

## SALAS PARA GRANDES EVENTOS DE MÚSICA AMPLIFICADA PROYECTO ACÚSTICO

Ernesto Accolti, Abril 2013

El objetivo de este artículo es dar un panorama general de las tareas necesarias en un proyecto de sala para grandes eventos de música amplificada, desde el punto de vista del especialista en acústica. Se explica en términos simples los aspectos a tener en cuenta y qué fenómenos se desean evitar mediante las soluciones acústicas.

Durante gran parte del siglo XX y lo que llevamos del XXI la música amplificada convive con la música no amplificada. Los grandes eventos de música han crecido notablemente en número de espectadores y en cantidad de eventos por año desde fines del siglo pasado al presente. Inicialmente este tipo de eventos no contaban con salas diseñadas específicamente para este tipo de uso y se daban mayormente en estadios deportivos, galpones y salas diseñadas para música no amplificada entre otras.

En el presente siglo y desde fines del siglo pasado se han comenzado a construir, en varios países, salas especialmente diseñadas para este tipo de usos. Por ejemplo hacia fines del siglo XX el ministerio de cultura de Francia, al advertir la falta de salas especializadas y la importante actividad cultural y comercial de estos eventos, decide diseñar espacios especializados para la música Popular y encara una serie de salas denominadas Zénith (el primero es de 1984 con capacidad de aproximadamente 6500 espectadores). Ver figuras 1 y 2.



Figura 1: Zénith París.

<http://sortir.local.fr/paris/visiter/zenith-de-paris/>.

También en otros países se diseñan o adaptan espacios pensando en grandes eventos de música popular, por ejemplo en Holanda el Heineken music hall, del año 2001 para

5.500 espectadores, y el Amsterdam Arena, para 70.000 espectadores que fue construido como estadio en el año 1996 y se implementaron ciertas reformas acústicas en el año 2006 (Laytenbach et al., 2007). Ver figuras 3 y 4.

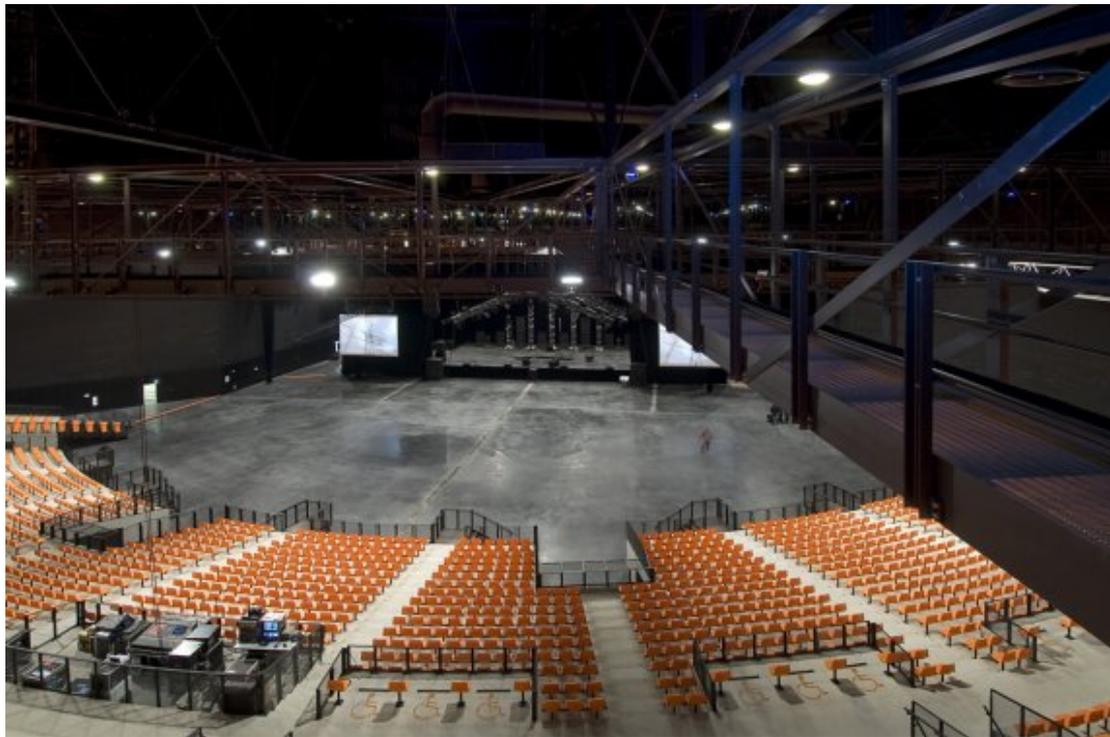


Figura 2: Zénith de Strasburgo. Foto: Moreno Maggi.  
[www.e-architect.co.uk/images/jpgs/france/zenith\\_strasbourg\\_mfa110209\\_maggi\\_6.jpg](http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/france/zenith_strasbourg_mfa110209_maggi_6.jpg)



Figura 3: Heineken music hall (Laytenbach et al., 2007)



Figura 4: Amsterdam Arena (Laytenbach et al., 2007)

A continuación se comenta resumidamente los requisitos acústicos de este tipo de salas fundamentando, brevemente y con ejemplos simples, en qué fenómenos se basan dichos requisitos. Estos requisitos se dividen en dos grandes grupos; (I) el ruido hacia el exterior y (II) el acondicionamiento interior. Al finalizar se resumen las tareas necesarias para el proyecto acústico en cuatro áreas, las dos primeras correspondientes a I y las dos últimas correspondientes a II.

## **RUIDO EXTERIOR**

### **Objetivos de ruido exterior. Normativa Municipal y Provincial**

Los objetivos de aislación sonora en este tipo de salas se refieren a poder cumplir con un requisito de inmisión de ruidos molestos hacia el vecindario estipulado normalmente por la legislación vigente. En Argentina esta regulación viene dada por provincias y municipios a través de decretos, ordenanzas y leyes. En algunos casos no existe legislación municipal y solo se aplican los criterios provinciales pero en los casos que si existe un criterio municipal, como es en la ciudad de Rosario por ejemplo, se deben aplicar ambos criterios pues no siempre uno de ellos es más restrictivo que el otro sino que depende de cada caso particular.

Así en Rosario, siguiendo el ejemplo, se debe evaluar la norma IRAM 4062 que es el requisito legal provincial dado por la Resolución 201/2004, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Decreto-Ordenanza Municipal 46.542/72.

Por ejemplo en un ámbito de viviendas el límite municipal durante el periodo noche es de 45 dBA y el resultante de la normativa provincial podría ser de 46 dBA (para poder evaluar la norma IRAM 4062 se debe realizar mediciones de ruido de fondo). En este

ejemplo con cumplir el menor de estos límites se cumpliría también el mayor y por lo tanto se fijaría el objetivo en 45 dBA.

### **Niveles en el interior de la sala de música**

Los riders técnicos de los músicos, que son potenciales artistas de los eventos en este tipo de arenas, solicitan normalmente niveles de entre 90 dBA y 120 dBA en toda el área de audiencia. Generalmente especificando el uso de sistemas de PA<sup>1</sup> denominados arreglos en línea (line array).

Por ejemplo el rider técnico del artista Jorge Rojas, del año 2013, solicita un nivel de 120 dB medidos en el punto donde se ubique la consola de mezcla de PA que generalmente es detrás del público hacia el otro extremo del escenario (Ver figura 1).

### **Elementos involucrados en la aislación de los ruidos interiores hacia el exterior**

La atenuación del sonido depende de la distancia entre la fuente de sonido (en este caso sistema de PA) y el receptor (en este caso los vecinos más cercanos). También depende de la configuración de la vivienda del vecino. Los casos menos favorables para la atenuación suelen ser los de balcones y aberturas como ventanas y puertas. Se suelen tomar 5 dB de atenuación por ventana como un caso con un pequeño margen de seguridad contemplando ventana abierta.

Suponer un caso con un vecino a 100 m de la parte exterior de la sala donde el requisito legislativo sea un nivel sonoro de 45 dBA durante la noche. La atenuación por distancia será de unos 20 dB. Es decir, suponiendo el caso de un sistema de PA capaz de emitir 120 dBA, quedarán 50 dBA a ser atenuados por el recinto [50 dBA = 120 (sistema PA) – 5 (ventana) – 20 (distancia) – 45 (objetivo)]. Cabe aclarar que esta atenuación indicada en dBA es solo una rápida guía pues esto se debe analizar en bandas de frecuencia donde las bandas de frecuencias más bajas son por lo general las más comprometidas. Por otra parte el ejemplo es bastante simple y no siempre se puede aplicar estas consideraciones sobre todo cuando los vecinos están a menores distancias.

Los principales elementos involucrados en asegurar la aislación sonora son el techo, los muros, aberturas de acceso y salidas incluyendo salidas de emergencia, y aberturas para ventilación.

El techo suele ser uno de los puntos más críticos para asegurar esta aislación debido a que la aislación está relacionada con el peso del techo y esto repercute fuertemente en las medidas estructurales desde el punto de vista de las restricciones presupuestarias.

Los elementos divisorios, como los muros, también deben contar con cierto peso pero en general es un requisito alcanzable con materiales habitualmente usados en construcción y con menor esfuerzo que el de la cubierta.

Otro punto crucial son las aberturas. Una sola abertura que no sea debidamente tratada acústicamente puede echar a perder todos los esfuerzos implementados en techos y muros.

---

<sup>1</sup> Sistema de PA: (PA viene del inglés Public Address) se refiere al sistema de refuerzo sonoro para la audiencia

Las aberturas de puertas ameritan un diseño especial en el cual el peso también es un factor importante que recaerá sobre las bisagras. Otro factor importante en puertas es un buen cierre evitando separaciones en las juntas y es habitual el diseño de puertas dobles y/o cierres de doble o triple contacto.

Las aberturas para entrada y salida de aire también ameritan un estudio acústico detallado. En particular las de entrada, por que suelen estar a nivel del suelo, son generalmente las más comprometidas, a menos que los vecinos se encuentren en pisos altos donde son más importantes las aberturas de salida. En el estudio acústico de estos dispositivos se debe coordinar con un especialista en ventilación pues la atenuación del sonido puede generar pérdidas de carga disminuyendo las capacidades de ventilación. El diseño acústico de estos dispositivos tiene que ver con el revestimiento interior e instalación de paneles de material fonoabsorbente dentro de los conductos pero también con el diseño de materiales, áreas y largo de los conductos. En caso de usar ventilación forzada, el ruido del ventilador también se tiene en cuenta pero en general es mucho menor que el ruido debido al sistema de PA que se propaga a través de los conductos hacia el vecindario.

Un caso interesante de aislación sonora, que interviene en forma original con el exterior, es el del hall de música Zénith de Estrasburgo en el cual se logra la aislación intercalando vidrios y estructuras de hormigón con una cubierta de origen textil revestida con materiales a base de fibra de vidrio y silicona. Ver figuras 5, 6 y 7.

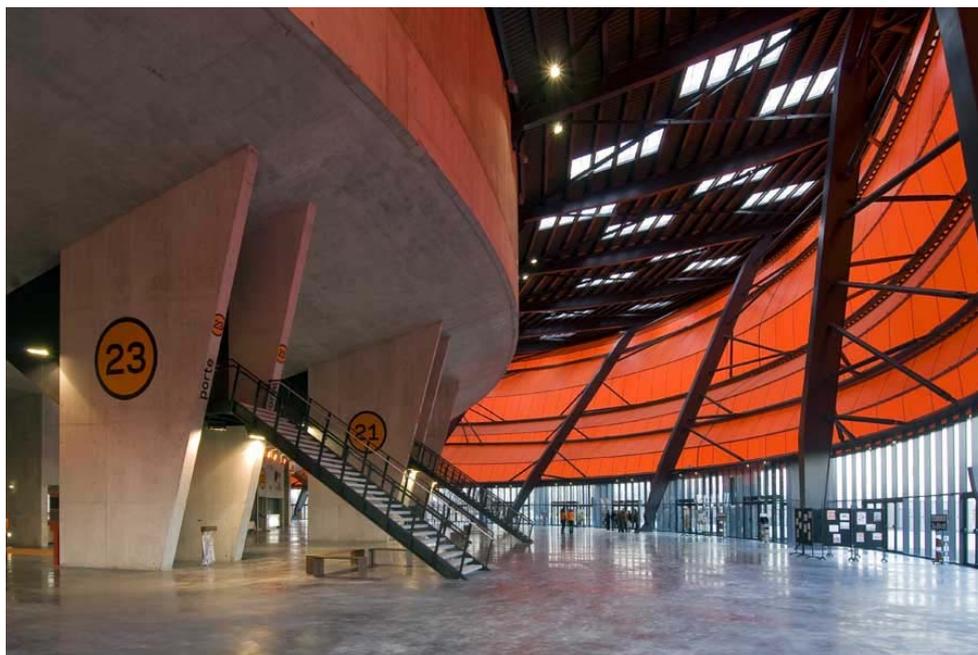


Figura 5: Zénith de Strasbourg. Foto: Moreno Maggi.  
[www.e-architect.co.uk/images/jpgs/france/zenith\\_strasbourg\\_mfa110209\\_maggi\\_1.jpg](http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/france/zenith_strasbourg_mfa110209_maggi_1.jpg)

Esta cubierta es un interesante logro estético. Pero en esta sala la inversión total rondó aproximadamente los 80 millones de euros en el año 2007 (Wikipedia en Francés, “Zénith de Strasbourg”). Es decir, existe una relación de gran compromiso entre el punto de vista estético y el acústico especialmente cuando se ponen en relieve las restricciones económicas del proyecto. Más fotografías e incluso algunas visitas virtuales 3D se pueden ver en la página oficial del Zénith de Estrasburgo ([www.zenith-strasbourg.fr](http://www.zenith-strasbourg.fr)).



Figura 6: Zénith de Strasburgo. Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA.

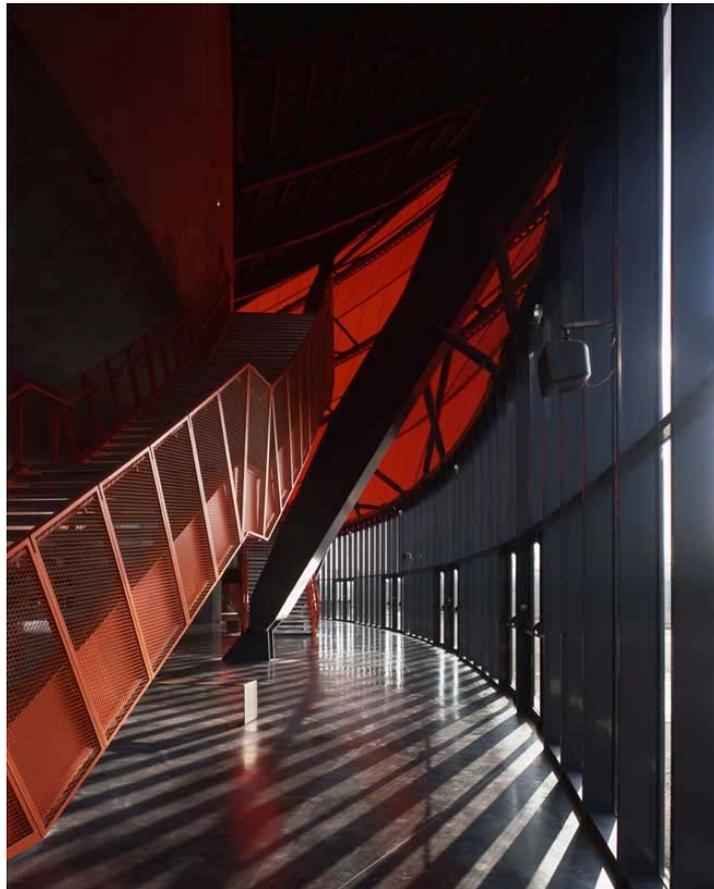


Figura 7: Zénith de Strasburgo. Foto: Philippe Ruault  
[www.e-architect.co.uk/images/jpgs/france/zenith\\_strasbourg\\_mfa110209\\_ruault\\_3.jpg](http://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/france/zenith_strasbourg_mfa110209_ruault_3.jpg)

## **ACONDICIONAMIENTO INTERIOR**

### **Reverberación y reflexiones interiores**

La reverberación natural en las salas para música no amplificadas es de gran importancia. Por ejemplo el tiempo de reverberación preferido es de aproximadamente 2 s para salas de concierto y del orden de 1 segundo para salas donde el principal uso es la palabra hablada, pasando por valores intermedios como el de aproximadamente 1,5 s para salas de teatro, (Ver Barron 1993; Nijs y Vries, 2005).

Para espectáculos con amplificación, la reverberación natural es un factor totalmente secundario pues habitualmente se agrega reverberación artificial mediante los equipos electrónicos que componen el equipamiento de sonido. Esto implica que la reverberación natural de la sala debería ser baja para no entorpecer la estética sonora del espectáculo. Además existen otros factores, por lo cuales la reverberación natural debe ser baja, como la claridad musical y la perturbación producida por reflexiones sonoras que arriban mucho más tarde que el sonido directo. Existen varios criterios para estudiar estos factores. Se pueden incluir restricciones presupuestarias dentro de cierto margen y obtener diseños comprometidos informando el porcentaje estimado de personas que escucharán adecuadamente y el de aquellas que se verán perturbadas por las reflexiones sonoras y/o que percibirán el espectáculo con una inteligibilidad de la palabra o claridad musical no del todo buena.

El tiempo de reverberación depende directamente del volumen e inversamente de la absorción sonora. Para salas de este tipo, que son de gran volumen, el tiempo de reverberación tiende a ser muy alto si no se agrega una gran cantidad de absorción además de la absorción que representa la propia audiencia en caso de sala llena. Particularmente la audiencia no absorbe sonido en frecuencias bajas y es justamente en ese rango donde el estudio acústico debe enfocar un gran esfuerzo. Además los eventos que normalmente se desarrollan en este tipo de salas generan una gran energía sonora en bajas frecuencias que, de no ser absorbida, perjudica la claridad musical.

La claridad musical e inteligibilidad de la palabra se ven disminuidas en general por el nivel de la reverberación natural sobre el nivel del sonido directo. En la audiencia más cercana a las fuentes sonoras esto no suele ser un problema porque el sonido directo será de mayor nivel. Pero a partir de una distancia crítica el sonido directo disminuye bajo el sonido reverberante y comienzan a evidenciarse problemas de inteligibilidad o claridad. Esto se podría resolver mediante el uso de refuerzo sonoro distribuido, como los usados habitualmente en iglesias o centros comerciales, pero no es el caso habitual de los espectáculos como conciertos de música popular. En este tipo de conciertos se puede utilizar además del sistema general de PA cercano al escenario un sistema adicional, conocido como torre de delay, pero no es común abusar de este recurso adicionando más de una o dos torres debido a razones técnicas.

Por otra parte las primeras reflexiones sonoras, que en salas de música no amplificadas suelen ser beneficiosas, juegan un papel de perturbación en la audiencia en estas salas de dimensiones bastante mayores. Sucede que en estas salas de música amplificadas las reflexiones llegan con nivel sonoro elevado y separadas varios cientos de milisegundos respecto al sonido directo percibiéndose como ecos no deseados. Este análisis ha sido el punto de partida en diseños de importantes salas como el estadio Ámsterdam Arena de

hasta 70.000 espectadores o la sala Heineken Music Hall de hasta 5.500 espectadores, ambas en Holanda (Ver Laytenbach et al., 2007).

### **Ruido de fondo**

El ruido de fondo es otro de los parámetros relacionados con la claridad y la inteligibilidad de la música y la palabra respectivamente. En este tipo de salas no es uno de los factores más importantes debido a que en general la música popular genera un nivel sonoro elevado y no posee grandes cambios dinámicos, es decir, ese nivel es más bien constante y generalmente no se evidencian pasajes musicales en planos sonoros de bajo nivel.

Generalmente en grandes eventos de música popular el mayor ruido de fondo es generado por los mismos espectadores. Pero es deseable asegurar que no sea demasiado alto el ruido de fondo debido al equipamiento del edificio (por ejemplo el ruido de generadores eléctricos de ventiladores y también el aerodinámico generado en los conductos de inyección y propagados por los difusores).

Un criterio adecuado para el ruido de fondo debido al equipamiento es el sugerido por la norma IRAM 4070/2008 para estudios de TV y salas de música, no solo como sala de música pero también teniendo en cuenta que los espectáculos que se desarrollan en este tipo de salas muchas veces son transmitido por TV. Este criterio corresponde a un perfil de ruido entre NC 20 y NC 25 que corresponde aproximadamente a entre 30 dBA y 35 dBA.

## **RESUMEN: PROYECTO ACÚSTICO PARA GRANDES SALAS DE MÚSICA**

A continuación se enumeran las tareas dentro de cuatro áreas del diseño acústico teniendo en cuenta la interacción mínima necesaria con especialistas en otras áreas.

1. Objetivos de inmisión de ruidos en vecindario
  - a. Determinación de los requisitos legales de inmisión de ruido. (Puede incluir medición de ruido de fondo, especialmente si se debe aplicar la norma IRAM 4062)
2. Control de ruido hacia el exterior
  - a. Diseño acústico de cubierta para techos (interactuar con especialista en estructuras)
  - b. Diseño acústico de muros (interactuar con especialista en estructuras)
  - c. Diseño acústico de puertas (interactuar con especialista en estructuras)
  - d. Diseño acústico de aberturas de ventilación (interactuar con especialista en ventilación)
3. Acústica interior de la sala
  - a. Diseño acústico para el control de la reverberación y las reflexiones interiores (interactuar con especialistas en estructuras, interiores, incendio y otros)
4. Control de ruidos en el interior de la sala
  - a. Diseño acústico para el control del ruidos del equipamiento interior (interactuar con especialista en ventilación y en estructuras)

Cabe aclarar que el grupo de tareas 1 está relacionado generalmente con los niveles de ruido de fondo y es necesaria una medición de ruido de fondo por bandas de frecuencia de 1/1 octava o menor fracción.

Los grupos de tareas 2, 3 y 4 necesitan cada uno de ellos de un modelo físico matemático. Además las tareas 2 y 4, especialmente la 4, guardan cierta relación con la tarea 3 pues la claridad musical y la inteligibilidad de la palabra dependen no solo de la reverberación sino también del ruido de fondo. Es oportuno añadir que los modelos sencillos de acústica interior, como el modelo estadístico de Sabine, no es necesariamente adecuado hasta haber probado que el campo sonoro es difuso pues es una condición importante del modelo y en general no siempre alcanzable en este tipo de salas especialmente por las reflexiones sonoras iniciales.

Además, es posible realizar auralizaciones de las diversas propuestas a modo de facilitar comparación de soluciones y entendimiento de los objetivos perseguidos por el proyecto. Estas auralizaciones pueden incluir incluso comparaciones con otras salas existentes a modo de poder presentar información a posibles inversionistas u otros ejecutivos o personas a quienes se deba informar de los avances del proyecto y no necesariamente deban comprender los parámetros acústicos.

## Referencias

- Barron, M. (1993) "Auditorium Acoustics and Architectural Design" E & FN Spon
- IRAM 4062:2001 - Acústica - Ruidos molestos al vecindario. Método de medición y clasificación
- IRAM 4070:2008. Ruidos - Procedimiento para su evaluación utilizando las curvas NR
- Laytenbach, M., Jeringa, P., y Vercammen, M. , (2007) "Acoustics for large scale indoor pop events" Actas del International Symposium on Room Acoustics, Sevilla
- Nijs, L., Vries, D., (2005) "The young architect's guide to room acoustics" Acoust. Sci. & Tech. Vol 26(2)
- Ordenanza 46542:1972 sobre Ruidos Innecesarios y Excesivos. Municipalidad de Rosario, Argentina.
- Rojas, Jorge (2013) "Requerimiento Técnico De Foh" <http://patriagaucha.com.uy/wp-content/uploads/2010/10/RIDER-ROJAS.pdf>
- Wikipedia en Francés, consultado el 19/04/2013, "Zénith de Strasbourg"  
[fr.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A9nith\\_de\\_Strasbourg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A9nith_de_Strasbourg)