

# INFORME

## DISEÑO DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO CLAVE DE SUR

**Asignatura:** Acústica Arquitectónica

**Nombre del docente:** Ing. Santiago Arroyo

**Nombre de los integrantes del grupo:**

Darwin Asanza

Arturo Arteaga

José Alberto Naspud

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. OBJETIVOS .....	4
III. DESARROLLO.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PROCEDIMIENTOS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1. DEFINICIÓN DEL RECINTO:.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. EQUIPAMIENTO UTILIZADO: .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. PASOS REALIZADOS: .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
RESULTADOS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
FRECUENCIAS CENTRALES MEDIDAS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
APLICACIÓN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV. CONCLUSIONES.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
VI. ANEXOS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El diseño acústico de una sala es un factor determinante para garantizar la calidad sonora de cualquier producción musical o audiovisual. En este caso particular, se estudia un recinto con dimensiones de  $X = 4,66$  m;  $Y = 10,89$  m;  $Z = 2,97$  m. Analizamos el recinto y en primer lugar determinamos que el ancho es 1,6 y la profundidad 3,7, por lo tanto, no cumple con el criterio de Bolt. Bajo estas condiciones generan problemas acústicos como una distribución irregular de los modos propios, tiempos de reverberación desbalanceados y, en consecuencia, un ambiente poco homogéneo que afecta la percepción del sonido dentro de la sala de ensayo de la Sinfónica.

Ante esta situación, se plantea una propuesta de diseño de acondicionamiento acústico orientada a corregir sus deficiencias acústicas. El enfoque principal será nivelar el tiempo de reverberación (RT60) en todo el espectro de frecuencias audibles, controlar los modos propios para evitar concentraciones indeseadas de energía sonora y lograr un espacio acústicamente equilibrado, capaz de responder coherentemente a los parámetros que requiere una sala de ensayo.

## II. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de acondicionamiento acústico para la sala de ensayo, de manera que se logre un espacio acústicamente homogéneo mediante la nivelación del RT60 y el control de los modos propios, garantizando una adecuada calidad sonora para la producción musical y audiovisual.

### **Objetivos específicos:**

- Analizar las características geométricas y acústicas actuales de la sala de ensayo, sometiendo la sala a una prueba de medición acústica y cálculos experimentales que determinan los modos propios y tiempo de reverberación mediante (Excel, REW y Amroc),
- Identificar los problemas relacionados con el incumplimiento del criterio de Bolt y los efectos de los modos propios en la respuesta acústica del recinto.
- Determinar los valores óptimos de RT60 para el tipo de sala, estableciendo como rango meta 0,4 a 0,8 segundos por medio de materiales absorbentes, difusores y elementos constructivos adecuados para nivelar el RT60 y tratar las frecuencias de resonancia.
- Diseñar una distribución del acondicionamiento acústico que permita el control de los modos propios y la obtención de una sala homogénea en su respuesta sonora diseñando la sala en el software SketchUp la sala, paneles acústicos y resonadores propuestos para una visualización clara y detallada del proyecto.

### III. OBTENCION DE PARAMETROS ACÚSTICOS

#### 3.1 Descripción de la Sala de Ensayo.

La sala de grabación seleccionada presenta unas dimensiones de  $X = 4,66$  m;  $Y = 10,89$  m;  $Z = 2,97$  m, lo que la convierte en un espacio relativamente compacto. La construcción de la sala es completamente rígida, con paredes, piso y techo de hormigón, lo que implica que no existe absorción acústica natural en el espacio. Esta característica genera un ambiente con un nivel elevado de reverberación y posibles reflexiones sonoras problemáticas, especialmente en frecuencias bajas, lo que puede afectar la claridad de las grabaciones si no se realiza un tratamiento acústico adecuado.

La sala cuenta con un acceso en el eje Y, una puerta de madera de 2 metros de alto por 1 metro de ancho. La presencia de esta puerta de material sólido que contribuye mínimamente a la absorción sonora, pero permite la entrada y salida de sonido hacia otros espacios. En el mismo eje encontramos 2 áreas abiertas de 2.10m x 0,20 m de alto; además en las paredes 1, 2 y 4 encontramos espejos y en la pared 1 un ventanal de vidrio de 2,10 m x 2m.

En su estado actual, la sala se encuentra sin paneles absorbentes, difusores ni ningún otro elemento de tratamiento acústico, pero, si encontramos elementos como parlantes pasivos, silletería, libreros y una repisa de MDF lo que la convierte en una sala compleja para realizar el cálculo y mediciones precisas ya que son componentes que son movibles dentro de la misma.

##### 3.1.1 Modos Propios de la Sala

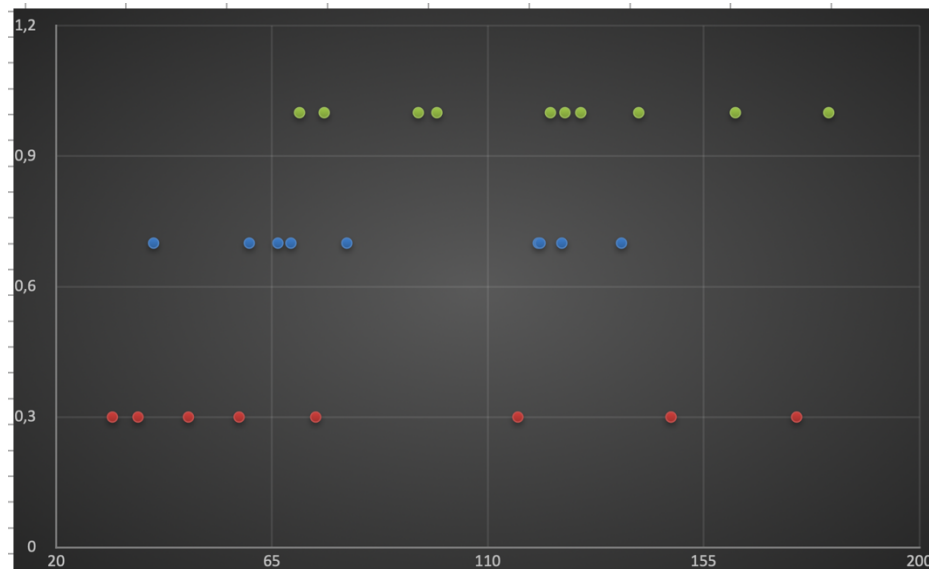
- Se ubicó el micrófono en 6 puntos de la habitación.
- Se generó con REW un barrido de frecuencias (Sweeps) de 20 Hz a 20 KHz.
- Se registró la respuesta en frecuencia en cada punto.
- Se extrajeron las frecuencias resonantes predominantes.
- Mediante una hoja de cálculo de Excel, AMROC y los resultados de REW determinamos las frecuencias críticas fundamentales de la sala.

MODOS PROPIOS DE UNA SALA				
Parámetros de Entrada		Volumen (V) [m <sup>3</sup> ]	Área (A) [m <sup>2</sup> ]	T60 (s)
Temperatura (°C)	23	150,72	50,7474	1,06
Ancho (X, l)	4,66			
Profundidad (Y, l)	10,89			
Altura (Z, l)	2,97			
Velocidad del sonido (c, m/s)	345,3			
MODOS	nx	ny	nz	ecuencia (Hz)
<b>AXIAL</b>				
	1	0	0	37,04936
	0	1	0	15,85399
	0	0	1	58,13131
	2	0	0	74,09871
	0	2	0	31,70799
	0	0	2	116,2626
	4	0	0	148,1974
	0	3	0	47,56198
	0	0	3	174,3939
	4	0	0	148,1974
<b>TANGENCIAL</b>	1	1	0	40,29893
	1	0	1	68,93406
	0	1	1	60,25445
	2	2	0	80,59786
	2	0	2	137,8681
	0	2	2	120,5089
	3	3	0	120,8968
	3	0	1	125,4318
	0	2	1	66,21666
	4	4	0	161,1957
<b>OBLICUO</b>	1	1	1	70,73368
	2	1	1	95,50507
	1	2	1	75,87688
	1	1	2	123,0488
	2	2	1	99,37437
	2	2	2	141,4674
	3	1	2	161,6238
	1	2	3	181,0837
	1	2	2	126,0756
	3	2	1	129,3775

### 3.1.2 Focalizaciones sonoras de la Sala

Para el siguiente análisis hemos tomado en cuenta factores como la velocidad de sonido de 345.3 m/s y una temperatura promedio de 23 C), basado en el uso que tiene la sala escogimos tres modos propios más críticos dentro de la sala que son  $-73$  [Hz] y  $69.9$  [Hz] sumado a esto sus armónicos.

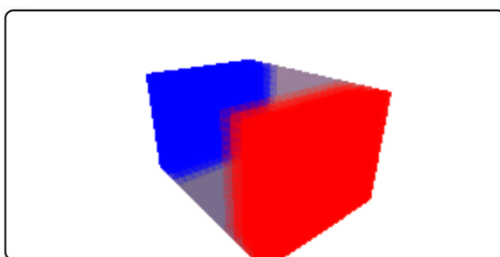
Eje	Dimensión (m)	Frecuencia fundamental (Hz)	# Armónicos (Hz) hasta 200 Hz
Ancho	4.66	36.5 [Hz]	73
Profundidad	10.89	40 [Hz]	80 - 120 - 160
Altura	2.97	70 [Hz]	141



Además, la sala presenta un T60 de 1,54 s, lo que indica una reverberación prolongada debido a la baja absorción de las superficies de cemento y las superficies reflectantes del ventanal y los espejos. Las focalizaciones de frecuencias se intensifican en graves y medios, ya que el material refleja casi todo el espectro sonoro. La falta de elementos absorbentes provoca acumulación de energía sonora, especialmente en las esquinas y ejes principales. La puerta, ubicada en la pared 4, ofrecen una ligera fuga de sonido que apenas mitiga el exceso reverberante. Sin embargo, esto genera un ambiente acústicamente desfavorable, con pérdida de inteligibilidad y refuerzos irregulares de frecuencias.

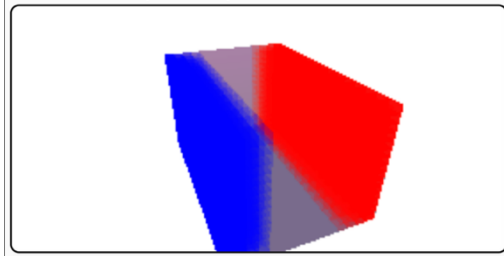
36, 73 Hz: modo axial asociado al mayor eje de la sala.

Ilustración 1



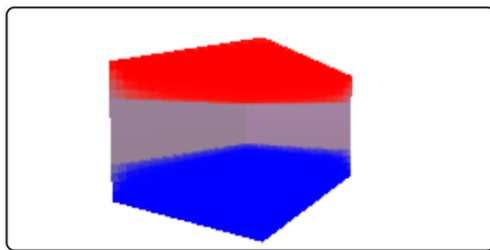
40, 80, 120, 160 Hz: resonancia ligada a la dimensión intermedia.

Ilustración 2



70,141 Hz: modo resultante de la combinación de ejes menores.

Ilustración 3



### 3.1.3 Tiempo de Reverberación de la Sala.

Teniendo en cuenta estos parámetros fundamentales en la caracterización acústica del recinto. Usamos el software REW para analizar el comportamiento energético del campo reverberante, permitiéndonos evaluar la adecuación acústica de la sala según su uso previsto.

La medición y/o cálculo del T60 se realizó por bandas de octava en las frecuencias centrales de 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz, conforme a los procedimientos establecidos en la norma International estándar ISO 3382-2.





Los resultados obtenidos en el REW y I-Simpa evidencian la relación entre el volumen de la sala y la absorción acústica total equivalente presente en sus superficies (paredes, techo, piso y y demás elementos contenidos). Valores elevados de T60 indican predominancia de superficies reflectantes y baja absorción, generando mayor persistencia sonora, mientras que valores reducidos reflejan una mayor capacidad de absorción acústica del espacio.

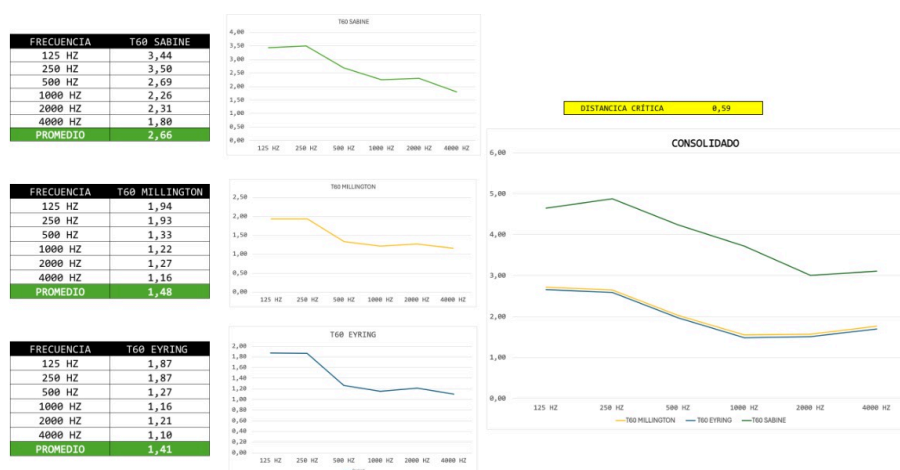
RESULTADOS DE REW Y I-SIMPA						
FRECUENCIA	I-SIMPA 1 -P1	I-SIMPA 1 -P2	I-SIMPA 2 -P1	I-SIMPA 2 -P2	I-SIMPA 3 -P1	PROMEDIO
125 HZ	1,68	1,71	1,68	1,70	1,76	1,71
250 HZ	2,02	1,77	1,83	1,79	1,68	1,82
500 HZ	1,62	1,62	1,65	1,49	1,51	1,58
1000 HZ	1,29	1,39	1,31	1,37	1,45	1,36
2000 HZ	1,34	1,45	1,43	1,47	1,60	1,46
4000 HZ	1,30	1,33	1,45	1,38	1,29	1,35
PROMEDIO	1,54	1,55	1,56	1,53	1,55	1,55

FRECUENCIA	REW 1 -P1	REW 1 -P2	REW 2 -P1	REW 2 -P2	REW 3 -P1	PROMEDIO
125 HZ	1,97	1,77	1,41	1,54	1,83	1,70
250 HZ	1,39	1,44	1,33	1,37	1,49	1,40
500 HZ	1,38	1,30	1,37	1,44	1,37	1,37
1000 HZ	1,32	1,28	1,23	1,22	1,24	1,26
2000 HZ	1,26	1,19	1,19	1,19	1,20	1,21
4000 HZ	1,08	1,05	1,05	1,09	1,12	1,08
PROMEDIO	1,40	1,34	1,26	1,31	1,38	1,34

CONSOLIDADO			
FRECUENCIA	T60 EYRING(EXCEL)	I-SIMPA (T30)	REW (T30)
125 HZ	1,89	1,71	1,70
250 HZ	1,87	1,82	1,40
500 HZ	1,27	1,58	1,37
1000 HZ	1,16	1,36	1,26
2000 HZ	1,21	1,46	1,21
4000 HZ	1,10	1,35	1,08
PROMEDIO	1,42	1,55	1,34

### 3.2 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS.



Se realizó el análisis modal del recinto con el objetivo de identificar los modos propios dominantes dentro del rango de bajas frecuencias. Como resultado, se determinó que la frecuencia fundamental axial de la sala se encuentra en 31 Hz.

Adicionalmente, se identificó una coincidencia modal entre un modo axial y uno tangencial en 59,89 Hz, lo que implica una posible acumulación significativa de energía en dicha frecuencia debido al refuerzo modal

A partir de este análisis preliminar, se concluye que el control de la energía en bajas frecuencias debe centrarse prioritariamente en la frecuencia fundamental del recinto. Por lo tanto, se propone la implementación de un resonador sintonizado en 31 Hz, con el fin de atenuar el modo axial dominante.

Al actuar sobre la frecuencia fundamental, también se contribuye indirectamente al control de sus armónicos superiores, reduciendo así la coloración modal y mejorando la respuesta en frecuencia del sistema dentro del recinto.

### **3.3 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA SALA.**

De acuerdo con los criterios establecidos en la ISO 3382 y con las recomendaciones para salas destinadas a ensayo musical con sistemas amplificados, el acondicionamiento acústico del recinto debe orientarse no solo al control del tiempo de reverberación (RT60), sino también a la optimización del parámetro de claridad C50, el cual evalúa la relación entre la energía sonora temprana (0–50 ms) y la energía tardía.

Para salas de ensayo de música moderna o amplificada, se recomienda un RT60 entre 0,4 s y 0,8 s, con un valor objetivo aproximado de 0,5 s en bandas medias (500 Hz – 1 kHz), lo que favorece valores de C50 positivos (> 0 dB), asociados a buena definición rítmica e inteligibilidad. En este tipo de recintos, un C50 comprendido entre +2 dB y +6 dB es indicativo de un adecuado predominio de energía directa y reflexiones tempranas sobre el campo reverberante tardío.