

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales

2017

Docencia
Investigación
Extensión
Gestión



DOCENCIA
INVESTIGACIÓN
EXTENSIÓN
GESTIÓN



Comisión evaluadora

Dirección general

Decano Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Dirección ejecutiva

Secretaría de Investigación

Comité organizador

Herminia ALÍAS
Andrea BENÍTEZ
Anna LANCELLE
Patricia MARIÑO

Coordinación editorial y compilación

Secretaría de Investigación

Diseño y diagramación

Marcelo BENÍTEZ

Corrección de texto

María Cecilia VALENZUELA

Impresión

BECOM S.I. - Obligado 311 -
Resistencia - Chaco -
becom-si@hotmail.com

Colaboradora

Lucrecia SELUY

Edición

Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad Nacional del Nordeste
(H3500COI) Av. Las Heras 727 |
Resistencia | Chaco | Argentina
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

Teresa ALARCÓN / Jorge ALBERTO / María Teresa ALCALÁ / Abel AMBROSETTI / Guillermo ARCE / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA / Gladys Susana BLAZICH / Walter Fernando BRITES / César BRUSCHINI / René CANESE / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Enrique CHIAPPINI / Mauro CHIARELLA / Susana COLAZO / Mario E. DE BÓRTOLI / Patricia DELGADO / Claudia FINKELSTEIN / María del Socorro FOIO / Pablo Martín FUSCO / Graciela Cecilia GAYETZKY de KUNA / Elcira Claudia GUILLÉN / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ / Delia KLEES / Amalia LUCCA / Elena Silvia MAIDANA / Sonia Itatí MARIÑO / Fernando MARTÍNEZ NESPRAL / Aníbal Marcelo MIGNONE / María del Rosario MILLÁN / Daniela Beatriz MORENO / Martín MOTTA / Bruno NATALINI / Carlos NÚÑEZ / Patricia NÚÑEZ / Susana ODENA / Mariana OJEDA / María Mercedes ORAISÓN / Silvia ORMAECHEA / María Isabel ORTIZ / Jorge PINO / Nidia PIÑEYRO / Ana Rosa PRATESI / María Gabriela QUIÑÓNEZ / Liliana RAMÍREZ / María Ester RESOAGLI / Mario SABUGO / Lorena SÁNCHEZ / María del Mar SOLÍS CARNICER / Luciana SUDAR KLAPPENBACH / Luis VERA.

ISSN 1666-4035

Reservados todos los derechos.

Impreso en BECOM S.I., Resistencia, Chaco, Argentina.

Octubre de 2018.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores.

Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.



ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA EN RECINTOS DE ORATORIA Y MÚSICA EN VIVO: EL CASO DEL EX CINE MARCONI DE LA CIUDAD DE RESISTENCIA, CHACO

CHAMORRO, David G. (1);
KISZKA, María J. (2);
ZURLO, Hugo (3)
mariajosekiszka@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es aportar a la unidad de acústica arquitectónica que se desarrolla en la cátedra Instalaciones 2 de la carrera de arquitectura de la FAU-UNNE. Está basado en un estudio realizado a principios del año 2017 el emblemático ex cine Marconi de la ciudad de Resistencia (1938. Arq. Alberto Bogan). Se realizaron en el lugar una serie de mediciones con equipamiento pertinente, que acusaron resultados para obtener un diagnóstico del estado acústico del recinto estudiado. Finalmente, y teniendo en cuenta la finalidad para la cual sería usada, se llegó a un diseño para la intervención de dicha sala, con reformas para un correcto desempeño.

PALABRAS CLAVE

Acondicionamiento acústico; aislación acústica; confort.

OBJETIVO

A partir de mediciones se identificaron diversas condicionantes acústicas. Los resultados obtenidos acusaron los efectos desfavorables respecto del sistema electroacústico instalado actualmente.

INTRODUCCIÓN

La problemática de la ciudad de Resistencia referida al cuidado ambiental sonoro se repite en el interior de los recintos de amplia convocatoria, como bares, salones bailables, auditorios, etc., que son altamente contaminados por el ruido exterior, sumado a los elevados niveles de presión sonora que en ellos se genera. La ciudad de Resistencia ha crecido de manera pujante en los últimos cincuenta años. Con la llegada de universidades, hoteles y empresas de origen nacional e internacional se multiplicó su población, que llegó a superar al crecimiento de la infraestructura vial, y generó una demanda importante de nuevos centros de recreación y esparcimiento. Así también, los horarios de mayor actividad productiva se extendieron de manera que cuesta determinar un cese de sonidos en la vía pública. Entre las actividades habituales, como por ejemplo construcción, tránsito, publicidad callejera, etc., y las actividades eventuales, como

(1) UNNE. Facultad de Artes, Diseño y Ciencias de la Cultura. JTP de Taller de Imagen y Sonido 1. FAU, Carrera de Arquitectura. Profesional adscripto en Instalaciones 2.
(2) UNNE. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Carrera de Arquitectura. Profesional adscripta en Instalaciones 2.
(3) UNNE. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Carrera de Arquitectura. Profesor titular de Instalaciones 2.

manifestaciones y accidentes viales, podemos deducir que se convirtió en una ciudad con un gran problema de ruido ambiental. Esto evidentemente es debido al crecimiento exponencial de la población, que superó la planificación de distribución de los puntos de convocatoria masiva, como juzgados, centros de gobierno y centros recreativos, los cuales aún se concentran en el perímetro del casco céntrico urbano.

Este "ambiente sonoro" se proyecta en el interior de hogares y recintos de amplia convocatoria, como bares, salones bailables y salas de oratoria, entre otros, donde encontramos que se plantean, en la mayoría de los casos, ambientes altamente contaminados

por el ruido exterior sumado a los elevados niveles de presión sonora que dentro de ellos se generan, ya sea por sistemas electroacústicos de amplificación como por actividades varias y el habla cotidiana de personas que se encuentran dentro de dicho recinto.

Las condiciones que nos ofrece la ciudad de Resistencia desde el punto de vista sonoro afectan de manera directa al confort del ciudadano, tanto en el exterior como en el interior de cada recinto. Pero la problemática se proyecta aún más allá, y afecta directamente el plano de salud y bienestar.

En nuestro artículo, desarrollaremos el problema acústico planteado en un recinto de amplias dimensiones, que no se encuentra utilizado con el fin para el cual fue construido y cuenta, además, con un sistema electroacústico de amplificación no adecuado para su infraestructura. En el caso estudiado podemos destacar que su diseño no contempla un sistema de amplificación electroacústica de las características como el que posee, esto acusa por demás unas condiciones muy desfavorables para el uso para el cual se proyecta actualmente dicho recinto.

DESARROLLO

En este documento buscamos dejar plasmado el resultado de un trabajo de medición y cálculos que nos lleve a caracterizar las condiciones acústicas del recinto "auditorio ex cine Marconi". Esto nos permitirá sugerir modificaciones mínimas en su in-

fraestructura con el fin de mejorar dichas características y adecuarlas a un fin determinado, sobre la base de lo que los directivos de esta institución requieren, que consiste en conseguir adecuar el recinto para oratoria, música funcional y música en vivo, con uso de un sistema electroacústico de amplificación. Se buscará, en este sentido, llegar a un consenso de requerimientos con base en las posibilidades de dicha institución, siempre con el fin de un resultado óptimo.

Características del recinto Infraestructura

- Altura: 10 metros.
- Superficie: de 16 m de ancho por 22 m de largo.
- Superficie total: 352 m².
- Capacidad: trescientas personas, en sillas de metal y plástico desnudo.
- Cuenta con un palco en forma de bandeja que cubre el tercio anterior del recinto, revestido en cemento, escalonado, donde se encuentra la cabina de control.
- El púlpito posterior es un escenario de 12 m de ancho por 4 m de profundidad, y se continúa con divisiones varias.
- El volumen total del salón es de 3520 m³
- Las paredes laterales están revocadas con cemento y pintadas de látex.
- Las paredes laterales están cubiertas por paneles fonoabsorbentes de baja densidad en un cuarto de su superficie.
- La cubierta se conforma por un cielo raso cóncavo de malla y cemento. Se realizaron en dichas condiciones

las siguientes mediciones:

- Tiempo de reverberación TR60;
- Nivel de aislación (ruido exterior);
- Pruebas de articulación;
- Espectro de frecuencia.

TIEMPO DE CAÍDA DE REVERBERACIÓN DE 60 DB "TR60"

Después del período de las reflexiones tempranas, comienzan a aparecer las reflexiones de las reflexiones, y las reflexiones de las reflexiones de las reflexiones, y así sucesivamente, dando origen a una situación muy compleja en la cual las reflexiones se densifican cada vez más. Esta permanencia del sonido aún después de interrumpida la fuente se denomina reverberación. (Federico Miyara, 2003)

Para medir el tiempo que demora en desaparecer el sonido, es común utilizar una medición fraccionada del tiempo, el TR60, "... técnicamente definido como el tiempo que demora el sonido en bajar 60 dB por debajo de su nivel inicial..." (Federico Miyara, 2003) (figuras 1.1 y 1.2).

El principal factor para el diseño acústico es el tiempo de reverberación. Las opiniones varían considerablemente sobre cuál es el valor óptimo del tiempo de reverberación para un auditorio, para un uso particular; sin embargo, se puede decir que los tiempos de reverberación para un discurso o música grabada debieran ser lo más cortos posible, pues se está solamente interesado en el sonido directo y no en el reverberante; para música ligera



deben ser cortos y para un concierto y música deben ser largos. Con la medición de los tiempos de reverberación en auditorios que son considerados como poseedores de buenas cualidades acústicas, se puede llegar a una

relación entre el tiempo de reverberación "óptimo" para un uso particular y el volumen del auditorio. Debe aclararse que estas curvas son aplicadas solo como una guía y que la cantidad de dispersión de esas curvas es grande.

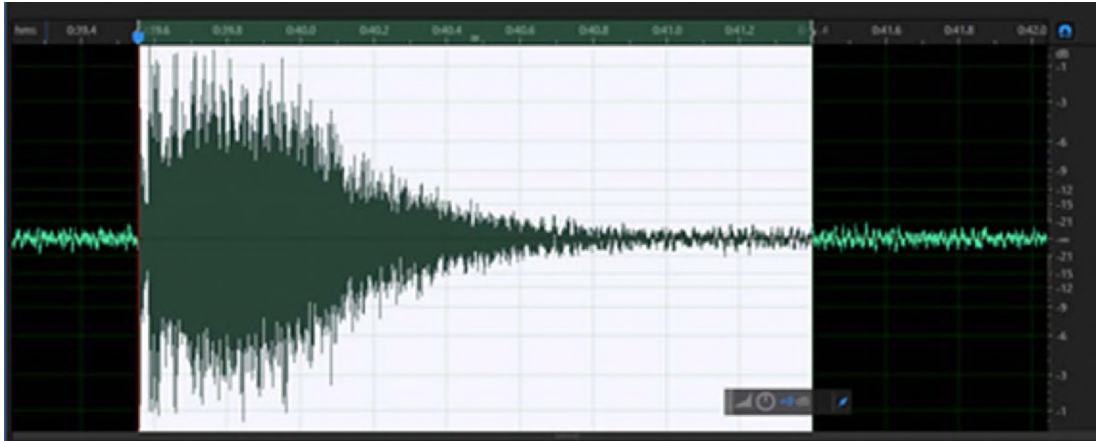


Figura 1.1. Tiempo de Reverberación en Auditorio (ex cine Marconi Resistencia): TR60: 2,06 segundos de duración

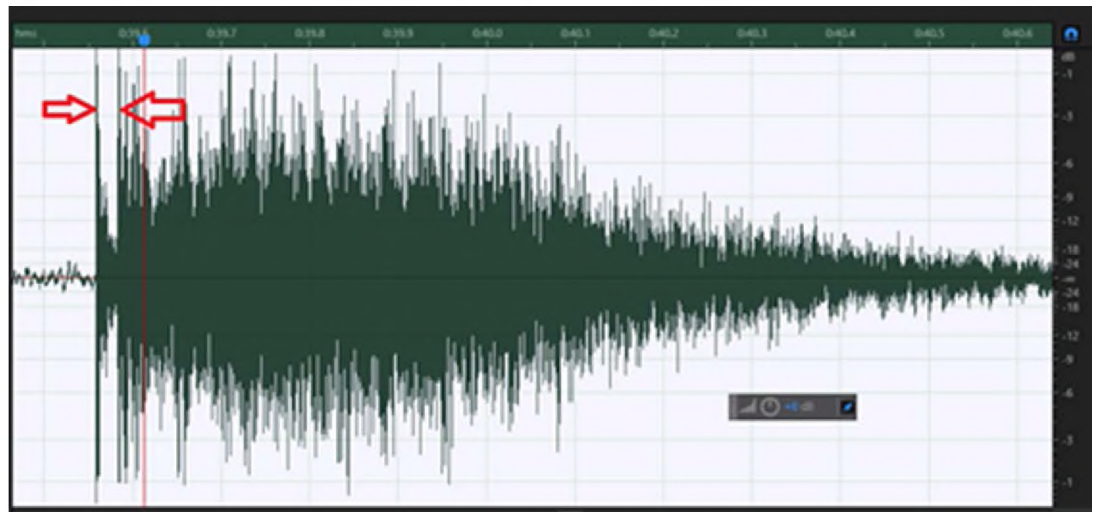


Figura 1.2. Presencia de delay

Curva de tiempos de tr60 sugeridos

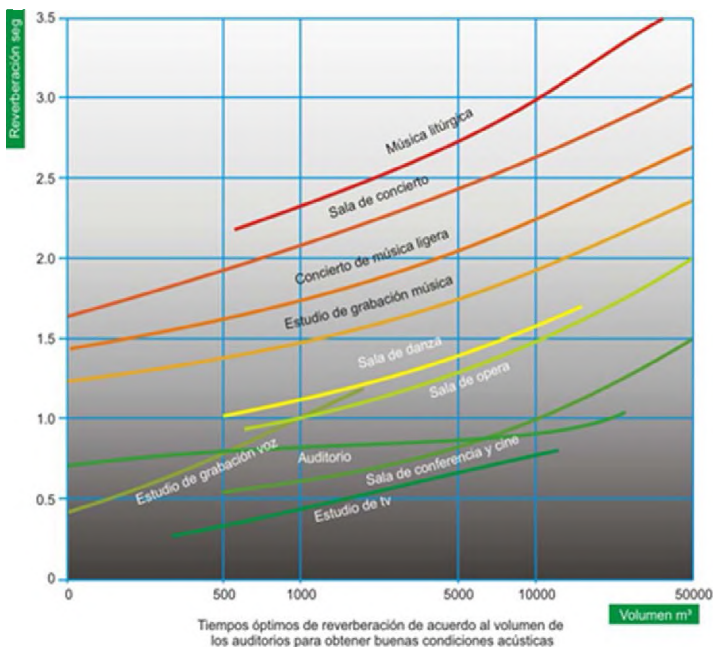
La presencia de reverberación en un recinto está directamente relacionada con la reflexión de las ondas sonoras en las superficies de este, lo que se hace aún más evidente en caso de existir paralelismo entre estas superficies, como es el caso de las paredes laterales entre sí y entre el techo y el piso.

Se produjo la medición correspondiente ante una fuente sonora ubicada en la parte anterior del escenario. En estas condiciones pudo apreciarse que las reflexiones considerables se producían entre la parte más alta del cielorraso y el piso desnudo, y se observaron también reflexiones tardías provenientes de las paredes laterales. En el gráfico de la derecha (Jesús Huizar) podemos ver los valores de TR recomendados para los distintos tipos de recintos.

La disminución de definición se da cuando la proyección directa de la fuente baja de nivel de volumen en relación con las distintas reflexiones, lo que nos lleva a percibir muy poco las consonantes. Evaluaremos las opciones más efectivas para disminuir las reflexiones verticales entre el techo y el piso.

NIVEL DE AISLACIÓN ACÚSTICA (nivel de ruido)

El nivel de aislación acústica es el resultado de las condiciones del recinto con el fin de atenuar los sonidos provenientes del exterior. En las condiciones en que se encontró el estableci-



TR 60 sugerido para el recinto: 0.8 segundos

miento en los distintos momentos de la medición, pudo apreciarse un nivel de ruido en el interior del auditorio menor a 30 db. Este valor acusa un mínimo de requerimientos para llegar a niveles de presión sonora efectivos en el interior del recinto. Vale destacar que el nivel de aislación acústica del recinto disminuye considerablemente en situaciones de lluvia o similares.

Presencia de delay en el recinto

En la figura 1.2 se puede apreciar la existencia de una primera reflexión correspondiente a la onda sonora que

retorna a la fuente después de 0.027 segundos. Teniendo en cuenta que la percepción del oído humano limita al eco por encima de un retardo de 0.010 segundos, nos encontramos con una primera reflexión de una onda sonora que regresa en forma de eco. Dicho retorno está además en un nivel de amplitud de volumen similar al percibido desde la fuente de manera directa. Las condiciones de esta primera reflexión generan un problema importante para la oratoria y la música en el recinto. Se buscará como principal objetivo cancelar estas reflexiones.



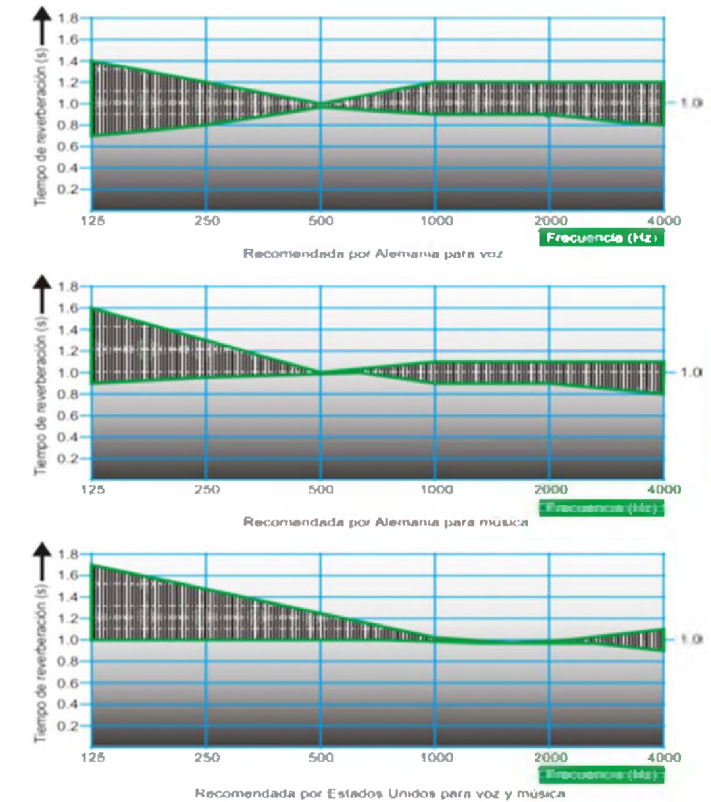
Los tiempos de reverberación también son considerados desde el punto de vista de las frecuencias; así podemos enfocarnos en algunas frecuencias que tienen más importancia en el momento de definición de un discurso o la música misma. De este modo, se tendrán en cuenta sobre todo estas frecuencias a la hora de modificar las condiciones acústicas del recinto.

A la derecha se puede ver una serie de gráficos (Jesús Huizar) sobre los cuales se basa nuestro estudio. Estos gráficos expresan el TR60 de las frecuencias de 500hz y 1000hz recomendado para cada utilidad. Se buscará entonces un promedio de TR60 para llegar al valor más versátil en el recinto.

Diseño de salas para la voz

En una sala con un tiempo de reverberación alto, el decaimiento energético de una vocal emitida es apreciablemente más lento que su decaimiento propio (aquel que se observaría si la vocal se emitiese en el espacio libre). Tal hecho, junto con la mayor duración y nivel comentados anteriormente, provoca un solapamiento temporal de la vocal con la consonante emitida inmediatamente después (Carrión, A., 1998).

Cuando se diseña una sala de conferencias, el criterio más importante es que el conferencista pueda ser pronto y distintamente escuchado por todos los miembros de la audiencia. Una medida cuantitativa del grado de claridad en varias posiciones en



Relación de los tiempos de reverberación de acuerdo con las frecuencias medias (500 - 1000 Hz)

la sala puede ser obtenida por medio de pruebas de articulación. Estas pruebas consisten en leer en voz alta desde la plataforma del conferencista una lista de palabras monosilábicas sin sentido. Las personas de la audiencia escriben lo que creen haber oído. Un análisis de los porcentajes de los vocablos que fueron correctamente escuchados es llevado a cabo

para dar el "índice de porcentaje de articulación" (PSA).

El lenguaje normal y fluido puede ser entendido aun cuando varias de las sílabas sean ininteligibles. Esto se debe al hecho de que la audiencia puede deducir el sentido de la oración. Aun si hubiera perfectas condiciones de audición, el máximo valor de PSA ob-



tenido es normalmente de cerca del 95 %, debido a algunos errores aceptables. Un PSA del 80 % hace posible que la audiencia entienda cada oración sin un gran esfuerzo. En una sala donde el PSA estuviera cerca del 75 %, el que escucha tendría que concentrarse para entender lo que se dice, mientras que en una que tuviera el 65 % sería muy pobre la inteligibilidad. Si no hay un sistema de amplificación presente, habrá básicamente cuatro factores que afecten la claridad de un discurso en una sala:

Uno: el nivel de ruido de fondo, que puede distraer el sonido deseado.

Dos: el nivel de presión de sonido producido en el oído del oyente por el conferencista. Este depende de la distancia entre el oyente y el conferencista, del volumen del cuarto y la naturaleza de lo que rodea al conferencista.

Tres: el tiempo de reverberación; en un discurso normal las sílabas fluyen rápidamente, a menos que cada sílaba decaiga rápidamente, lo que tenderá a disfrazar a aquellas que le siguen. Por lo tanto, el tiempo de reverberación no debe ser muy largo. Por otro lado, si el tiempo de reverberación tiende a cero, la ausencia de los componentes reflejados restringe severamente la porción del cuarto en la que el conferencista puede ser oído a una intensidad suficientemente alta para una buena inteligibilidad.

Cuatro: la forma del cuarto, que debe haber sido diseñada para: 1) evitar ecos y puntos muertos y 2) que cada miembro de la audiencia tenga una buena visibilidad del orador; por esto, la articulación no será afectada.



Onda estacionaria entre los 2800 hz a 12000 hz

Buscaremos reducir el TR60 y el volumen de esta onda.

Un compromiso, por lo tanto, tiene que ser hecho entre una pérdida de definición debida a demasiado sonido reflejado y una pérdida de intensidad sonora debida a la excesiva absorción en los límites del cuarto.

Espectro de frecuencia

En el gráfico de arriba, resultado de la medición de ruido blanco en el recinto en cuestión, puede apreciarse un elevado aumento de ciertas frecuencias, producto de las resonancias de estas en el recinto, que terminan sumándose por fase y manteniéndose en el tiempo, y generan así una disminución de la inteligibilidad de un discurso, tanto así como de la música, sin tener en cuenta que esto también se traduce en problemas de amplificación en caso de usar un sistema electro-acústico. A

esta banda de frecuencias se la denomina **onda estacionaria**, y se buscará disminuir su TR60 tanto como su amplificación por fase.

Sugerencias para el mejoramiento de las condiciones acústicas del recinto auditorio ex cine Marconi

Se recomienda la intervención de un profesional para modificaciones más precisas en cuanto a sentido técnico y estético por medio de una refacción de la infraestructura interna del auditorio. Sobre la base de los resultados obtenidos tras efectuar distintas mediciones, pudimos evaluar las soluciones más efectivas con el fin de conseguir un mejoramiento de las condiciones acústicas del recinto.

Para el fin de conseguir un audito-



rio preparado para funciones como oratoria, música funcional editada y música en vivo, se recomiendan las siguientes modificaciones:

Reducir el TR60

Disminuir las reflexiones verticales cambiando el recorrido de las ondas con el uso de una plataforma absorbente (*nube acústica*) entre el cielorraso y el piso. Esta plataforma no puede tener dimensiones menores a un tercio de ancho y la mitad de largo respecto del recinto. Deberá contar, además, con distintas densidades y un coeficiente de absorción elevado.

Se recomienda para esto el uso de placas de yeso y telgopor perforadas, y estar recubierta en su parte superior por lana de vidrio y similar. La finalidad de esta plataforma es disminuir el recorrido de las ondas a medida que reducen su volumen en el trayecto gracias a los materiales absorbentes.

Reducir la onda estacionaria

Para disminuir la prolongación y aumento de volumen de estas frecuencias, se recomienda el recubrimiento de las paredes laterales con material absorbente.

Material sugerido para atenuar estas frecuencias

Tela de cortina gruesa volada al 100 %, (coeficiente de absorción: entre 0.8 y 0.9).

Para reducir esta onda estacionaria, será necesario contar con paredes laterales cubiertas de cortinas:

Superficie total de 2 paredes: 440 m². Esto reduce en un 70 por ciento las frecuencias entre 2000 y 3500 hz.

RESULTADOS

Se encontró que el diseño original del recinto contempla todos los detalles necesarios para contar con óptimas condiciones acústicas, suponiendo que se hayan retirado butacas originales y revestimiento. Estas condiciones originales, sin embargo, no podrían haber sido las necesarias para afrontar los nuevos requerimientos, ya que la función principal de lugar ha cambiado notablemente. Las necesidades actuales son acondicionar el recinto para la oratoria y música en vivo, lo que propone una direccionalidad distinta del sonido hacia el espectador (en un solo sentido desde el frente).

El sistema electro-acústico instalado no es el adecuado para las dimensiones del recinto, lo que genera un exceso de reflexiones tempranas en la pared de la fachada. La forma del cielorraso genera un "Efecto Domo" que direcciona las reflexiones de onda de una manera muy desfavorable para la definición de la palabra.

BIBLIOGRAFÍA

CARRIÓN, A. (1998) Diseño acústico de espacios arquitectónicos. *Edicions UPC*.

HUIZAR, Jesús. "Acústica en los recintos".

MIYARA, F. (2003) *Acústica y sistemas de sonido*. Universidad Nacional de Rosario.

