

DISEÑO DE SALA DE CONCIERTOS CON ABSORCIÓN DE BUTACAS

AMDEN, PABLO - DE BORTOLI, LUCIANO - EIROA LEANDRO
- GALIMBERTI, JULIAN - KAPLUN, TOMAS

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina
pabloamden@gmail.com

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina
luciano.nicolas.de.bortoli@gmail.com

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina
leangef@gmail.com

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina
juliangalimberti@gmail.com

Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina
tomaskaplun@gmail.com

RESUMEN *Este trabajo se diseña una sala de conciertos teniendo en cuenta la absorción de las butacas. Se realiza la comparación entre dos modelos de butacas. Los resultados obtenidos verifican que un cambio de butaca influye en el tiempo de reverberación final de la sala.*

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se intenta diseñar una sala de concierto para 3000 personas considerando la absorción de butacas y panel resistivo. Se realizan los cálculos utilizando un modelo y luego el siguiente para realizar una comparación entre los dos modelos de butacas y su influencia en el tiempo de reverberación de la sala. Los cálculos se realizan por bandas de tercio de octava, para los centros de banda en 125, 250, 500, 1K, 2K, 4K y 8K Hz. Las superficies como el suelo y paredes se considerarán de ladrillo pintado revocado con un coeficiente de absorción cercano a 0.

METODOLOGÍA APLICADA

A modo de simplificar el diseño, se parte de un modelo basado en el tipo de sala shoebox. Se realizan cálculos estimativos sobre la capacidad necesaria de la sala para acomodar 3000 personas concluyendo rápidamente que el tipo de sala no es apropiado. Esto es porque se debe tomar en cuenta el criterio de sonoridad G, que limita la distancia entre escenario y último espectador a 40 metros. Como el ancho de sala de un shoebox debe ser considerablemente menor al largo, la superficie final queda restringida para ubicar la cantidad de asientos requeridos. Esto se puede conocer simplemente con calcular el ancho y largo que ocupa cada butaca, teniendo en cuenta consideraciones de claro libre entre butacas y ancho de pasillos según el código de edificación para salas de espectáculos públicos [1]. Se considera entonces el diseño de un fan-shape. Esto implica definir un radio y un ángulo abertura que permita acomodar a la cantidad de gente necesaria. Utilizando el cálculo de área equivalente de butacas se puede aproximar la superficie necesaria del fan-shape, y en consecuencia, su ángulo. El ángulo encontrado en este caso es de más de 180° de apertura total, de forma que será similar a un anfiteatro. Sin embargo, para simplificar el diseño, la curva se subdividió en segmentos rectos. La altura del recinto queda libre para ser variada en función del tiempo de reverberación buscado y la relación volumen por persona que se prefiera. El tiempo de reverberación buscado se puede determinar según la Figura 1, en donde se contrastan los diferentes usos de sala asociados al volumen total necesario.

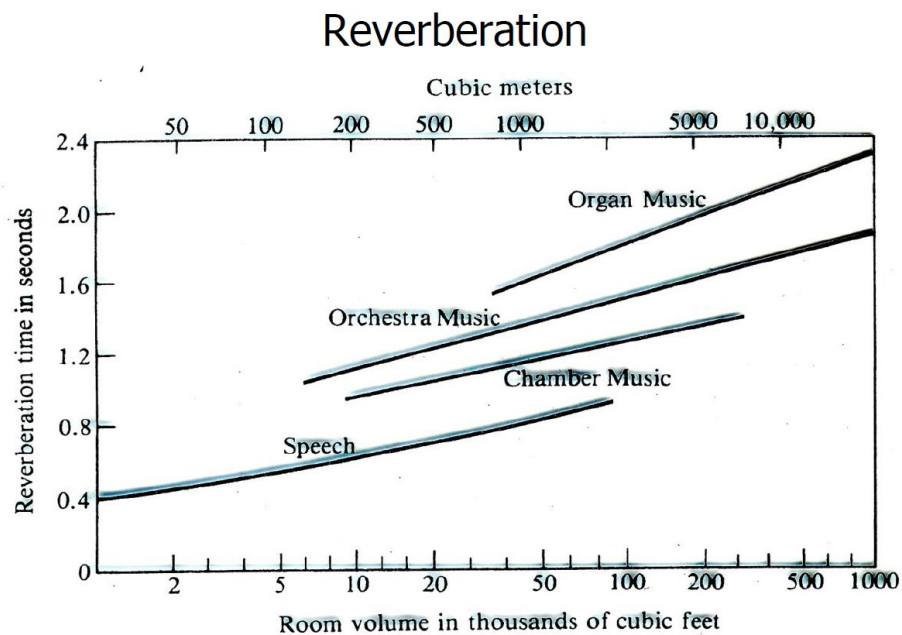


Figura 1: Tiempo de reverberación buscado

Así mismo, se puede utilizar la ecuación de Beranek [2] que estima el tiempo de reverberación para la banda de 500 Hz mediante la ecuación (1).

$$TR_{op\ 500Hz} = 0.2 + 0.46052 \log(V) \quad (1)$$

Luego aplica una tabla de factores asociados al resto de las bandas. Esto se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Factores de TR Óptimo

| Banda de tercio | Factor |
|-----------------|--------|
| 125 | 1.46 |
| 250 | 1.13 |
| 500 | 1 |
| 1000 | 1.05 |
| 2000 | 1.05 |
| 4000 | 1.05 |
| 8000 | 1.05 |

Para una capacidad de 3000 personas y un volumen por persona de 10 m^3 se estima un volumen aproximado en 30000 m^3 , por lo que se obtiene un TR óptimo para 500 Hz de 1.9 segundos.

Una vez obtenidos los cálculos preliminares, se procede al diseño tridimensional de la sala, que servirá para obtener el cálculo de las superficies reales utilizadas en el modelo; de forma que se obtienen áreas de absorción equivalente más precisas. Para el diseño se consideran todos los puntos tratados en el código de edificación. Para la boca de escenario se considera un coeficiente de absorción de 0.5. Para los absorbentes resistivos se utiliza 50mm de lana mineral de 70 kG / m³, 300 milímetros en frente de la pared. Para las butacas, se decidió utilizar los modelos de butacas Rassegna, de 3 y 10 milímetros de espesor. Por último se buscan dos modelos de butacas de un fabricante para analizar la variación de absorción equivalente. Se obtiene los tiempos de reverberación por banda de octava definitivos mediante una hoja de cálculo de excel. Los coeficientes de absorción de cada material se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Coeficientes de absorción utilizados

| SUPERFICIE CONSTRUCTIVA MATERIAL | | ABSORPTION | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Suelo Escenario | Wood, stage floor, 2 l | 0.1 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | - |
| Suelo Inclinado | Audience floor, 2 laye | 0.09 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | - |
| Corredores | Audience floor, 2 laye | 0.09 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | - |
| Boca de Escenario | Criterio | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Pared Frontal | Brick wall, stuccoed | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Pared Trasera | Brick wall, stuccoed | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Techo | Ceiling on battens | 0.2 | 0.15 | 0.1 | 0.08 | 0.04 | 0.02 | 0 |
| Puertas | Solid wooden door | 0.14 | 0.1 | 0.06 | 0.08 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Absorbente resistivo | 50 mm mineral wool | 0.7 | 0.45 | 0.65 | 0.6 | 0.75 | 0.65 | 0.65 |
| Asientos (Desocupados) | Asientos Resegna 10 r | 0.21 | 0.63 | 0.96 | 0.85 | 0.77 | 0.9 | 0.96 |
| Aire | | 0.000 | 0.001 | 0.003 | 0.004 | 0.009 | 0.027 | 0.027 |

RESULTADOS

El auditorio diseñado se muestra en la Figura 2 y la Figura 3. Tiene un volumen total de 30142 m³. La distancia máxima a el ultimo espectador es menor a 40 metros para cumplir con el criterio $G > 0$ dB. La geometría de planta está diseñada conforme los criterios de edificación. Los valores de área absorción equivalente obtenidos con las superficies calculadas mediante Sketchup se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Área de absorción utilizados

| AREA DE ABSORCIÓN | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| PARAMERTO | AREA | ABSORCION | | | | | | |
| | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Suelo Escenario | 200 | 20 | 14 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 |
| Suelo Inclinado | 2800 | 252 | 168 | 140 | 140 | 140 | 112 | 0 |
| Corredores | 350 | 31.5 | 21 | 17.5 | 17.5 | 17.5 | 14 | 0 |
| Boca de Escenario | 280 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| Pared Frontal | 530 | 15.9 | 15.9 | 15.9 | 21.2 | 26.5 | 26.5 | 26.5 |
| Pared Trasera | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Techo | 2534 | 506.8 | 380.1 | 253.4 | 202.72 | 101.36 | 50.68 | 0 |
| Puertas | 30 | 4.2 | 3 | 1.8 | 2.4 | 3 | 3 | 3 |
| Absorbente resistivo | 600 | 420 | 270 | 390 | 360 | 450 | 390 | 390 |
| Asientos (Desocupados) | 1801 | 378.21 | 1134.63 | 1728.96 | 1530.85 | 1386.77 | 1620.9 | 1728.96 |
| Aire (Vol) | 30142 | 0.03782 | 0.11346 | 0.1729 | 0.15309 | 0.13868 | 0.16209 | 0.172896 |
| SUM (Desocupado) | 39267 | 1768.65 | 2146.74 | 2699.73 | 2426.82 | 2277.27 | 2369.24 | 2288.632896 |
| TR (Desocupado) | | 2.74 | 2.26 | 1.8 | 2 | 2.13 | 2.05 | 2.12 |
| TR (Desocupado Global) | | 2.16 | | | | | | |

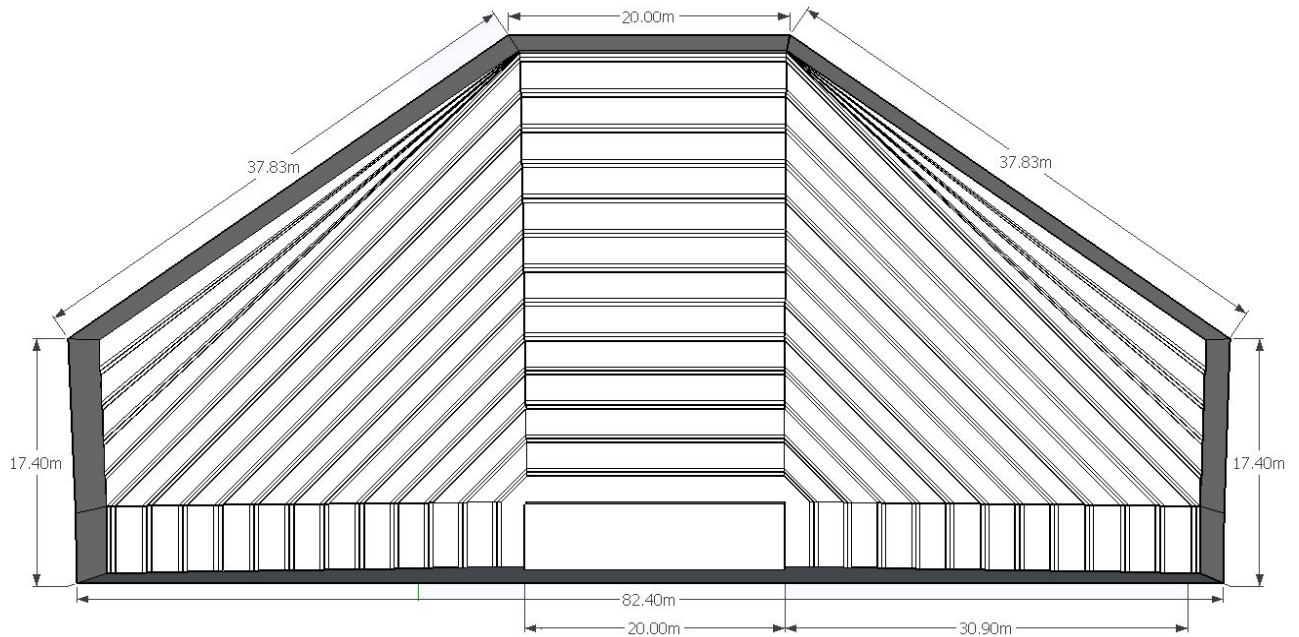


Figura 2: Diseño de Planta de Sala

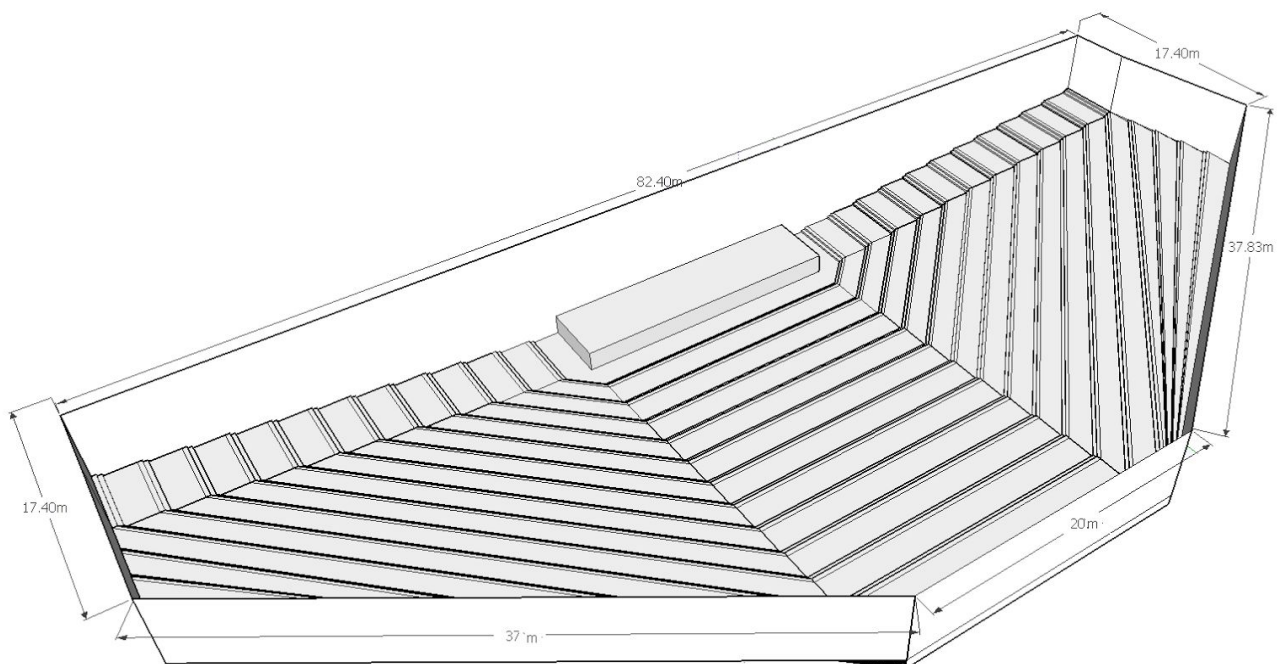


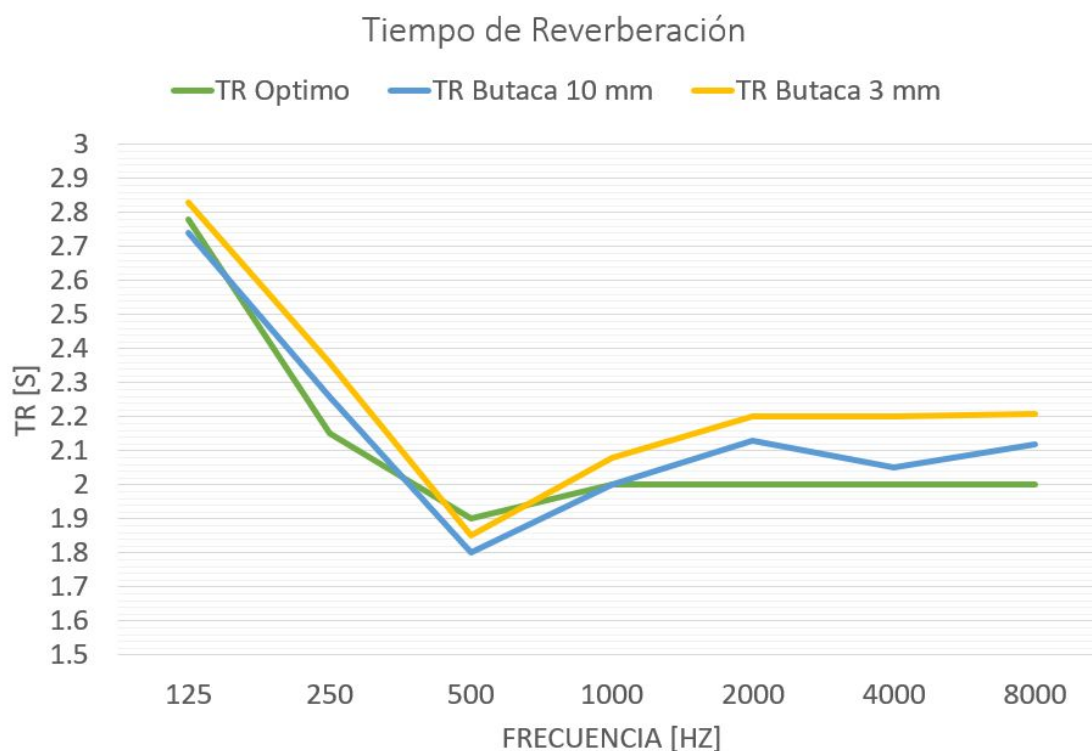
Figura 3: Diseño 3D de sala

La superficie de planta es suficiente para acomodar 3000 personas. Se elevó el techo de forma tal que el tiempo de reverberación final sea lo más similar posible al TR óptimo buscado. Los valores de tiempo de reverberación con dos modelos de butaca diferentes comparados con el tiempo de reverberación óptimo se muestran en la Tabla 4. Se observa que al elegir dos modelos de butaca se obtienen valores de tiempo de reverberación diferentes, pero no significativamente en este caso, debido a que se tomaron dos butacas del mismo fabricante solo considerando una variación del espesor de la butaca de 3 a 10 milímetros. Aún así, es notable la influencia de éste elemento.

Tabla 4: Resultados de tiempo de reverberación

| RESULTADOS | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Factor | 1.46 | 1.13 | 1 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| TR Óptimo [s] | 2.78 | 2.15 | 1.9 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| TR Butaca 10 mm [s] | 2.74 | 2.26 | 1.8 | 2 | 2.13 | 2.05 | 2.12 |
| Diferencia [s] | 0.04 | 0.11 | 0.1 | 0 | 0.13 | 0.05 | 0.12 |
| TR Butaca 3 mm [s] | 2.83 | 2.36 | 1.85 | 2.08 | 2.2 | 2.2 | 2.21 |
| Diferencia [s] | 0.05 | 0.21 | 0.05 | 0.08 | 0.2 | 0.2 | 0.21 |

Las curvas comparativas se muestran en la Figura 4.



Se observa que, debido al método de diseño, se obtuvieron curvas muy cercanas a los valores de tiempo de reverberación óptimos calculados según la ecuación de Beranek. El tiempo de reverberación con butaca de 3 milímetros de espesor es mayor que el tiempo de reverberación con butaca de 10 mm. El tiempo de reverberación para la banda de 125 Hz es significativamente mayor al del resto de las bandas. Ésta diferencia guarda estrecha relación con el volumen de sala elegido. Se recomienda el uso de paredes con resonadores sintonizados para lograr una curva más plana.

CONCLUSIONES

Se comprobó que el tiempo de reverberación de una sala es altamente dependiente del material absorbente utilizado, en particular, las butacas siendo el elemento que mayor influencia tiene. El uso de material absorbente en las paredes contribuyó a la reducción de tiempo de reverberación general.

REFERENCIAS

- [1] Código de edificación para Espectáculos Públicos, Buenos Aires.
- [2] “Modern Parameters” .Apuntes de clase, Instrumentos y mediciones acústicas.