



# Sociedad de Ingeniería de Audio

## Artículo de Congreso

Congreso Latinoamericano de la AES 2011  
30 de Agosto a 1º de Septiembre de 2011  
Montevideo, Uruguay

*Este artículo es una reproducción del original final entregado por el autor, sin ediciones, correcciones o consideraciones realizadas por el comité técnico. La AES Latinoamérica no se responsabiliza por el contenido. Otros artículos pueden ser adquiridos a través de la Audio Engineering Society, 60 East 42<sup>nd</sup> Street, New York, New York 10165-2520, USA, [www.aes.org](http://www.aes.org). Información sobre la sección Latinoamericana puede obtenerse en [www.americalatina.aes.org](http://www.americalatina.aes.org). Todos los derechos son reservados. No se permite la reproducción total o parcial de este artículo sin autorización expresa de la AES Latinoamérica.*

## Parámetros acústicos en salas para música y prosa: Teatro Municipal Tres de Febrero de la ciudad de Paraná

Gustavo Jorge Basso<sup>1</sup>, María Andrea Farina<sup>1</sup>, Valeria Paola Cejas<sup>1</sup> y Luis Federico Jaureguiberry<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Bellas Artes, Cátedra de Acústica Musical  
La Plata, 1900, Buenos Aires, Argentina  
[basso@isis.unlp.edu.ar](mailto:basso@isis.unlp.edu.ar)

### RESUMEN

El Teatro Municipal “Tres de Febrero” de la ciudad de Paraná corresponde a la tipología de teatro italiano con planta en forma de herradura. 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 septiembre de 2010.

### 0 INTRODUCCIÓN

Existen en la República Argentina más de 80 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 relevar, medir en norma y estudiar la acústica de al menos las salas más importantes desde el punto de vista de su uso por la comunidad. La acústica de estas salas contribuyó a configurar el "sonido" característico de las orquestas sinfónicas y líricas en nuestro país, no menos que el de géneros populares entre los que el tango figura en un lugar destacado. El estudio y la comprensión de la acústica de dichos espacios resulta insoslayable a la hora de integrar el desarrollo histórico de la música en nuestro país durante los siglos XIX y XX. Constituye una herramienta indispensable para rescatar el valor patrimonial arquitectónico e histórico desde la perspectiva acústica, fundamental a la hora de evaluar cualitativamente su significado para la comunidad.

La base de datos, que ya contiene 7 teatros analizados, posee tres nítidos 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 Argentina 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” [1], 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 del Teatro Municipal Tres de Febrero de la ciudad de Paraná en el marco del proyecto mencionado.

## 1 LA SALA

El Teatro se halla ubicado en la calle 25 de junio Nro. 60, en la ciudad de Paraná, Provincia de Entre Ríos. Su construcción comenzó en diciembre de 1851 por encargo del Gral. Justo José de Urquiza siendo el proyecto de José Quirse. El 8 de Agosto de 1852 se inaugura la sala convirtiéndose en el primer teatro del país organizado. En 1875 el Teatro pasa a depender del Municipio y fue usado hasta para el alojamiento de tropas. El 18 de octubre de 1908 se inaugura el actual edificio sobre un proyecto del arquitecto Lorenzo Siegerist construido en el predio que ocupaba el antiguo Teatro.



**Figura 1.** Vista del Teatro Tres de Febrero desde el acceso izquierdo a Platea (fotografía tomada en septiembre de 2010).

Su forma corresponde a la tipología de teatro italiano con planta en forma de herradura. Al Teatro se accede por el Foyer y luego se ingresa a la sala de cuatro niveles: planta baja (Platea y Palcos bajos), primer piso (Palcos altos), segundo piso (Tertulia) y tercer piso (Paraíso). La sala posee una capacidad total para 749 personas, distribuidas de la siguiente manera: 381 asientos en planta baja -Platea y Palcos bajos-, 68 asientos en Palcos altos, 200 asientos en Tertulia y 100 asientos en Paraíso.



**Figura 2.** Vista de la Platea del Teatro Tres de Febrero desde la Tertulia (fotografía tomada en septiembre de 2010).

En la actualidad, en la sala se presentan conciertos sinfónicos, música de cámara, recitales solistas,

espectáculos de danza, teatro de prosa, obras para el público infantil y recitales musicales de diversos géneros.



**Figura 3.** Cielorraso del Teatro Tres de Febrero (fotografía tomada en septiembre de 2010).

## 2 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-, una entrevista al Director del Teatro Municipal: Prof. Rodolfo Romero, el relevamiento completo de la obra y la medición de niveles de ruido y de campo acústico.

### 2.1 Metodología de la medición

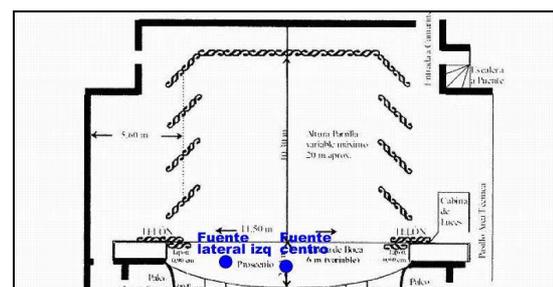
El día 22 de septiembre de 2010 se realizaron las mediciones acústicas en el Teatro. Como fuente impulsiva se utilizaron globos perlados de 12' y se emplearon dos equipos de registro -grabadores digitales-. La temperatura en la sala durante la medición fue similar a la que se regula en los espectáculos, de 21 °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. Para la realización de la medición se dispuso del teatro durante un tiempo limitado lo cual acotó la cantidad de posiciones del instrumental. La sala estaba vacía y en ningún momento se registraron más de 8 personas en la misma [2].

### 2.2 Esquema de posiciones de la fuente y puntos de medición

En la figura 4 se observan las dos posiciones de la fuente en el escenario y en la figura 5 se aprecian los puntos de medición en Platea - Palcos bajos y Palcos altos (1er piso).

En Tertulia y Paraíso (2do. y 3er. piso respectivamente) se ubicaron dos puntos de medición en sitios equivalentes a los del nivel de Palcos altos.



**Figura 4.** Ubicaciones de la fuente en el escenario.

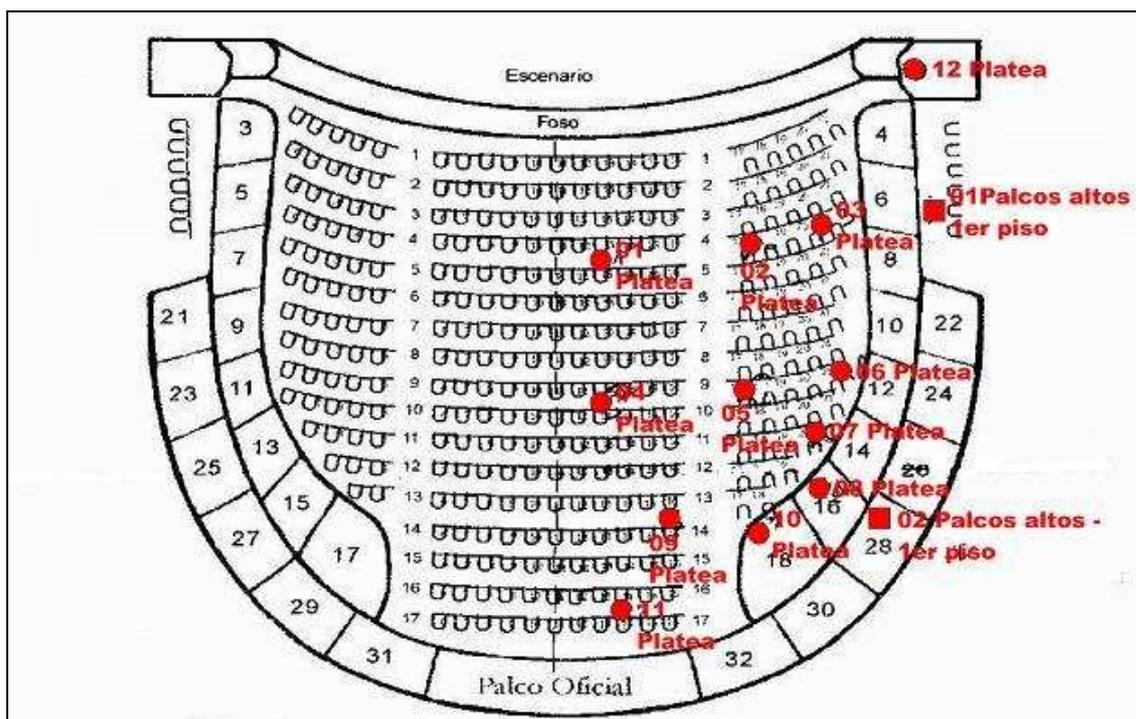


Figura 5. Puntos de medición en Platea - Palcos bajos y Palcos altos (1er piso).

## 2.3 Resultados de la medición

Los parámetros elegidos para evaluar la sala fueron tiempo de reverberación ( $T_{30}$ ), tiempo de decaimiento temprano (EDT) y Claridad ( $C_{80}$ ). Los registros almacenados permiten el análisis futuro de otros parámetros definidos en la norma ISO 3382 [3, 4]. En esta oportunidad no se midieron parámetros espaciales.

### 2.3.1 $T_{30}$

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.

En la Tabla 1 se muestran los valores de  $T_{30}$  obtenidos en todas las posiciones de adquisición con la fuente ubicada en posición lateral izquierda. 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	2,33	1,65	1,43	1,36	1,36	1,25	0,94
02 Platea	1,97	1,66	1,46	1,39	1,40	1,28	0,93
03 Platea	2,19	1,59	1,37	1,38	1,40	1,29	0,95
04 Platea	2,15	1,75	1,49	1,43	1,33	1,25	0,92
05 Platea	1,88	1,57	1,39	1,34	1,34	1,20	0,93
06 Platea	2,10	1,56	1,42	1,38	1,32	1,22	0,89
07 Platea	1,93	1,62	1,48	1,39	1,38	1,27	0,94
08 Platea	2,30	--	1,45	1,36	1,33	1,26	0,88
09 Platea	1,52	1,57	1,45	1,33	1,34	1,20	0,92
10 Platea	1,65	1,58	1,42	1,38	1,32	1,22	0,92
11 Platea	2,00	1,74	1,42	1,38	1,36	1,27	0,89
12 Platea	1,70	1,43	1,31	1,37	1,33	1,18	0,85
01 1er nivel	1,73	1,62	1,46	1,41	1,34	1,24	0,93
02 1er nivel	--	1,62	1,49	1,37	1,34	1,23	0,93
01 2do nivel	--	1,65	1,42	1,32	1,32	1,25	0,96
02 2do nivel	--	1,68	1,48	1,37	1,33	1,26	0,95
01 3er nivel	1,96	1,67	1,45	1,39	1,42	1,18	0,95
02 3er nivel	1,80	1,57	1,37	1,42	1,38	1,13	0,91

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

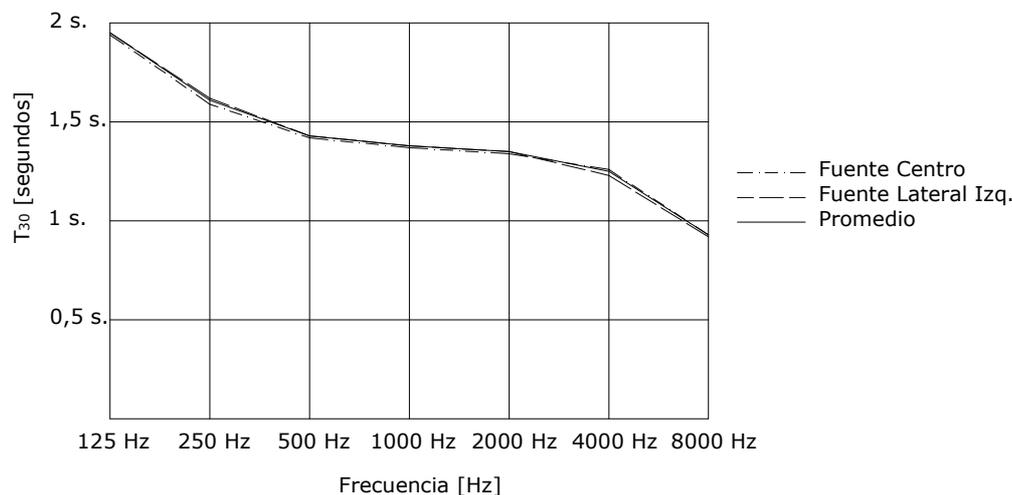
En la Tabla 2 se muestran los valores promedio de  $T_{30}$  para dos posiciones de fuente y un promedio global de la sala. La sala es muy pareja espacialmente en relación a este

parámetro. 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
<b>Promedio (FCE)</b>	1,94	1,59	1,42	1,37	1,34	1,26	0,93
<b>Promedio (FLIE)</b>	1,95	1,62	1,43	1,38	1,35	1,23	0,92
<b>Promedio (AF)</b>	1,95	1,61	1,43	1,38	1,35	1,25	0,93

**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 6.**  $T_{30}$  [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

### 2.3.2 EDT

De acuerdo con la norma ISO 3382, el Tiempo de Decaimiento Temprano EDT (*Early Decay Time*) es seis veces 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 tabla 3 se pueden ver los valores de EDT obtenidos en diferentes posiciones de la sala.

Posición	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
<b>01 Platea</b>	1,28	1,47	1,41	0,96	1,60	1,10	--
<b>02 Platea</b>	2,02	1,82	1,35	1,35	--	--	0,46
<b>03 Platea</b>	1,94	1,65	1,73	1,53	--	--	0,27
<b>04 Platea</b>	1,72	1,54	0,97	1,24	0,90	0,91	0,75
<b>05 Platea</b>	1,43	1,57	1,42	1,27	0,86	0,69	0,63
<b>06 Platea</b>	1,02	1,53	1,25	1,08	0,97	0,87	0,66
<b>07 Platea</b>	1,11	1,30	1,11	1,05	0,96	0,96	0,61
<b>08 Platea</b>	1,17	1,32	1,00	1,02	1,06	0,86	--
<b>09 Platea</b>	1,58	1,67	0,99	1,08	0,74	0,67	0,61
<b>10 Platea</b>	1,40	1,31	1,30	0,91	0,81	0,84	0,52
<b>11 Platea</b>	1,19	1,22	1,34	0,85	1,00	0,78	0,51
<b>12 Platea</b>	1,60	1,58	1,63	1,84	--	--	--
<b>01 1er nivel</b>	1,10	1,33	1,04	1,26	1,23	0,81	0,52
<b>02 1er nivel</b>	1,08	1,16	1,24	1,08	1,07	0,90	0,54
<b>01 2do nivel</b>	1,21	1,34	1,09	1,39	1,37	1,18	0,79
<b>02 2do nivel</b>	1,41	1,00	1,20	0,84	1,05	0,92	0,51
<b>01 3er nivel</b>	1,27	1,47	1,32	1,43	1,20	1,08	0,81
<b>02 3er nivel</b>	0,72	1,27	1,38	1,27	1,23	1,04	0,57

**Tabla 3.** EDT [s] - Fuente lateral izquierdo escenario

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 7 se pueden ver cómo varían en función de su

posición los valores de EDT en platea. Esta disposición con valores inferiores en el centro de la platea es característica de las salas con planta en forma de herradura italiana.

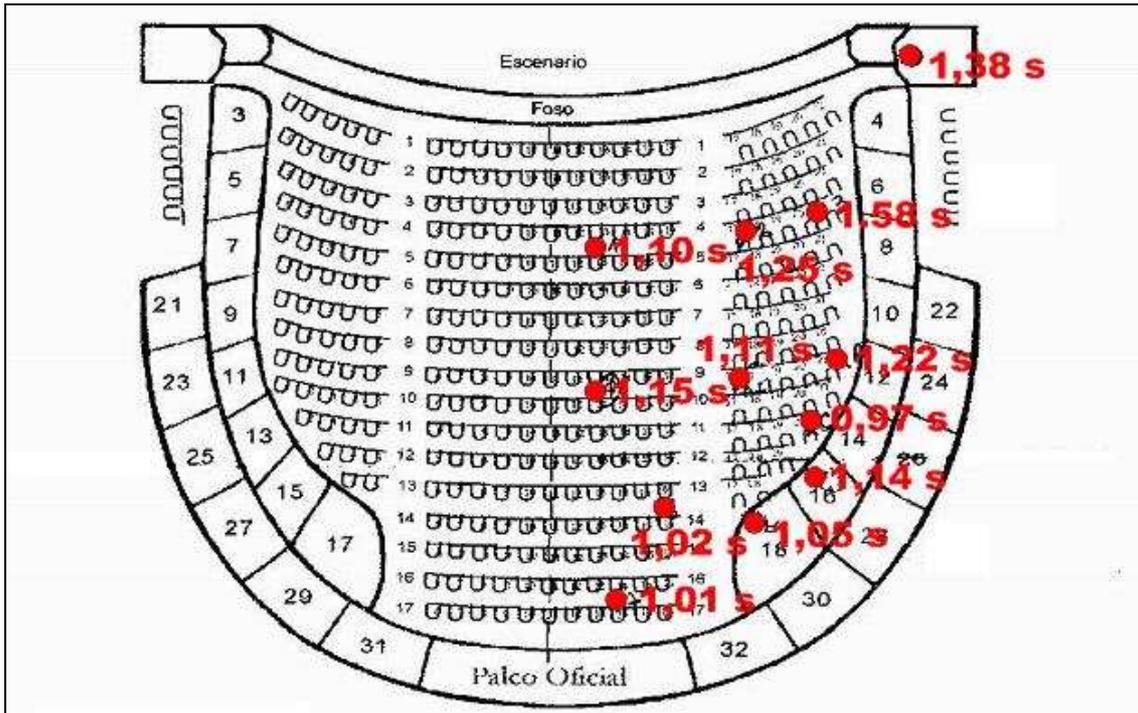


Figura 7. EDT [s] - Distribución espacial del EDT en platea. Fuente centro escenario.

Como en el caso del  $T_{30}$ , se observa una escasa diferencia entre los valores de EDT obtenidos con las

fuentes acústicas ubicadas en diferentes posiciones, que ratifica la homogeneidad espacial del escenario.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
<b>Promedio (FCE)</b>	1,50	1,40	1,26	1,12	0,99	0,94	0,66
<b>Promedio (FLIE)</b>	1,35	1,42	1,27	1,19	1,07	0,91	0,58
<b>Promedio (AF)</b>	1,43	1,41	1,27	1,16	1,03	0,93	0,62

Tabla 4. 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.

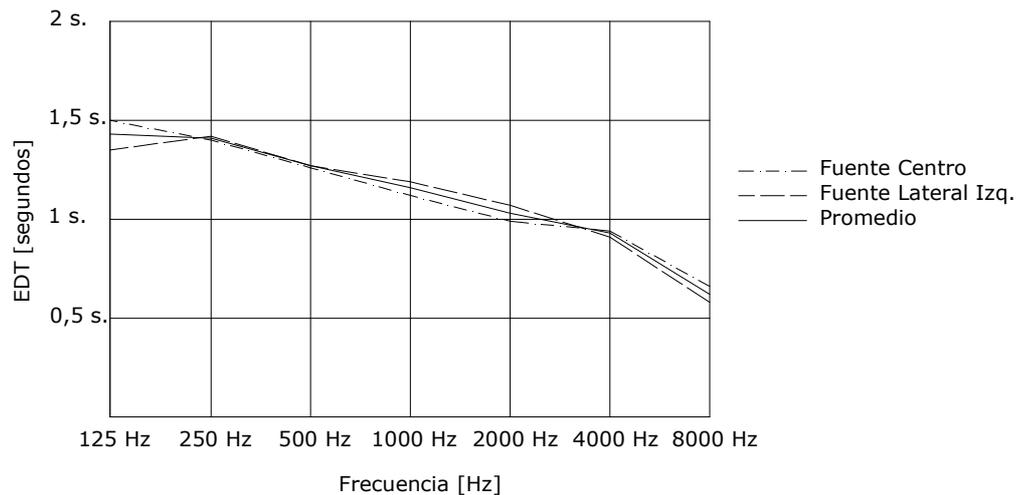


Figura 8. EDT [s] - Promedio de todos los puntos de medición - Fuente centro escenario, Fuente lateral izquierdo escenario y Promedio respecto de las dos ubicaciones de la fuente.

**2.3.3  $C_{80}$**

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:

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

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

Posición	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
01 Platea	2,60	4,63	6,55	8,59	6,57	7,61	11,08
02 Platea	2,55	-0,44	5,29	7,35	9,51	10,52	11,87
03 Platea	1,67	-1,16	4,90	7,23	12,50	11,95	12,55
04 Platea	4,24	0,58	6,37	3,62	6,79	6,09	7,95
05 Platea	3,86	-0,74	3,96	5,22	6,41	8,63	8,81
06 Platea	5,36	2,26	4,97	4,88	6,20	6,34	8,35
07 Platea	5,57	1,45	6,17	6,03	5,98	6,31	8,01
08 Platea	-0,03	2,50	6,10	5,33	3,90	7,64	12,53
09 Platea	0,81	1,11	4,26	6,12	5,91	6,83	8,03
10 Platea	-0,27	2,76	4,88	5,96	5,23	5,64	8,94
11 Platea	-1,39	3,27	4,24	5,97	4,84	6,74	11,67
12 Platea	-0,36	-0,22	3,12	5,83	11,93	14,91	16,54
01 1er nivel	3,21	2,02	4,37	3,25	6,43	8,51	10,02
02 1er nivel	4,10	2,26	3,67	5,13	6,02	6,47	9,75
01 2do nivel	4,79	1,79	4,66	2,96	3,16	4,68	6,29
02 2do nivel	3,76	5,83	5,25	5,87	5,95	6,23	9,03
01 3er nivel	4,44	1,26	1,90	2,65	2,42	2,39	4,16
02 3er nivel	8,43	5,72	5,56	7,75	5,68	7,27	10,32

Tabla 5.  $C_{80}$  [dB] – Fuente lateral izquierdo escenario

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Promedio (FCE)	1,67	1,69	4,19	5,87	6,44	6,79	9,41
Promedio (FLIE)	2,96	1,94	4,79	5,54	6,41	7,49	9,77

Tabla 6.  $C_{80}$  [dB] - Promedio de todos los puntos de medición - Fuente centro escenario y Fuente lateral izquierdo escenario.

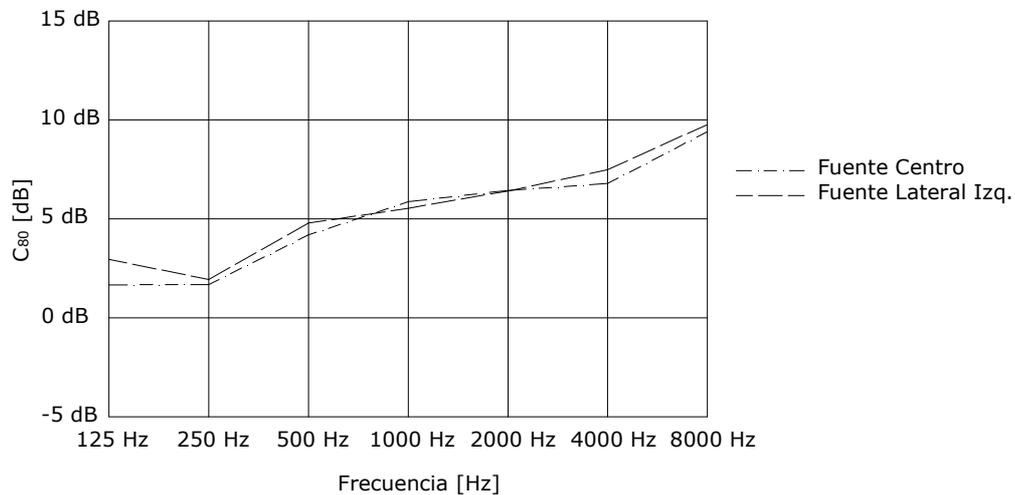


Figura 9.  $C_{80}$  [dB] - Promedio de todos los puntos de medición - Fuente centro escenario y Fuente lateral izquierdo escenario

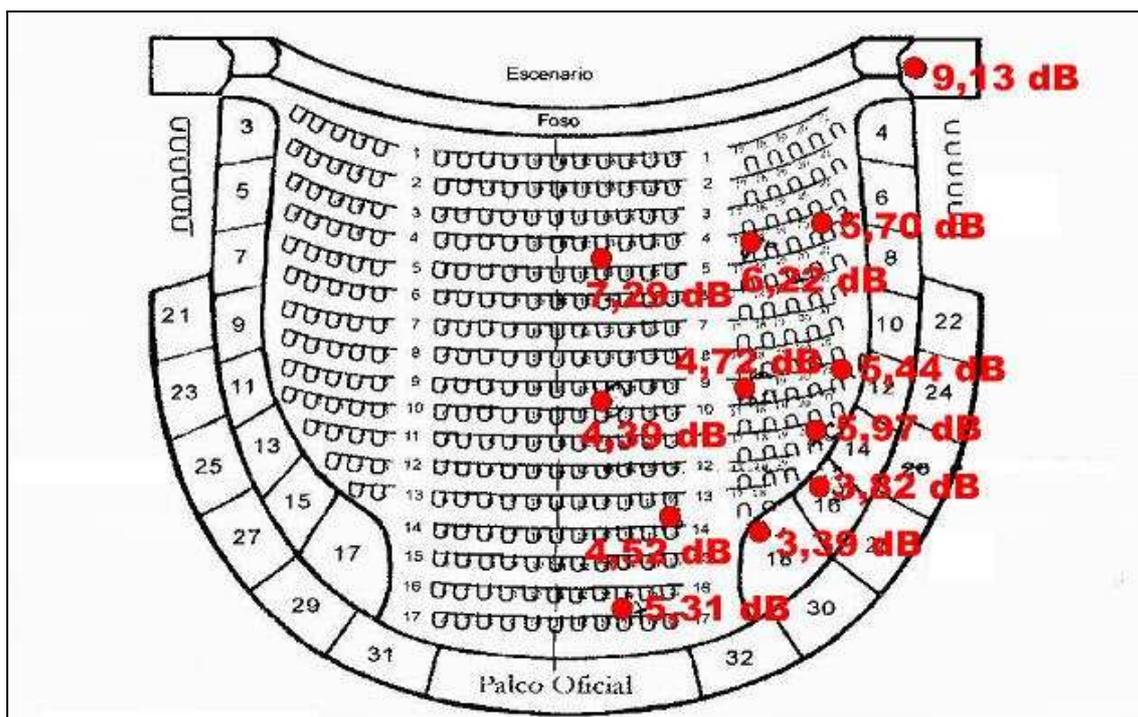


Figura 10.  $C_{80}$  [dB] - Distribución espacial de  $C_{80}$  en platea. Fuente centro escenario.

En la figura 10 se muestran, para cada una de las ubicaciones, los promedios que corresponden a todas las bandas de octava. La distribución de los valores de  $C_{80}$  en

la platea es relativamente homogénea y en ningún caso está por debajo de 2 dB.

### 3 CONCLUSIONES

Los valores de los parámetros medidos coinciden con los descriptos en la literatura especializada para teatros con planta en forma de herradura italiana [5, 6, 7, 8]. La sala resulta espacialmente muy pareja tal como lo evidencian los valores de  $T_{30}$ , EDT y  $C_{80}$ , y presenta una 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 Municipal Tres de Febrero* forma parte del conjunto de datos acústicos de auditorios y teatros de la República Argentina y será comparada sistemáticamente con el resto de las salas consignadas en dicha base de datos [9, 10, 11, 12, 13, 14].

### 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Farina A., Ayalon R. (2003). "Recording Concert Hall acoustics for posterity". *24th AES International Conference: Multichannel Audio, The New Reality*, Banff, Alberta, Canada.
- [2] Beranek, Leo (1988). "Acoustical Measurements". Acoustical Society of America, Woodbury, NY.
- [3] 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.
- [4] Norma ISO 3382 – 1997.
- [5] Arau, Higinio (1999). "ABC de la acústica arquitectónica". CEAC, Barcelona.
- [6] Beranek, Leo (1962). "Music, Acoustics, and Architecture". Wiley, Nueva York.

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

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

[9] Basso et al. (2005). "Diagnóstico del comportamiento acústico actual del Salón Auditorio "Dr. Raúl Scalabrini Ortíz" del Pasaje Dardo Rocha de la Municipalidad de La Plata". *Actas del Primer Congreso Iberoamericano de Investigación Artística y Proyectual*. La Plata, Argentina.

[10] Basso et al. (2008). "Proyecto de remodelación del "Cine Teatro Colón" - Sala Cultural (Casa de España/ATE). Ciudad de Santa Fe. Dispositivos de control del ruido por emisión e inmisión y configuración del campo acústico interior". *Asociación de Acústicos Argentinos, Federación Iberoamericana de Acústica*. Buenos Aires, Argentina.

[11] Basso et al. (2008). "Estudio acústico del Auditorio "Roberto Rollié" de la Facultad de Bellas Artes de la U.N.L.P". *Asociación de Acústicos Argentinos, Federación Iberoamericana de Acústica*. Buenos Aires, Argentina.

[12] Basso et al. (2009). "Estudio acústico del Teatro Municipal Coliseo Podestá de la ciudad de La Plata.". *Asociación de Profesores de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario*. Rosario, Argentina.

[13] Basso et al. (2010). "Estudio acústico del Teatro de Cámara de City Bell". *Actas de la 5a. Jornada de Investigación en disciplinas Artísticas y Proyectuales* La Plata, Argentina.

[14] Farina et al. (2010). "El Teatro Español de Magdalena a través de su acústica", en *Actas del Segundo Congreso Internacional de Acústica UNTREF*. Bs. As. Argentina.