

ESTUDIO ACÚSTICO DEL TEATRO DE CÁMARA DE CITY BELL

Gustavo Basso - Valeria P. Cejas - María Andrea Farina -
L. Federico Jaureguiberry - Juan Manuel Cingolani - M. Tomás Szelagowski

1. Descripción histórica

El Teatro de Cámara de City Bell fue inaugurado en marzo de 2003. Diseñado por el Arq. Manuel Cortés junto a Sebastián Cortés, es una construcción de 300 m² que se ubica en Diagonal Urquiza Nro. 347, City Bell, La Plata. El proyecto fue una iniciativa de Juan Carlos Carassale, quien junto a su familia decidió realizar este emprendimiento abierto a la comunidad que es administrado por la asociación sin fines de lucro "Lumen Artis" integrada por vecinos de la zona.

La sala ha sido diseñada para conciertos de música de cámara instrumental y vocal. En la misma también se realizan obras de teatro, danza, música tradicional argentina e internacional y cine. El diseño acústico estuvo a cargo de Gustavo Basso.



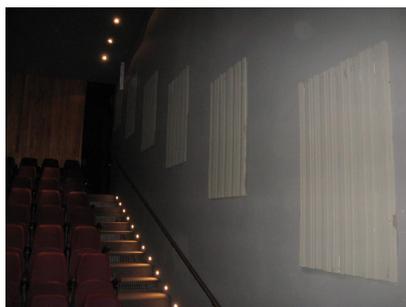
2. Descripción arquitectónica

El auditorio de 300 m² se halla emplazado en un terreno de 1180 m². Se accede al mismo por un jardín parquizado de 800 m². Cuenta con hall y boletería, guardarropas, baños y un depósito-taller.

La sala, de planta rectangular, posee una superficie de 160 m² y un volumen de 870 m³. Tiene una capacidad de 160 localidades dispuestas de manera escalonada. Las tres primeras filas de asientos son removibles y permiten ampliar el escenario en los casos que sea necesario. Posee cabina de control de equipos de luz y sonido. El escenario ocupa 58 m² y tiene una boca de 8,45 m de ancho y 5,20 m de altura, siendo su profundidad 5.85 m. Detrás del mismo se ubican dos camarines.



El diseño acústico no es estándar, pues el volumen cúbico de la sala determina tiempos de reverberación muy escasos, del orden del segundo. Para compensar esta característica se eligió un modelo que privilegia la existencia de una gran cantidad de energía acústica binauralmente decorrelacionada (Basso, 1994). La geometría general, en la que se destaca el cielorraso a dos aguas invertido, favorece las reflexiones laterales decorrelacionadas. El diseño se completó con la instalación de dispositivos acústicos difusores y superficies absorbentes (cortinas en el escenario, revestimiento de alfombra en el piso de la sala y butacas con características acústicas particulares).



En el exterior se encuentra un anfiteatro para cincuenta personas en el que se realizan conciertos al aire libre y espectáculos.

El proyecto definitivo incluye la construcción de talleres o aulas para la enseñanza de música y pintura, una sala de exposiciones y un comedor, en el espacio que actualmente existe entre el teatro y la Línea Municipal.

3. Descripción del entorno acústico

La localidad de City Bell se halla situada a 10 Km de la ciudad de La Plata. El casco fundacional está formado por una cuadrícula de 81 manzanas regulares de 1 hectárea con tres plazas. Dicha cuadrícula se presenta consolidada, mostrando un tejido urbano cerrado con centros de manzanas libres. El uso predominante en la localidad es el residencial, pudiendo diferenciar dos tipos de uso del suelo, la vivienda permanente y la casa quinta de fin de semana.

En particular, al auditorio se accede por un jardín parqueizado, retirado de la Línea Municipal lo cual brinda un entorno acústico silencioso y adecuado para las funciones del mismo.

4. Metodología

El trabajo incluyó la recopilación de planos y documentos existentes, el relevamiento acústico de la obra y las mediciones de niveles de ruido y de campo acústico.

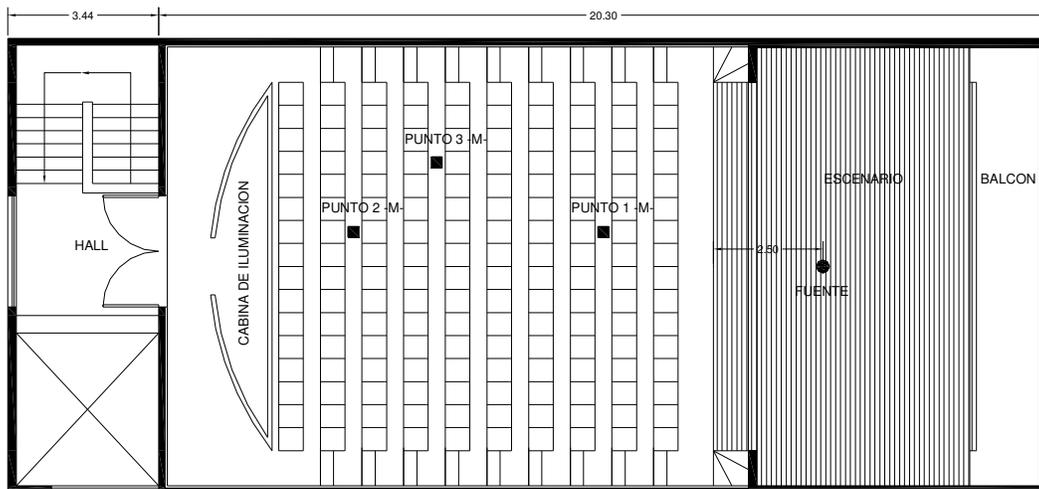
4.1. Medición de niveles de ruido

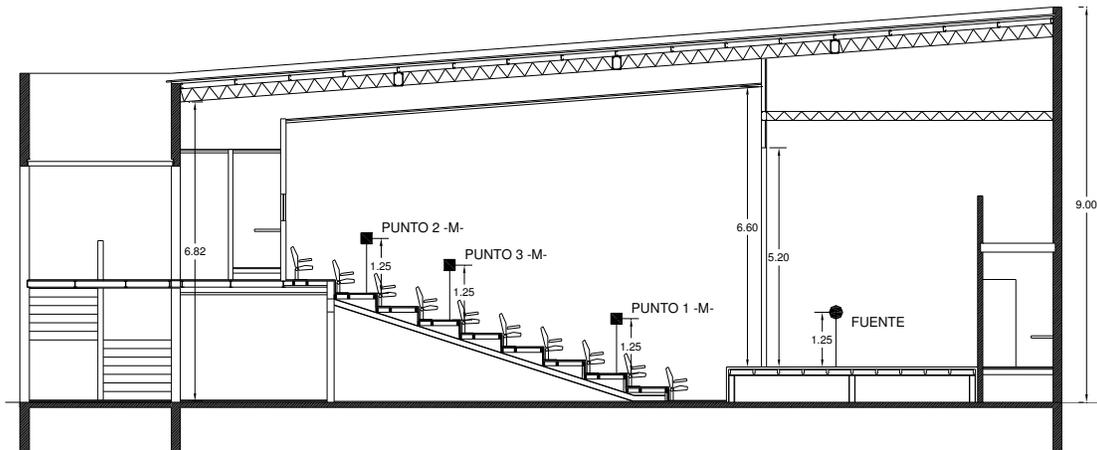
Las mediciones de niveles de ruido máximo y equivalente se realizaron utilizando un Medidor de Nivel Sonoro Rion NL 05 y una notebook con placa de audio AD y software dedicado.

El medidor de nivel sonoro se ubicó en el punto de medición 3 a una altura de 1.25 m. Se realizaron dos adquisiciones de 1 minuto de duración cada una. Se detectó que las luminarias constituían una fuente de ruido y se dispuso que la primera de las mediciones fuera con las luces de la sala encendidas y la segunda con las luces apagadas.

4.2. Medición de campo acústico

Para las mediciones de campo acústico se realizaron tres tomas en diferentes puntos de la sala con la fuente en el escenario. Las tomas se realizaron con un Medidor de Nivel Sonoro Rion NL 05 dispuesto a 1.25 m de altura y una notebook con placa de audio AD. Se utilizaron como fuente impulso externa globos perlados dispuestos a 1.25 m de altura. Todas las mediciones se realizaron con la sala desocupada.





5. Estudio Físico. Análisis

5.1. Medición de niveles de ruido máximo y equivalente

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

	L_{eq} [dBA]	$L_{máx}$ [dBA]
Medición 1	24,7	32
Medición 2	21	34

Los valores de ruido de fondo se consideran satisfactorios, pues corresponden o están por debajo de los valores dados por la curva NC-25, considerada adecuada en la bibliografía especializada para tener muy buenas condiciones para la audición en salas como la de City Bell.

5.2. Medición de campo acústico

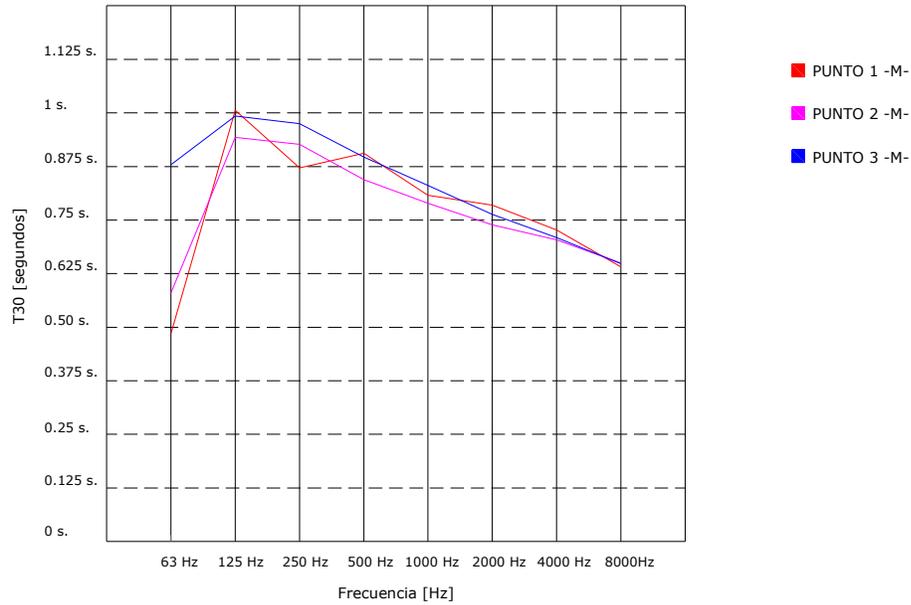
Los parámetros físicos elegidos para evaluar la sala fueron: Tiempo de reverberación (T_{30}), Tiempo de reverberación temprano (EDT), Claridad (C_{80}) y Definición (D_{50}).

5.2.1. Reverberación

T_{30}

De acuerdo con la norma ISO 3382 y simplificando la definición, el tiempo de reverberación T_{30} se define como el tiempo, expresado en segundos, que tarda el nivel de presión sonora en disminuir 30 dB -de -5 dB hasta -35 dB- desde su nivel inicial, multiplicado por 2. El T_{30} de diseño para esta sala fue de 1 s para todo el espectro de frecuencias. Las mediciones arrojaron datos cercanos a esta situación en la región de 125 y 250 Hz. El resto de los valores obtenidos muestra diferencias del orden de los 0,2 s considerando el promedio de los datos de las distintas frecuencias. El bajo tiempo de reverberación en la banda de 63 Hz podría deberse a la absorción aportada por el material de terminación de las butacas, ya que el cuero funciona como un diafragma con un pico de resonancia en esa banda de frecuencias. Los valores obtenidos en los diferentes puntos de medición presentan poca dispersión lo que indica que la sala es homogénea en reverberación en sus distintas ubicaciones.

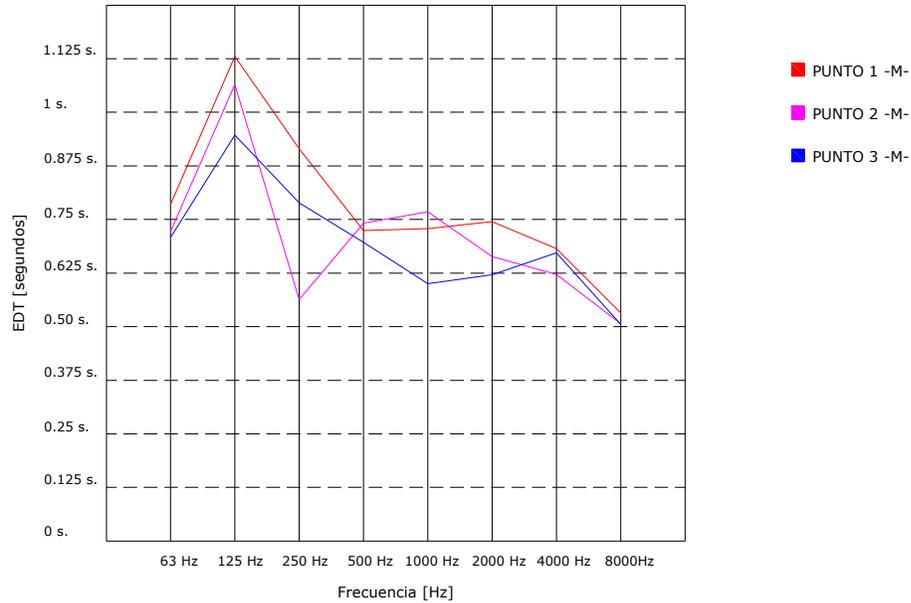
Posición	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Punto 01	0,485	1,006	0,872	0,906	0,808	0,785	0,727	0,641
Punto 02	0,580	0,943	0,927	0,844	0,789	0,739	0,704	0,650
Punto 03	0,879	0,993	0,975	0,897	0,831	0,763	0,709	0,648



EDT

De acuerdo con la norma ISO 3382 y simplificando la definición, el EDT (*Early Decay Time*, Tiempo de Decaimiento Temprano) es el tiempo, en segundos, que tarda la respuesta integral al impulso en caer los primeros 10 dB (entre 0 dB y -10 dB), multiplicado por seis. El EDT ideal tendría que ser constante con una fluctuación de $\pm 0,1$ s y ligeramente más bajo que el T_{30} , este comportamiento se corrobora en los distintos puntos de medición a partir de los 500 Hz.

Posición	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Punto 01	0,785	1,130	0,915	0,724	0,729	0,745	0,682	0,532
Punto 02	0,721	1,065	0,563	0,741	0,768	0,663	0,622	0,507
Punto 03	0,708	0,947	0,789	0,697	0,600	0,621	0,672	0,505



5.2.2. Razones de energía

Claridad 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 en el resto del proceso de decaimiento del campo sonoro.

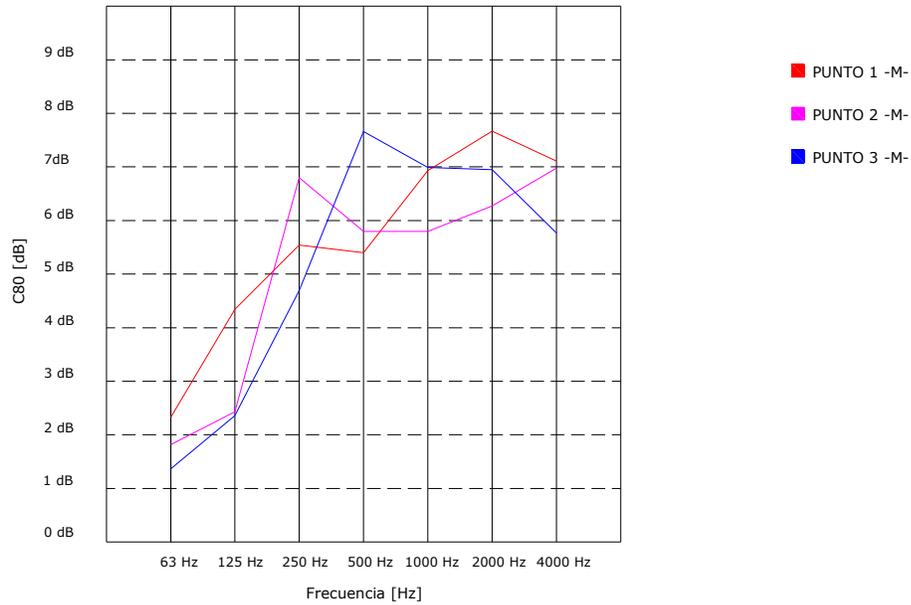
Se define con la siguiente expresión:

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

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

Con respecto a este parámetro los datos obtenidos muestran valores entre los 1,37 y 7,67 dB a lo largo del espectro de frecuencias, presentando entonces la sala mucha claridad para las altas frecuencias y poca claridad en baja frecuencia.

Posición	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Punto 01	2,33	4,34	5,54	5,40	6,93	7,67	7,11
Punto 02	1,82	2,43	6,80	5,80	5,80	6,27	6,98
Punto 03	1,37	2,36	4,69	7,66	6,99	6,95	5,77



Definición D_{50}

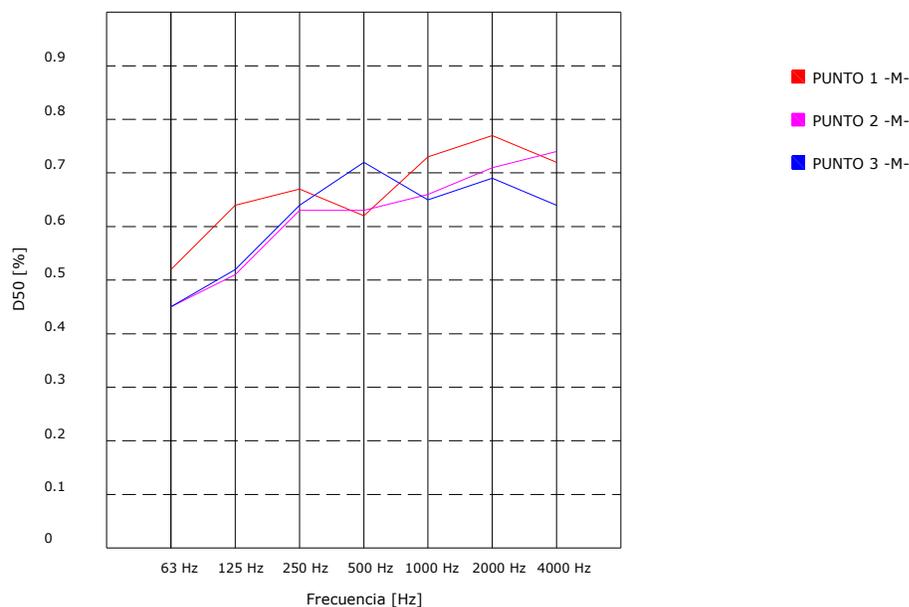
De acuerdo con la norma ISO 3382, la Definición se obtiene de la siguiente relación:

$$D_{50} = \frac{\left[\int_0^{0,05} h^2(t) dt \right]}{\left[\int_0^{\infty} h^2(t) dt \right]} 100\%$$

A diferencia de la Claridad, la Definición relaciona la energía temprana con la energía total de la señal. Si bien resultan parámetros altamente correlacionados (linealmente dependientes) no pueden ser usados indistintamente para comparar salas.

El parámetro D_{50} para una sala de las características de la de City Bell tendría que tener valores de D_{50} entre 0,5 y 1. En este caso se obtuvieron valores entre 0,45 y 0,77 a lo largo del espectro de frecuencias medido.

Posición	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Punto 01	0,52	0,64	0,67	0,62	0,73	0,77	0,72
Punto 02	0,45	0,51	0,63	0,63	0,66	0,71	0,74
Punto 03	0,45	0,52	0,64	0,72	0,65	0,69	0,64



6. Conclusiones

El análisis de las mediciones realizadas muestra valores compatibles con los objetivos de diseño. Son adecuados al destino de la sala y corroboran los datos adoptados para su diseño tanto en lo referente al aislamiento como al acondicionamiento acústico.

La sala es acústicamente homogénea pues la dispersión de valores en los distintos puntos de la sala es pequeña.

Las mediciones físicas corroboran los comentarios del público y de los músicos consultados respecto a las características acústicas de la sala.

Los dispositivos especiales para el acondicionamiento acústico de la sala, integrado por difusores (en sala y escenario) y superficies absorbentes (cortinas en el escenario, revestimiento de la sala y características de las butacas) resultan adecuados para la configuración del campo acústico interior.

7. Agradecimientos

A Manuel y Sebastián Cortés.

A Juan Carlos Carassale.

8. Referencias

- Arau, Higinio (1999). "ABC de la acústica arquitectónica". CEAC, Barcelona.
- Barron, Michael (1993). "Auditorium Acoustics and Architectural Design". E & FN Spon, Londres.
- Basso, Gustavo (1994). "Escenarios para salas con bajo tiempo de reverberación y escasa difusión: Mejora en el Coeficiente de Correlación Cruzada Interaural", SOBRAC, Brasil.
- Beranek, Leo (1988). "Acoustical Measurements". Acoustical Society of America, Woodbury, NY.
- Beranek, Leo (1962). "Music, Acoustics, and Architecture". Wiley, Nueva York.
- Beranek, Leo (1996). "Concert Halls and opera houses: How they sound", Acoustical Society of America, New York.

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.

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

Norma ISO 3382 - 1997.