1,71	-0,57	0,12	3,66
02 Platea	0,13	-1,53	1,71	1,11	2,16	2,60	6,24
03 Platea	3,78	2,13	3,77	0,65	3,59	1,52	6,89
04 Platea	4,90	3,80	1,26	3,22	0,92	0,94	2,65
05 Platea	-1,93	-0,64	0,92	2,75	-0,57	-0,40	2,42
06 Platea	-1,28	0,75	1,82	1,36	0,45	0,42	1,05
07 Platea	2,27	-1,67	-1,03	0,58	1,79	3,00	7,25
08 Platea	3,77	0,33	-0,35	0,03	-1,81	1,19	1,40
09 Platea	5,12	0,88	0,26	1,59	1,14	2,97	4,72
10 Platea	9,57	0,42	2,47	2,95	1,29	2,68	3,59
11 Platea	3,84	-4,90	0,02	1,55	2,31	1,37	2,09
12 Platea	6,16	3,12	3,48	2,41	2,28	2,69	3,11
01 Tertulia	1,24	2,10	2,05	4,93	2,94	2,60	5,59
02 Tertulia	-0,13	2,50	1,94	1,73	0,95	0,07	1,43
03 Tertulia	0,23	-0,46	4,27	4,10	3,48	2,96	4,99
01 Paraíso	-0,52	2,52	3,66	4,04	5,50	6,34	6,61
02 Paraíso	-2,13	-1,19	0,45	0,52	-0,60	0,66	1,13
03 Paraíso	0,54	-2,55	2,59	2,54	4,49	2,75	2,29

Tabla 6. C_{50} [dB] – Fuente lateral izquierdo escenario.

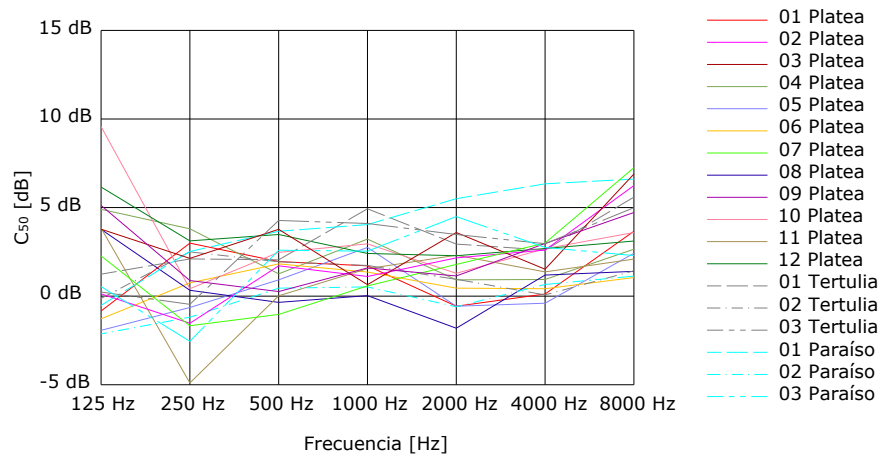


Figura 14. C_{50} [dB] – Fuente lateral izquierdo escenario.

4. CONCLUSIONES

Los valores de los parámetros medidos coinciden con los descritos en la literatura especializada para teatros de prosa con planta de geometría rectangular de calidad [1, 3, 4, 8]. La sala resulta espacialmente muy pareja tal como lo evidencian los valores de T_{30} , EDT, C_{50} y C_{80} . A su vez, presenta escasa sensibilidad al cambio de posición de las fuentes en el escenario. Tanto en la prospección auditiva como en los registros realizados no se detectaron focalizaciones, ecos ni coloraciones.

La información obtenida en el *Teatro Español de Magdalena* ya forma parte del conjunto de datos acústicos de auditorios y teatros de la Provincia de Buenos Aires y será comparada sistemáticamente con el resto de las salas consignadas en dicha base de datos.

5. REFERENCIAS

[1] Arau, Higinio (1999). “ABC de la acústica arquitectónica”. CEAC, Barcelona.

[2] Beranek, Leo (1988). “Acoustical Measurements”. Acoustical Society of America, Woodbury, NY.

[3] Beranek, Leo (1962). “Music, Acoustics, and Architecture”. Wiley, Nueva York.

[4] Beranek, Leo (1996). “Concert Halls and opera houses: How they sound”, Acoustical Society of America, New York.

[5] Bradley, John S. (2005). “Using ISO 3382 measures, and their extensions, to evaluate acoustical conditions in concert halls”. *Acoustical Science and Technology*, Vol. 26 No. 2 pp.170-178.

[6] Eraña, María Cristina; Ortega, Mónica; Kendziura, Sergio (2007). “Síntesis histórica del Distrito de [8] Magdalena”. Museo Histórico Regional. Municipalidad de Magdalena.

[7] Farina A., Ayalon R. (2003). “Recording Concert Hall acoustics for posterity”. *24th AES International Conference: Multichannel Audio, The New Reality*, Banff, Alberta, Canada.

[8] Kuttruff, H. (1991). “Room Acoustics”. Elsevier Applied Science, Londres.

[9] Norma ISO 3382 - 1997.