



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A158

Estudio acústico del Auditorio “Roberto Rollié” de la Facultad de Bellas Artes de la U.N.L.P. La Plata.

Valeria Paola Cejas^(a),
María Andrea Farina^(a),
Luis Federico Jaureguiberry^(a),
Gustavo Jorge Basso^(b).

(a) Ayudante de la Cátedra de Acústica, Facultad de Bellas Artes, Universidad Nacional de La Plata. Calle 5 N° 84, La Plata (1900), Argentina. E-mail: basso@isis.unlp.edu.ar

(b) Titular de la Cátedra de Acústica, Facultad de Bellas Artes, Universidad Nacional de La Plata. Calle 5 N° 84, La Plata (1900), Argentina. E-mail: basso@isis.unlp.edu.ar

Abstract

The “Roberto Rollié” Auditorium of the Faculty of Fine Arts, U.N.L.P is part of the Superior School of Fine Arts’s project, conceived for the visual and fine arts education. Its first function was “Assembly hall” of the institution. Nowadays is used like events hall and by the great amount of students who study in the Faculty, like classroom. The investigators of the Chair of Musical Acoustics, FBA, that uses the Auditorium like teachers and musicians, empirically detected certain anomalies of acoustic origin that affect its operation negatively. They determined that the anomalies have their root in three main axes: the interior noise levels of immission, the geometry of the Auditorium and an inadequate acoustic treatment. Having identified the problems causes, polls were realized to musicians, public, audio operators, teachers and students and an acoustic study that included the analysis of the equivalent noise levels and the inner acoustic field. The present work shows the correlation found between the physical and perceptuales datas.

Resumen

El Auditorio “Roberto Rollié” de la Facultad de Bellas Artes de la U.N.L.P. es parte del proyecto de la Escuela Superior de Bellas Artes, concebida para la enseñanza de artes plásticas y musicales. Su primera función correspondió a la de “Salón de Actos” de la institución. Actualmente se lo utiliza como salón de eventos y dada la gran cantidad de alumnos que estudian en la Facultad, como aula. Los investigadores de la Cátedra de Acústica Musical de la FBA, detectaron empíricamente ciertas anomalías de origen acústico que afectan negativamente el funcionamiento del Auditorio. Se determinó que las anomalías tienen su raíz en tres ejes principales: los niveles de ruido de inmisión en el interior, la geometría del Auditorio y la existencia de un tratamiento acústico inadecuado. Habiéndose identificado las causas de los problemas, se realizaron encuestas a músicos, público, operadores de audio, docentes y alumnos y un estudio acústico que incluyó el análisis de los niveles de ruido equivalentes y del campo acústico del Auditorio. El presente trabajo muestra la correlación hallada entre los datos físicos y perceptuales.

1 Introducción

Concebida para la enseñanza de artes plásticas y musicales, la Escuela Superior de Bellas Artes se empezó a construir en 1926 y fue terminada en 1937. En este año la Escuela se transformó en la Facultad de Artes y Medios y en 1974 pasó a denominarse Facultad de Bellas Artes. Dentro de esta unidad se encuentra el auditorio “Roberto Rollie” siendo su primera función la de “salón de actos” de la institución. Actualmente, dada la gran cantidad de alumnos que estudian en la facultad, cumple las funciones de aula.

El edificio se halla ubicado en la zona céntrica de la ciudad de La Plata.

2 Uso Actual

El salón Auditorio está conformado por la platea, un palco, el escenario y la zona de apoyo a escenario (figura 1). En él se dictan clases de varias cátedras de los diferentes departamentos que conforman la Facultad de Bellas Artes. Las clases llegan a tener un máximo de 250 personas. Los días viernes, sábados y domingos se lo utiliza para eventos después de las 18hs. En éste caso, la sala llega a contener hasta 400 personas.

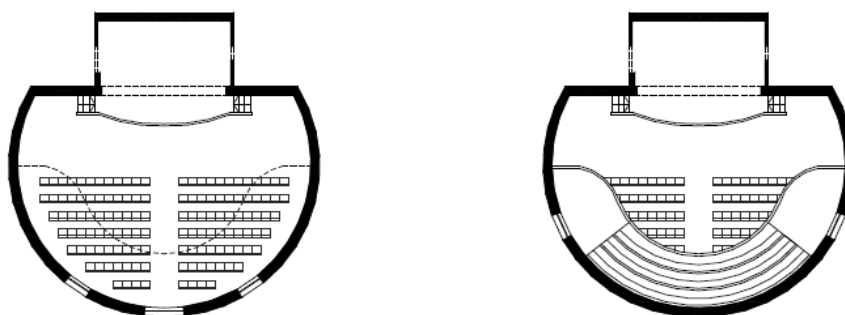


Figura 1

3 Problemas

Los investigadores de la Cátedra de Acústica Musical de la FBA, que emplean el Auditorio como docentes y como músicos, detectaron empíricamente ciertas anomalías de origen acústico que afectan negativamente su funcionamiento. Éstas tienen su raíz en tres ejes principales: los niveles de ruido de inmisión en el interior, la geometría del Auditorio y la existencia de un tratamiento acústico inadecuado.

3.1 Ruidos de Inmisión

El salón está rodeado por varias aulas donde se dicta clase a una cantidad importante de alumnos. La circulación de estos entre clase y clase genera un foco de ruido importante. Los pasillos son utilizados con frecuencia como sala de ensayo. En las prospecciones previas al estudio acústico se encontró que las puertas de acceso al Auditorio (tres en la planta baja y dos en la planta alta) tienen hendijas de un mínimo de 0,008 m, por lo tanto las señales acústicas con frecuencias correspondientes al rango audible ingresan fácilmente al Auditorio favorecidas por el fenómeno de difracción.

Sobre uno de los laterales exteriores al Auditorio se encuentra una escalera vinculada a la pared del salón. En ésta se producen ruidos de impacto que son apreciables desde el interior de la sala.

La puerta habilitada para el acceso a la platea del salón y la de acceso al palco no tienen sus bisagras bien lubricadas, siendo una fuente importante de ruidos.

Las butacas y el piso del palco están construidas en madera, generando ruidos al ser utilizadas.

3.2 Geometría del Auditorio

La pared posterior del Auditorio tiene forma de semicircunferencia y produce focalizaciones de energía acústica en ciertas zonas del mismo y déficit en otras. Cuando una persona habla controla su emisión de acuerdo a la respuesta acústica de la sala. Receptores en distintas posiciones percibirán de manera diferente, lo que en muchos casos provoca dificultades en la comunicación. En la situación de clase, la inteligibilidad del discurso del docente se ve afectada por la direccionalidad y posición del mismo.

3.3 Tratamiento acústico

El tratamiento acústico existente no es eficiente, está deteriorado por el paso del tiempo y la falta de mantenimiento. Es un fonoabsorbente por resonancia que reviste las paredes y cielorraso del sector de la platea bajo el palco y parte de sus resonadores han sido parcial o totalmente tapados en los sucesivos trabajos de pintura. Este material no evita la formación de focos ni de ondas estacionarias debajo del palco (aprox. 170 Hz). Por otro lado el palco inhibe la presencia de las reflexiones provenientes del techo del salón, de por sí ya débiles.

4 Metodología

4.1 Recopilación de planos y documentos existentes

Se recopiló el material gráfico existente en la Biblioteca de la Facultad de Bellas Artes.

4.2 Relevamiento en obra y confección de planos conforme a obra

Se hicieron prospecciones tomando en cuenta las condiciones acústicas del salón.

4.3 Medición de niveles de ruido y de campo acústico

Se realizaron las mediciones de niveles de ruido máximo y equivalente utilizando un medidor de nivel sonoro Rion NL-5 y una notebook con placa de audio AD y software dedicado. Para las mediciones de campo acústico se utilizaron petardos Cadenacci B6. Se realizaron seis tomas en diferentes puntos de la sala y la fuente se ubicó en el escenario.

4.4 Encuestas

Para la obtención de datos estadísticos subjetivos se recurrió a encuestas de opinión. Éstas fueron planteadas en función de los distintos usos que se le da al Auditorio y sus problemáticas. Fueron encuestados músicos, público asistente a espectáculos, operadores de sonido, docentes y alumnos.

4.4.1 Encuestas a Músicos

La encuesta a músicos se organizó en relación a dos ejes: el comportamiento acústico de la sala, relevando información sobre los defectos acústicos percibidos por el músico, la reverberación del lugar y el comportamiento acústico del escenario, solicitando la ubicación de los músicos y la evaluación de su comodidad acústica. Se les requirió información sobre la

formación del grupo, género, cantidad de presentaciones en la sala, cantidad de público en la sala y utilización ó no de sistemas de refuerzo electroacústico (amplificación).

4.4.2 Encuestas a Público

De igual manera que a los músicos, se contextualizó la situación acústica de la sala al momento del concierto. Se consideraron como variables a ser analizadas la ubicación del auditor, la características tímbricas del sonido en la sala y la inteligibilidad del discurso en función de la audición de todos los instrumentos.

4.4.3 Encuestas a Operadores de Sonido

Dada la formación profesional de los operadores de sonido, los ítems fueron más específicos con la posibilidad de desarrollar opiniones particulares sobre la acústica de la sala.

4.4.4 Encuestas a Docentes

Para evaluar la incidencia de los focos durante la actividad docente, se requirió su ubicación y movilidad durante la clase. Se les consultó sobre la recepción de la palabra de los alumnos, el intercambio verbal entre los mismos y la recepción del sonido en el caso de la utilización de medios audiovisuales. En las clases con ejecución musical, se solicitó la ubicación de los músicos para poder analizar la respuesta acústica de la sala y la proyección desde el escenario.

4.4.5 Encuestas a Alumnos

La encuesta se orientó a la recepción de la palabra y de otras fuentes. Se tuvo en cuenta la ubicación del alumno, del docente, y la posible movilidad de éste último durante el desarrollo de la clase. Se consideró el intercambio verbal entre alumnos así como entre alumno y docente. Para los casos de clases con ejecución de música, se solicitó información teniendo en cuenta tanto el rol de ejecutante como el de auditor.

5 Análisis

5.1 Estudio Físico

5.1.1 Mediciones de niveles de ruido máximo y equivalente

Las mediciones de niveles de ruido se realizaron considerando las fuentes de ruido habituales en horas pico. Las tomas 1 a 3 se hicieron con el medidor en la zona del foco y la toma restante, con el medidor en el hall de entrada al Auditorio. En las tomas 3 y 4 se agregó como fuente adicional un saxo debido a que es frecuente la utilización de este lugar como sala de ensayo. Los valores obtenidos son los siguientes:

Tabla 1. Niveles de ruido máximo y equivalente.

	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4
Nivel de ruido equivalente (dB)	59,2	62,4	62,9	86,3
Nivel máximo (dB)	67,9	81,8	76,2	99,1

Los valores de ruido de fondo que se consideran adecuados en la bibliografía especializada para tener muy buenas condiciones para la audición están en la curva NC 25. La

lectura de los niveles de ruido equivalentes obtenidos del medidor sonoro muestra que están muy por encima de los deseados. Los valores obtenidos se ajustan a las curvas NC 55 / 60, consideradas inadecuadas para las funciones del Auditorio.

5.1.2 Medición de Campo Acústico

Los parámetros objetivos elegidos para evaluar la sala fueron: tiempo de reverberación (TR_{30}), tiempo de reverberación temprano (EDT) y Claridad (C_{50} y C_{80}).

El TR_{30} ideal para un auditorio como el estudiado tendría que tener un valor constante de 1,3 s para todo el espectro de frecuencias. Las mediciones arrojaron datos muy distantes de ésta situación: en general tiene varios máximos en la región entre los 31,5 y 250 Hz. A su vez existen grandes diferencias entre los valores obtenidos en diferentes puntos de medición: para la banda de 63 Hz, la toma realizada en la esquina de la platea dio un TR_{30} de 3,39 s y bajo la bandeja, 2,62 s.

El EDT no es lineal. Varía a lo largo del espectro de frecuencias y entre tomas (figura 2). Los valores en algunos sitios llegan a los 5 s para las frecuencias bajas y a 0,25 s para la misma banda de frecuencia en otra ubicación. El EDT ideal tendría que ser constante con una fluctuación de $\pm 0,1$ s y ligeramente más bajo que el TR_{30} .

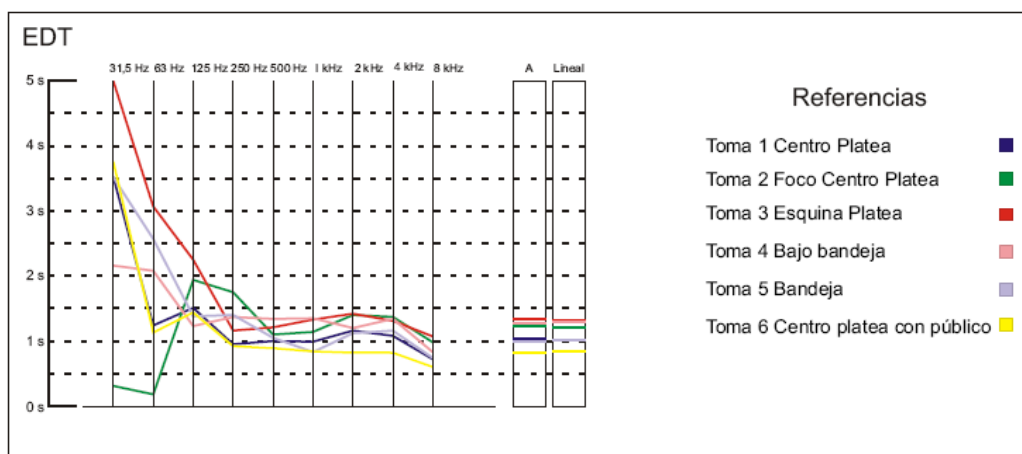


Figura 2

Los parámetros C_{50} y C_{80} deberían tener un comportamiento análogo al TR_{30} ideal. En el caso de C_{50} tendría que tener un valor constante entre los 3 y 5 dB ($\pm 0,5$ dB). Los datos obtenidos muestran un comportamiento irregular a lo largo del espectro de frecuencias, con varias pendientes por debajo de los valores tabulados, señalando un déficit en la cantidad de energía en la sala (figura 3). El parámetro C_{80} muestra un comportamiento similar. El rango ideal de este factor estaría comprendido entre los 4 y 6 dB ($\pm 0,5$ dB). La figura 4 muestra rectas con varias pendientes y en general por debajo del umbral inferior requerido.

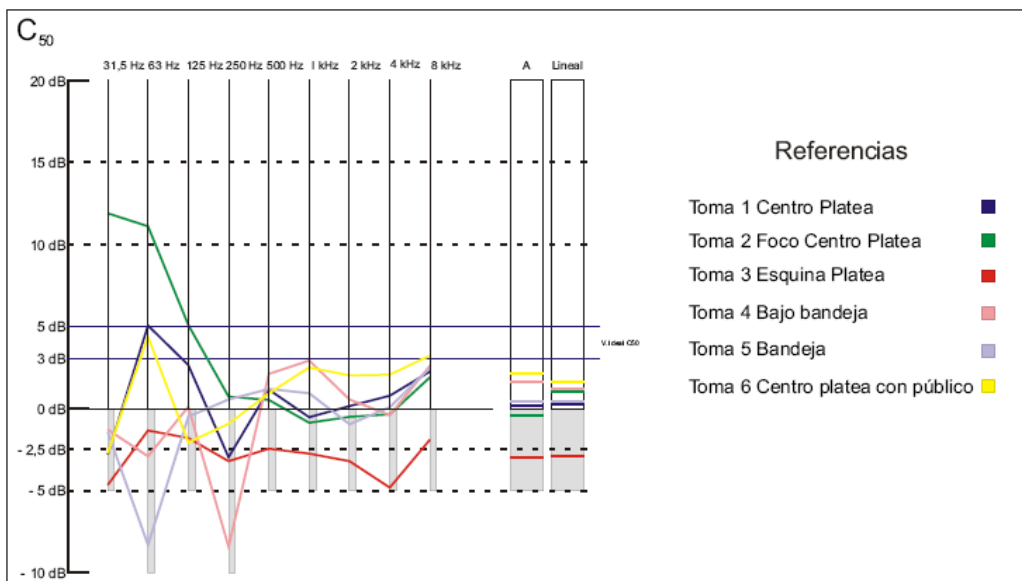


Figura 3

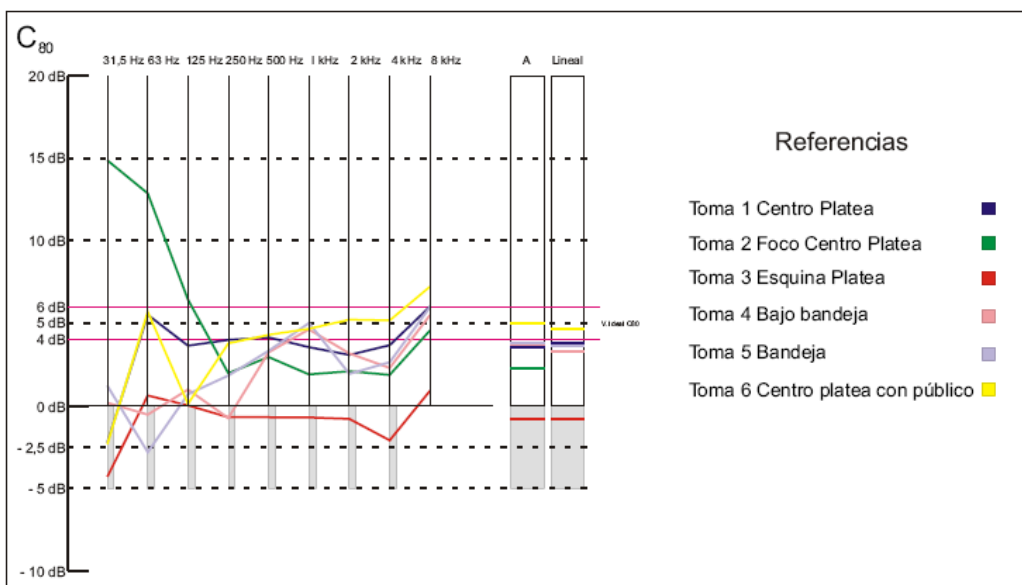


Figura 4

5.2 Análisis de Encuestas

5.2.1 Encuestas a Músicos

En dichas encuestas se encontró que el 30,8 % de los encuestados percibieron defectos de carácter acústico en la sala. Algunas de las respuestas fueron: “dependiendo de la ubicación en la sala se escucha o no”; “ruido externo (calle)”; “la reverberación es despareja”; “distribución no uniforme de lo percibido”; “muchos graves”.

Tabla 2. La utilización de refuerzo electroacústico mejora la audición entre los músicos

	Con refuerzo electroacústico	Sin refuerzo electroacústico
Escuchó bien su instrumento	100 %	93,7 %
Escuchó bien a sus compañeros	81,8 %	53,3 %

Un 50 % de los músicos encuestados manifestó sentirse afectado por los ruidos provenientes del exterior del edificio. El 61,5 % por los ruidos del interior del edificio y un 73,1 % por el de la puerta de acceso al Auditorio. Se evaluaron las molestias producidas por los ruidos de inmisión y los generados al abrirse la puerta de acceso en función de la utilización de refuerzo electroacústico. A medida que se quita refuerzo la percepción de los ruidos aumenta.

Tabla 3. Porcentaje de afectados por ruidos en función de la utilización de refuerzo

	Ruidos del Exterior	Ruidos del Interior	Ruidos de la puerta de acceso
Con refuerzo	45,45 %	45,45 %	45,45 %
Sin refuerzo	53,3 %	73,3 %	93,3 %

El 7,7 % de los encuestados consideró la sala como muy reverberante, un 69 % que tiene una reverberación adecuada y un 7,7 % la consideró muy seca.

No se encontraron cambios al evaluar la variación de la reverberación delante o detrás de la boca de escena. Sí, en función de la utilización o no de refuerzo electroacústico. Los datos más favorables se obtuvieron cuando las formaciones utilizaron este refuerzo.

5.2.2 Encuestas a Público

El 78,3 % de los encuestados manifestó haber oído bien todos los instrumentos y al 72,8 % el sonido de la sala les pareció adecuado. Un 58,7 % de los encuestados encuentra a la apertura de la puerta de acceso como la fuente más importante de ruido. Le sigue el ruido de interior del edificio con un 50 % y el del exterior del edificio con un 26,1 %. Con respecto a la incidencia de los ruidos en función de las bandas horarias durante las cuales se realizaron recitales o conciertos, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 4. Porcentajes de afectados por ruidos en función de bandas horarias

	9 a 11hs	11 a 13hs	19 a 21:30hs	21:30 a 24hs
Exterior	20 %	42,8 %	45,8 %	7,7 %
Interior	70 %	71,4 %	65,7 %	25,6 %
Puerta	80 %	71,4 %	77,2 %	33,3 %

Las tres primeras bandas horarias corresponden a horarios de cursada en la Facultad y en las bandas de 11 a 13hs y de 19 a 21:30hs el tráfico sobre la diagonal 78 y Plaza Rocha es intenso.

La utilización de sistemas de refuerzo electroacústico modifica la incidencia de los ruidos sobre el público:

Tabla 5. Porcentajes de afectados por ruidos en función de la utilización de refuerzo

	Con refuerzo	Sin refuerzo
Exterior	12 %	45 %
Interior	36 %	65 %
Puerta	42 %	77,5 %

No existe correlación entre la incidencia de los ruidos y la cantidad de público asistente a la sala. En los casos de conciertos sin amplificación se incrementa el porcentaje de público que encuentra un déficit de energía en las zonas media y alta del espectro de frecuencias. Las encuestas no muestran una variación importante del espectro en función de las distintas ubicaciones en la sala.

La inteligibilidad del discurso musical es buena (78 % de los encuestados) y se mantiene casi constante cuando se utilizan o no sistemas de amplificación. La tendencia negativa se acentúa debajo del palco. No se encontró correlación alguna entre la inteligibilidad del discurso y la cantidad de público en la sala.

5.2.3 Encuestas a operadores de sonido

Los operadores entrevistados dieron cuenta de la presencia de focos y de grandes dificultades para ecualizar los niveles de intensidad cuando se ubican fuentes cercanas a ellos. Encuentran que la respuesta de la sala no es homogénea ya que existen zonas con resonancias en baja frecuencia (bajo el palco) y otras donde las bajas frecuencias son deficientes. En general no han tenido problema con los ruidos.

5.2.4 Encuestas a Docentes

El 63,6 % de los encuestados detectaron algún defecto acústico importante. El plantel docente encuestado muestra haber sido afectado en mayor medida por el ruido de la puerta de acceso al Auditorio (90,9 %), luego por el del interior del edificio (45,5 %) y en menor medida por el proveniente del exterior del edificio (18,2 %).

Con respecto a la proyección de su palabra y la escucha de los alumnos, el 50 % considera que su palabra se proyecta bien. Con respecto a la estimación sobre la recepción de su palabra por parte de los alumnos, un 50 % considera que sus alumnos lo escuchan claramente.

El 54,5 % de los docentes encuestados se ubicó debajo del escenario, delante de la platea y un 36,4 % sobre el escenario. Cuando se evalúa la proyección de la palabra en función de la ubicación del docente se obtiene que desde el escenario un 75 % considera que no es eficiente mientras que debajo del escenario el 66,7 % considera que sí lo es.

Con respecto a la palabra de los alumnos, el 72,7 % encuentra dificultades en la recepción de dicha palabra y el 54,5 % encuentra que los alumnos tienen dificultades para comunicarse entre sí. Al comparar la escucha de los alumnos en función de la ubicación del docente al dictar la clase, se obtiene que sobre el escenario, el 75 % de los docentes consideran que el alumnado no lo oye claramente, mientras que debajo del escenario, delante de la platea, el 66,7 % considera que el alumno lo oye claramente.

La variación de la inteligibilidad del discurso docente empeora a medida que aumenta la cantidad de alumnos:

Tabla 6. Inteligibilidad del discurso docente / cantidad de alumnos:
¿Considera que su discurso es escuchado claramente?

Cantidad de alumnos	Hasta 50	Entre 50 y 100	Entre 100 y 150	Entre 150 y 200
Porcentaje de clases	18,2 %	45,5 %	27,3 %	9 %
Si	100 %	20 %	33,3 %	100 %
No	0 %	60 %	66,7 %	0 %

La distribución de energía en el espectro de frecuencias de la sala fue considerada como adecuada en las partes altas y bajas del espectro, no así en la parte media, donde se la encontró deficiente.

5.2.5 Encuestas a Alumnos

El 59,4 % de los alumnos encuestado oye claramente el discurso docente.

Para estudiar la claridad del discurso docente en función de la ubicación del alumno, se dividió al Auditorio en tres sectores: palco, platea bajo palco y platea. En la platea bajo el palco solo el 55,2 % oye con claridad. En la platea el 63,1 % oye bien.

Se determinó que a medida que aumenta la cantidad de alumnos en la sala, empeora la claridad de la audición del discurso docente:

Tabla 7. Porcentaje de alumnos que no oye claramente en función de la cantidad de alumnos

	Hasta 50	Entre 50 y 100	Entre 100 y 150	Entre 150 y 200
Platea bajo palco	0 %	42,8 %	46,2 %	66,7 %
Platea	20 %	46,7 %	24 %	85,7 %

Entre el alumnado, la dificultad en la recepción de la palabra del compañero se presenta en el 74,5 % de los encuestados. Esta dificultad se acentúa bajo el palco y al incrementarse la cantidad de alumnos.

Tabla 8. Porcentaje de alumnos con dificultades para recibir la palabra del compañero en función de la cantidad de alumnos

	Hasta 50	Entre 50 y 100	Entre 100 y 150	Entre 150 y 200
Platea bajo palco	66,7 %	85,7 %	61,5 %	33,3 %
Platea	60 %	66,6 %	84 %	100 %

Cuando el docente utiliza refuerzo electroacústico el 100 % de los alumnos oyen claramente su discurso.

Durante el dictado de clases los docentes se ubican sobre el escenario (51 %), debajo del escenario, delante de la platea (47 %) y debajo del escenario, en el pasillo de circulación central (2 %). Cuando se ubicaron sobre el escenario, el 77,8 % de los encuestados oyó claramente el discurso docente. Cuando lo hicieron debajo del escenario, delante de la platea, el 39,6 % lo oyó claramente, mientras que, cuando se ubicaron en el pasillo de circulación

central, oye claramente el 50 %. Ésta mejora puede deberse a la mayor proximidad entre docente y alumnos.

Cuando el docente no cambia de ubicación el 86,5 % de los alumnos oye claramente. Al cambiar de ubicación esto ocurre con el 44,9 % de los alumnos.

En relación a los ruidos de inmisión, se encuentra que los alumnos se vieron afectados en mayor proporción por los ruidos provenientes de la puerta de acceso y del interior del edificio y en menor medida por los provenientes del exterior del edificio.

Tabla 9. ¿Le molestó el ruido?.

	Mucho	Poco	Nada	No contesta
Puerta de acceso	65,1 %	26,4 %	4,7 %	3,8 %
Interior del Edificio	52,8 %	37,8 %	4,7 %	4,7 %
Exterior del Edificio	31,1 %	46,2 %	17 %	5,7

Durante las clases con ejecución de música, los alumnos ejecutantes pueden ubicarse delante o detrás de la boca de escena ó debajo del escenario. La ubicación más favorable es delante de la boca de escena el 68,9 % oyó bien su instrumento, detrás de la boca de escena el 40 %, debajo del escenario sólo el 33 %. Con respecto a las calidades tímbricas de la sala, el 53,3 % de los que tocaron delante de la boca de escena, consideró adecuado el sonido y el 28,9 % reconoció un déficit en las partes medias y altas del espectro. Detrás de la boca de escena, el 20 % consideró el sonido adecuado y el 60 %, con déficit en las partes medias y altas del espectro. En cuanto a la reverberación, se manifiesta una polarización entre los encuestados, ya que el 41 % considera que la sala tiene una reverberación adecuada y un 36 % la considera muy seca. Solo un 14,1 % la encuentra muy reverberante.

Entre los alumnos auditores, el 71,9 % escuchó bien todos los instrumentos. El 48,4 % encontró que la sala tiene un sonido adecuado, un 28 % la considera oscura y un 10,9 % la define como muy brillante. Los auditores consideran la reverberación adecuada en un 37,5 % muy seca en un 25 % y muy reverberante en un 20,3 %.

Las encuestas mostraron que el tratamiento acústico de la zona bajo el palco muestra ser más eficiente para la audición de música que para el discurso hablado.

6 Conclusiones

La sala dista de ser acústicamente homogénea. La planta semicircular del Auditorio provoca que ciertas zonas tengan más energía que otras. Los defectos son más notorios cuando las fuentes no entregan grandes cantidades de energía, como es el caso del dictado de clases. La audición en las diferentes zonas que se analizaron difieren sensiblemente. Las mediciones físicas corroboran lo expresado por alumnos y docentes en las encuestas. Una clara evidencia de los problemas de carácter acústico del salón son las divergencias entre las opiniones de alumnos y docentes en cuanto a la audición del discurso docente: éste último se suele ubicar en la zona donde hay focos acústicos y recibe una respuesta de la sala completamente diferente a la que experimentan los alumnos. Las encuestas muestran que la comunicación docente / alumno dista de ser óptima.

La situación de concierto mostró ser ligeramente diferente a la del dictado de clases dado que las focalizaciones de energía no afectan mayormente al público, pero sí a los operadores.

El acondicionamiento acústico existente no es el adecuado: no cumple con la función primaria asignada y disminuye la energía bajo el palco. La presencia de ruido de inmisión es

importante. Las molestias más importantes provienen de la puerta de acceso y del interior del edificio. No hay un foyer que atenúe el ruido o un tratamiento acústico que condicione psicológicamente a los presentes en el pasillo. El escenario no funciona de manera homogénea durante las clases con ejecución de música. En los conciertos se tuvo un comportamiento acústico análogo. En el caso de las clases, donde la información circula en ambos sentidos la influencia de los efectos acústicos se acentúa considerablemente.

Se concluyó que existe correlación significativa entre los datos físicos y perceptuales.

La solución a los problemas encontrados en el Salón Auditorio requiere del trabajo en conjunto de arquitectos, de expertos en patrimonio y de la cátedra de Acústica Musical de la FBA que se está realizando en la actualidad.