

# Un recorrido acústico por la Facultad de Bellas Artes de la UNLP

Primera parte: Salón Auditorio “Roberto Rollié”

## **Gustavo Basso**

Ingeniero en Telecomunicaciones, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Posgrado en Acústica Arquitectónica, UNLP.

Profesor Titular de Acústica Musical, Facultad de Bellas Artes (FBA), UNLP y Profesor Asociado de Acústica, Universidad de Buenos Aires (UBA). Investigador en temas relacionados con la acústica de salas para música y percepción musical. Integrante de la Orquesta Estable del Teatro Argentino de La Plata en calidad de violinista.

## **María Andrea Farina**

Profesora de Armonía, Contrapunto y Morfología Musical, FBA, UNLP. Arquitecta, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA. Profesora Adjunta de Acústica Musical, FBA, UNLP. Actualmente, investiga y trabaja en temas relacionados con la acústica de salas para música y prosa.

## **Valeria Cejas**

Estudiante de la Licenciatura en Composición y de la Licenciatura en Dirección Orquestal, FBA, UNLP, y de Canto en el Conservatorio Provincial “Gilardo Gilardi”. Cursó estudios de Ingeniería electrónica. Docente de Acústica Musical, FBA, UNLP. Desempeñó tareas docentes en los distintos Niveles educativos. Actualmente, investiga y trabaja en temas relacionados con la acústica de salas para música y prosa.

## **Federico Jaureguiberry**

Realizó estudios en la Licenciatura en Composición, FBA, UNLP y en Ingeniería Electrónica. Ayudante de Acústica Musical, FBA, UNLP. Profesor particular de instrumento (saxo) y colaborador en varias agrupaciones musicales y teatrales platenses.

## Introducción

El Salón Auditorio “Roberto Rollié” de la Facultad de Bellas Artes de la UNLP fue parte del proyecto de la Escuela Superior de Bellas Artes concebida para la enseñanza de artes plásticas y musicales y cuya construcción comenzó en 1926 y finalizó en 1937. Su primera función correspondió a la de Salón de actos de la institución. Actualmente se lo utiliza con este propósito, para eventos especiales y también como aula, a raíz de la gran cantidad de alumnos que estudia en la Facultad. La cátedra de Acústica Musical elaboró un diagnóstico del Salón Auditorio con el fin de detectar, y eventualmente corregir, ciertas anomalías de origen acústico que, a juicio de sus usuarios habituales, perjudican su funcionamiento. A partir de una simple prospección se logró determinar que las dificultades acústicas tienen su raíz en tres ejes principales: elevados niveles de ruido, geometría inadecuada y tratamiento acústico envejecido e ineficiente.

Una vez identificadas de manera preliminar las causas de los problemas, se realizó un estudio detallado de campo acústico (físico) del salón, que incluyó el análisis de los niveles de ruido y del campo acústico interior, y se compilieron encuestas de opinión sobre su calidad acústica en las que participaron músicos, público, operadores de audio, docentes y alumnos. El presente trabajo describe los resultados generales de dicho estudio y, en particular, muestra la correlación hallada entre los datos físicos y los perceptuales.

## Estado actual del Salón Auditorio

En este apartado se analizan las tres causas de los problemas acústicos del Salón: ruido, geometría y tratamiento acústico interior.

*Ruido.* El salón se encuentra rodeado por un pasillo muy transitado que comunica entre sí varias aulas donde se dictan clases a una importante cantidad de alumnos que, al circular, constituyen una fuente de ruido significativa.

Los pasillos perimetrales, además, son utilizados como lugar de reunión y sala de ensayo ocasional. El ruido del exterior penetra con facilidad pues las aberturas que separan los pasillos del Salón no presentan un aislamiento acústico adecuado. Las puertas de acceso al Auditorio no cierran herméticamente. Las hendiduras entre sus hojas permiten que las ondas acústicas, con frecuencias en el rango audible, ingresen fácilmente, favorecidas por el fenómeno de difracción, incrementando el nivel acústico en su interior. También son apreciables los ruidos de impactos que se producen en la escalera lateral. Aquellos generados en el interior del Salón, como los que provienen del movimiento de las butacas de madera y de las pisadas en el piso del palco, son menos importantes.

**Geometría.** La pared posterior del Auditorio tiene forma de semicircunferencia y, como tal, produce focalizaciones de energía acústica en ciertas zonas –los puntos focales– y déficit de energía, en otras. Encontramos dos puntos focales prominentes: uno, ubicado en la platea y otro, en el escenario. Esta distribución no homogénea de la energía determina la existencia de sectores de la sala más eficientes que otros para el intercambio acústico. En una clase, cuando un docente habla, controla su emisión de acuerdo a la respuesta acústica que percibe en el punto de la sala en el que se encuentra, generalmente en el escenario. Cada alumno oye en función de su ubicación, que en muchos casos presenta condiciones acústicas diferentes a las que experimenta el docente. El resultado se traduce en una escasa comprensión por pérdida

de inteligibilidad. La situación es similar y simétrica si es el alumno el que habla, por ejemplo, al formular una pregunta.

Otra característica geométrica significativa es la forma y ubicación de la bandeja superior, que obstruye el paso de la energía proveniente del cielorraso hacia las butacas del fondo de la platea [Figura 1], reduciendo la presencia de reflexiones acústicas en dicha zona.

**Tratamiento acústico interior.** En gran parte de las superficies interiores el tratamiento acústico parece haber sido concebido a partir de un criterio de intervención característico de la década de 1950, en el que los defectos se suprimían por absorción de la energía acústica asociada. Se pudo comprobar que el tratamiento existente perdió eficiencia al deteriorarse por el paso del tiempo y por la falta de mantenimiento adecuado.

## Metodología

El programa de actividades desarrollado incluyó la recopilación de planos y documentos existentes y el relevamiento y la confección de los planos conforme a obra.

Para la medición de niveles de ruido evaluamos los niveles máximo y equivalente utilizando instrumental especializado. Para las mediciones de campo acústico se usó una fuente impulsiva externa que se ubicó en el escenario y se realizaron seis registros de audio en diferentes puntos de la sala. El análisis del campo acústico incluyó varios parámetros temporales y energéticos definidos por la Norma ISO 3382 a los que se agregaron el tiempo de reverberación a espectro completo y el patrón de reflexiones tempranas.<sup>1</sup>

Por su parte, las encuestas de opinión se elaboraron a partir de cuestionarios desarrollados *ad hoc*, planteados en función de los distintos usos que se le dan al Auditorio, y que incluyeron preguntas sobre la percepción individual de la inteligibilidad, la reverberación, los niveles de ruido, la sonoridad aparente y las características tímbricas del sonido. Las respuestas fueron analizadas posteriormente con métodos estadísticos.

Una vez obtenido el corpus de datos físicos y perceptuales se buscaron correlaciones significativas entre ambos grupos.

## Mediciones de niveles de ruido

Durante esta etapa del trabajo realizamos cuatro mediciones de niveles de ruido que, al

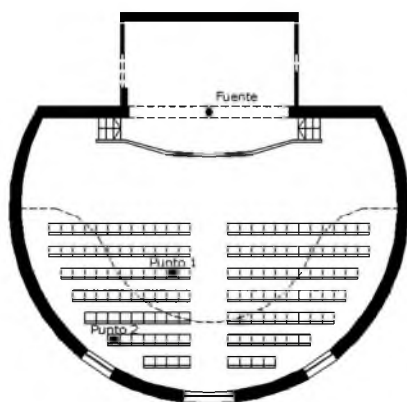


Figura 1. Planta de platea y puntos de medición

<sup>1</sup> Ver Leo Beranek, *Acoustical Measurements*, 1988, y John S. Bradley, "Using ISO 3382 measures, and their extensions, to evaluate acoustical conditions in concert halls", 2005, pp. 170-178.

promediarse, dieron como resultado un nivel máximo  $L_{max} = 81,25$  dB y un nivel equivalente  $L_{eq} = 67,7$  dB, valores que se ajustan a las curvas de criterio de ruido NC 55/60. Si se considera que la literatura especializada recomienda no superar la curva NC 25 en un recinto con funciones similares a las del Salón Auditorio, queda claramente de manifiesto que, en cuanto al ruido de fondo, el lugar no cumple ni aproximadamente con las condiciones de calidad acústica requeridas.<sup>2</sup>

### Medición del campo acústico

Luego de un análisis preliminar del conjunto de parámetros acústicos definidos por la norma ISO 3382 se escogieron el tiempo de reverberación ( $T_{30}$ ), el tiempo de decaimiento temprano (EDT) y la claridad para palabra y música ( $C_{50}$  y  $C_{80}$ ).

El parámetro  $T_{30}$  ideal para un Auditorio como el estudiado es de aproximadamente 1,3 s para todo el espectro de frecuencias y en todos los puntos de medición. Las mediciones arrojaron datos muy diferentes: por ejemplo, para la banda de 63 Hz, la toma realizada en la esquina de la platea dio un  $T_{30}$  de 3,39 s y bajo la bandeja, de 2,62 s.

Los EDT analizados tampoco son parejos, sino que varían a lo largo del espectro de frecuencias y entre puntos de medición [Gráfico 1]. El EDT ideal tendría que ser constante a lo largo del rango audible de frecuencias, con una fluctuación máxima de  $\pm 0,1$  s y ligeramente más bajo que el  $T_{30}$ .<sup>3</sup>

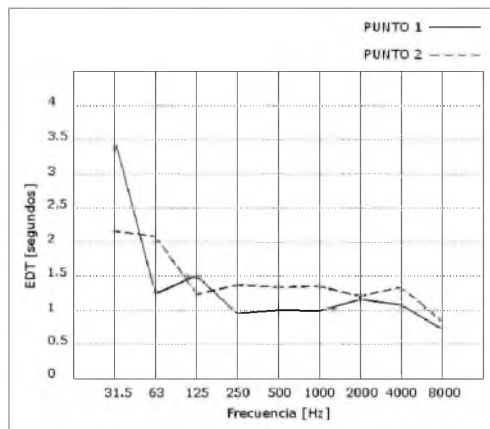


Gráfico 1. EDT [s]. Se grafican los dos puntos indicados en la Figura 1

Los valores recomendados de  $C_{50}$  están entre 3 y 5 dB ( $\pm 0,5$  dB). Sin embargo, los datos obtenidos muestran un comportamiento irregular a lo largo del espectro de frecuencias, con valores por debajo de los necesarios, y señalan un déficit en la cantidad de energía en la sala. El parámetro  $C_{80}$  –claridad para música– da a conocer un comportamiento similar. El rango ideal en este caso debería estar comprendido entre los 4 y 6 dB ( $\pm 0,5$  dB).<sup>4</sup> El Gráfico 2  $C_{50}$  muestra curvas con varias pendientes y, en general, por debajo del umbral inferior requerido.

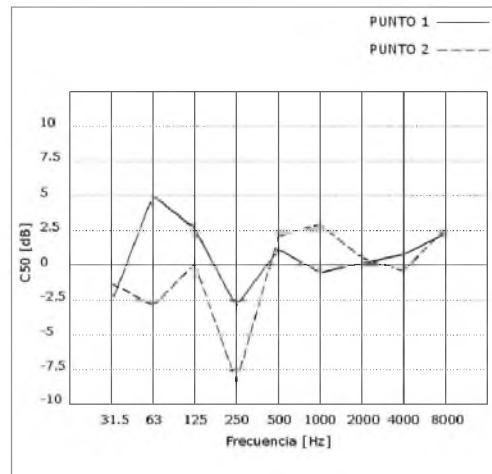


Gráfico 2.  $C_{50}$  [dB]. Se grafican los dos puntos indicados en la Figura 1

Los datos completos de las mediciones se encuentran en el informe “Estudio Acústico del Auditorio de la Facultad de Bellas Artes de la UNLP”.<sup>5</sup>

### Encuestas de opinión. Estudio perceptual

#### Análisis de las encuestas a los docentes

El análisis de los datos obtenidos a partir de las encuestas de opinión arrojó gran cantidad de información que corrobora y amplía el análisis físico realizado. El 63,6% de los docentes encuestados manifestó haber detectado algún defecto acústico importante en la sala.

Con relación a los niveles de ruido, más del 90% dijo haber sido afectado por el ingreso de

2 Higiní Arau, *ABC de la acústica arquitectónica*, 1999.

3 Leo Beranek, *Music, Acoustics and Architecture*, 1962.

4 *Ibidem*.

5 Gustavo J. Basso y otros, “Estudio acústico del Auditorio de la Facultad de Bellas Artes de la UNLP”, 2008.

ruido al abrirse la puerta de acceso al Auditorio; el 45,5%, por el ruido del interior del edificio y solo el 18%, por el ruido proveniente del exterior del edificio.

Con respecto a la audición de los alumnos, el 50% de los docentes considera que su voz se proyecta bien y que sus alumnos la entienden claramente. Sin embargo, estos valores varían si se analiza la posición desde la que emiten su palabra: el 54,5% de los encuestados se ubicó abajo del escenario y un 36,4 %, sobre el escenario. La mayoría (75%) de los que lo hacían sobre el escenario considera que su emisión no es eficiente, mientras que el 66,7% de los que se ubican abajo del escenario expresa que sí lo es.

La mayoría (72,7%) de los docentes encuestados manifestó dificultad para comprender las palabras de los alumnos y notó, además, que los alumnos tienen dificultades para comunicarse entre sí. Como dato adicional, hubo acuerdo en señalar que la inteligibilidad del discurso docente empeora a medida que aumenta la cantidad de alumnos en el Salón.

### **Análisis de las encuestas a los alumnos**

Con relación a los niveles de ruido, los alumnos se vieron afectados en mayor proporción por los ruidos que ingresan desde el pasillo al abrirse la puerta de acceso y por los provenientes del interior del edificio, mientras que los ruidos del exterior no perturban significativamente el desarrollo de las clases. Más del 40% de los encuestados declaró no oír claramente el discurso docente, situación que empeora en la platea ubicada debajo del palco, donde solo el 55% oye con claridad.

En contradicción con lo manifestado por los docentes, la mayoría de los alumnos encuestados (77,8 %) dijo entenderlos con claridad cuando éstos se ubican arriba del escenario. En cambio, cuando hablan al pie del escenario y delante de la platea, menos del 40 % de los alumnos respondió oírlos claramente.

En coincidencia con los resultados de las encuestas a los docentes, se determinó que a medida que aumenta la cantidad de alumnos en la sala empeora la claridad de la audición y, si bien la sala se vuelve más seca, crece el murmullo.

Entre los alumnos, la dificultad en la comprensión de la palabra de un compañero en la platea se presenta en el 74,5 % de los encuestados y se acentúa debajo del palco y al incrementarse la cantidad de estudiantes en el Auditorio.

Es de destacar que cuando el docente utiliza refuerzo electroacústico, el 100 % de los alumnos dice oírlo con claridad. Sin embargo, muy pocos docentes usan este recurso. Finalmente, indagamos acerca del funcionamiento de la sala durante las clases con ejecución de música. Los alumnos ejecutantes suelen ubicarse en tres posiciones diferentes: sobre el escenario, delante o detrás de la boca de escena, o abajo del escenario. La ubicación más favorable es sobre el escenario, delante de la boca de escena. En ese caso, casi el 70% manifestó oír claramente su propio instrumento y más de la mitad consideró que la calidad tímbrica del sonido era adecuada. La situación se revierte con los músicos ubicados sobre el escenario detrás de la boca de escena, situación en la que solo el 20% de los encuestados consideró que el sonido era adecuado. En cuanto a la reverberación, se manifiesta una polarización entre los encuestados, ya que el 41% consideró que la sala tiene una reverberación correcta, mientras que un 36% la percibió como muy seca, es decir con baja reverberación.

Las encuestas mostraron que el tratamiento acústico de la zona debajo del palco es más eficiente para la audición de música que para la percepción del discurso hablado.<sup>6</sup>

### **Conclusiones**

El análisis de los datos físicos y perceptuales nos permitió inferir que la sala dista de ser acústicamente homogénea. La planta semicircular del Auditorio provoca que ciertas zonas reciban más energía que otras; los defectos son más notorios cuando las fuentes acústicas no entregan grandes cantidades de energía, como es el caso del dictado de clases.

Una clara evidencia de los problemas de carácter acústico del Salón son las discrepancias entre las opiniones de los alumnos y las de los docentes en cuanto a la audición de la palabra del docente: este último se suele ubicar en una zona con focalizaciones acústicas y recibe una respuesta de la sala completamente diferente a la de los alumnos. Las encuestas muestran que la comunicación docente/alumno dista de ser óptima, situación que empeora a medida que aumenta la cantidad de alumnos en la sala.

La presencia de ruido de inmisión es importante y las mayores molestias provienen del generado en el interior del propio edificio, que ingresa fácilmente a través de la puerta de acceso. No hay un *foyer* que atenúe el ruido a la entrada ni un tratamiento acústico en el pasillo

<sup>6</sup> Los datos completos de las encuestas pueden verse en Gustavo Basso y otros, *op. cit.*, 2008.

que condicione psicológicamente a los ingresantes. El tratamiento acústico existente no es adecuado y se debería plantear la necesidad de reemplazarlo.

Las mediciones físicas corroboran lo expresado por alumnos y docentes en las encuestas de opinión. Los datos físicos y perceptuales recopilados mostraron altos valores de correlación. En el caso de las clases, donde la información circula en ambos sentidos, la influencia de los efectos acústicos se acentúa considerablemente.

### Bibliografía

- ARAU, Higinio: *ABC de la acústica arquitectónica*, Barcelona, Centro de Educación a Distancia, 1999.
- BASSO, Gustavo y otros: "Estudio acústico del Auditorio de la Facultad de Bellas Artes de la UNLP", Buenos Aires, Asociación de Acústicos Argentinos, Federación Iberoamericana de Acústica, 2008.
- BERANEK, Leo: *Acoustical Measurements*, Nueva York, Acoustical Society of America, 1988.
- BERANEK, Leo: *Music, Acoustics and Architecture*, Nueva York, Wiley, 1962.
- BRADLEY, John S.: "Using ISO 3382 measures, and their extensions, to evaluate acoustical conditions in concert halls", en *Acoustical Science and Technology*, Vol. 26, N° 2, 2005.
- NORMA ISO 3382 - 1997.