



“Acondicionamiento acústico de salas de reuniones y sala de ensayo, Campus Los Canelos, UACH”

Proyecto de acondicionamiento acústico - ACUS213

Daniela Narváez E.

Rafael Hayde P.

29 de noviembre de 2023



Tabla de Contenidos

1 Introducción

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

1 Introducción

1 Introducción

La importancia del acondicionamiento acústico radica en su capacidad para mejorar la experiencia auditiva de las personas que utilizan estos espacios. En el caso de las salas de reuniones, es imprescindible una óptima inteligibilidad de la palabra ya que la comprensión del mensaje oral es de suma importancia (Carrión Isbert, 1990).

En el contexto de una sala de ensayo de orquesta, el acondicionamiento acústico es crucial para lograr una reproducción fiel y equilibrada de los instrumentos musicales, permitiendo a los músicos escucharse entre sí y trabajar en conjunto de manera óptima.

Objetivos

1 Introducción

- **Objetivo General:**

Proponer un acondicionamiento acústico para dos salas de reuniones y una sala de ensayo de orquesta, en el Centro de Extensión Campus los Canelos, UACh.

- **Objetivos Específicos:**

- Caracterizar acústicamente las salas.
- Analizar los parámetros acústicos de las salas.
- Generar una propuesta de diseño de acondicionamiento acústico para optimizar el sonido de las salas.
- Comparar los resultados mediante recomendaciones internacionales.
- Elaborar un presupuesto del acondicionamiento acústico para cada sala.

Tabla de Contenidos

2 Antecedentes

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Geolocalización

2 Antecedentes

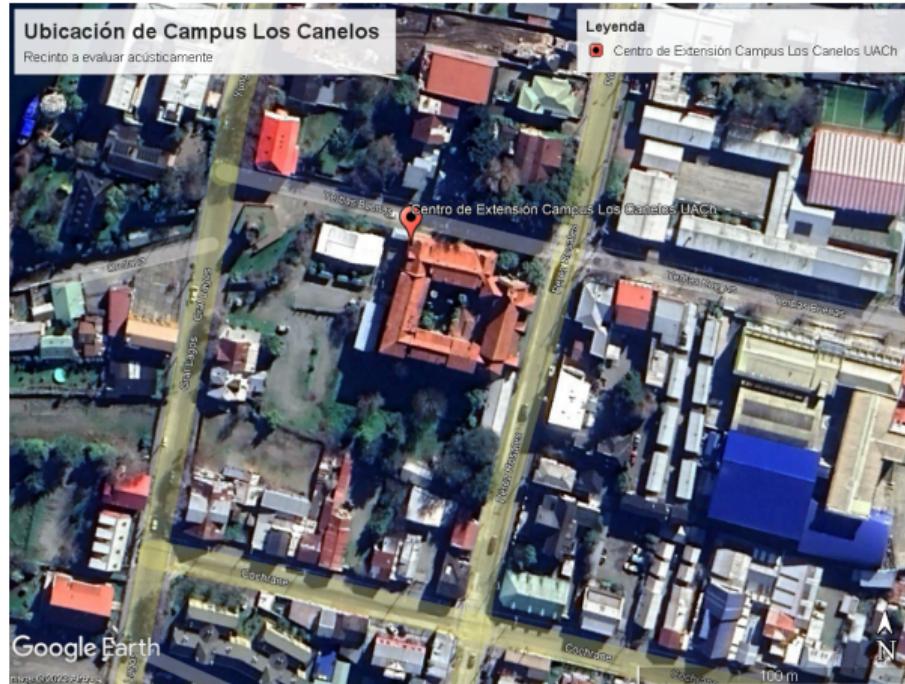


Figura: Geolocalización del lugar

Salones

2 Antecedentes



Figura: Sala de ensayo OCV.



Figura: Sala de reunión 1.



Figura: Sala de reunión 2.

El volumen de cada recinto se ven en la siguiente tabla

Salón	Volumen m^3
Sala de ensayo	179
Sala de reunión 1	115
Sala de reunión 2	101

Tabla: Volumen de salas

Tabla de Contenidos

3 Planificación

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Cronograma

3 Planificación

Esta planificación se plantea por semanas, desde la semana del 21 de agosto hasta la semana del 2 de diciembre del presente año.

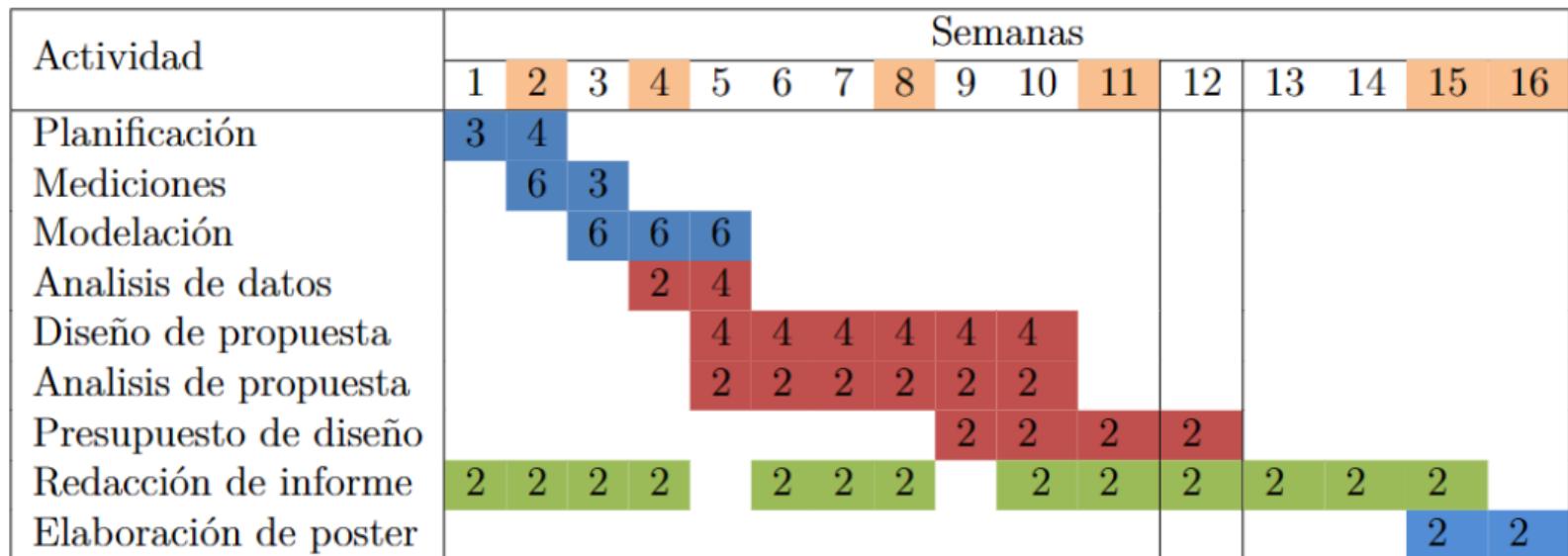


Figura: Carta Gantt del proyecto

Tabla de Contenidos

4 Metodología

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Medición de dimensiones de los recintos

4 Metodología

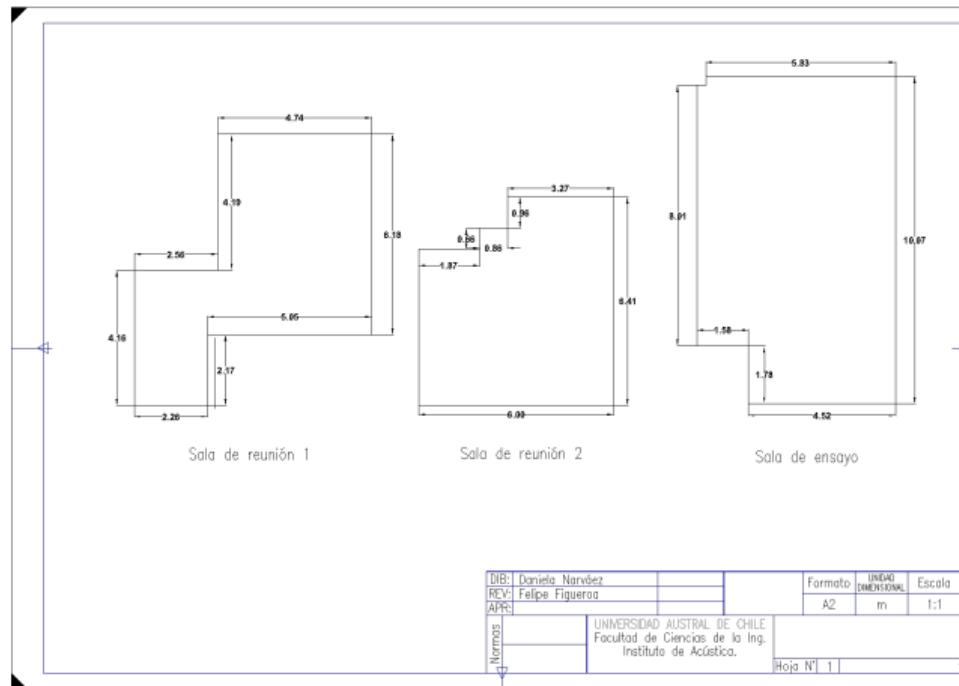


Figura: Planos de salas

Medición de parámetros acústicos de los recintos

4 Metodología

Para poder caracterizar acústicamente los salones se realizaron mediciones de ruido de fondo y tiempo de reverberación.



(a) Medición
de ruido de
fondo

(b) Medición
de tiempo de
reverberación

Figura: Mediciones de parámetros acústicos

Tabla de Contenidos

5 Recomendaciones

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Salas de reuniones

5 Recomendaciones

Parámetro	Uso	Valores	Fuente
Curvas NC	Para salas de juntas	25 - 30	Recuerdo
T_{target}	Speech/Lecture (A2)	0,6	DIN18041
$C_{50speech}$	Para la voz	$C_{50} > 0$	Marshall
STI	Transmisión del habla	$STI > 0,45$	ISO 9921

Tabla: Parámetros objetivos para salas de reuniones

Sala de ensayo

5 Recomendaciones

Parámetro	Uso	Valores	Fuente
Curvas NC	Salas de conciertos y teatros de ópera	20 - 25	Recuero
RT_{mid}	Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 - 1,7	Carrión
C_{80}	Para música sinfónica	$-2 < C_{80} < 2$	Marshall
D_{50}	Salas de concierto	$D_{50} < 0,5$	-

Tabla: Parámetros objetivos para sala de ensayo

Tabla de Contenidos

6 Parámetros acústicos obtenidos

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Ruido de fondo

6 Parámetros acústicos obtenidos

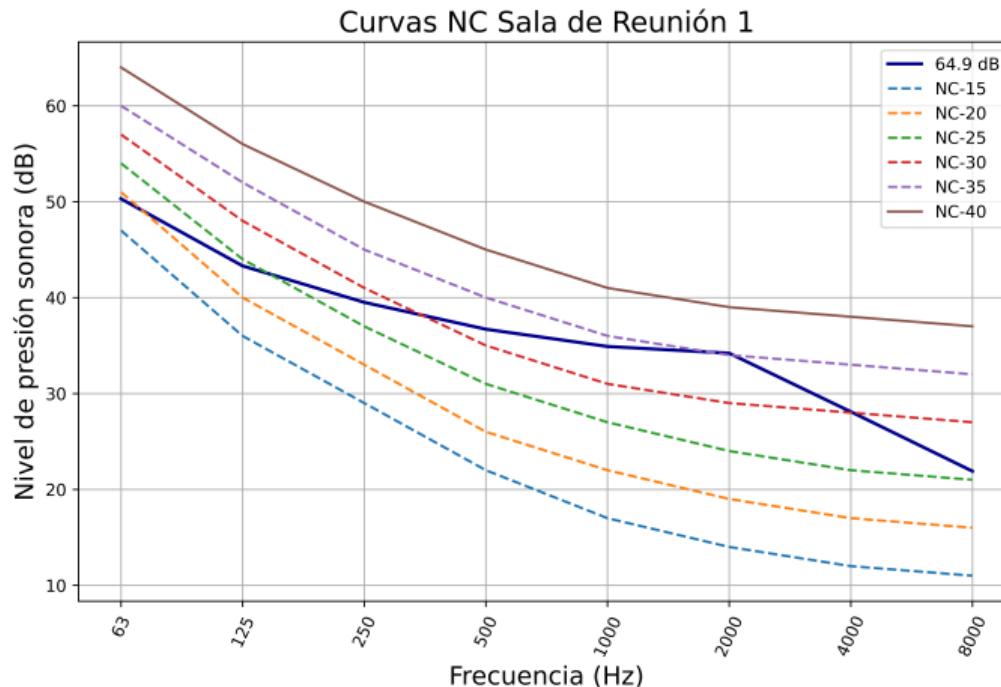


Figura: Curva NC Sala de reunión 1

Ruido de fondo

6 Parámetros acústicos obtenidos

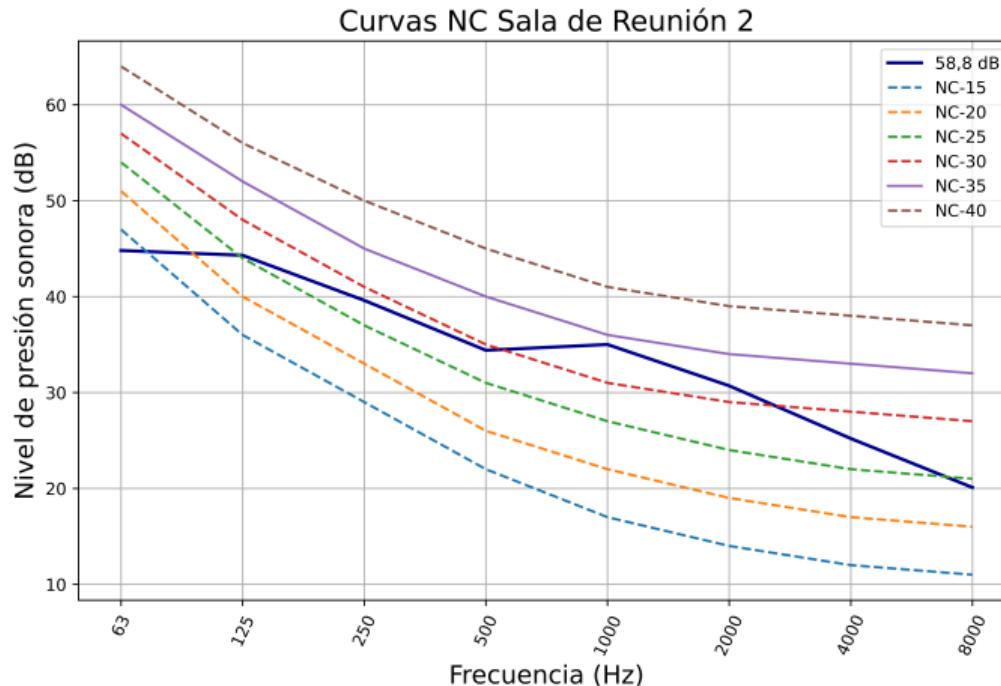


Figura: Curva NC Sala de reunión 2

Ruido de fondo

6 Parámetros acústicos obtenidos

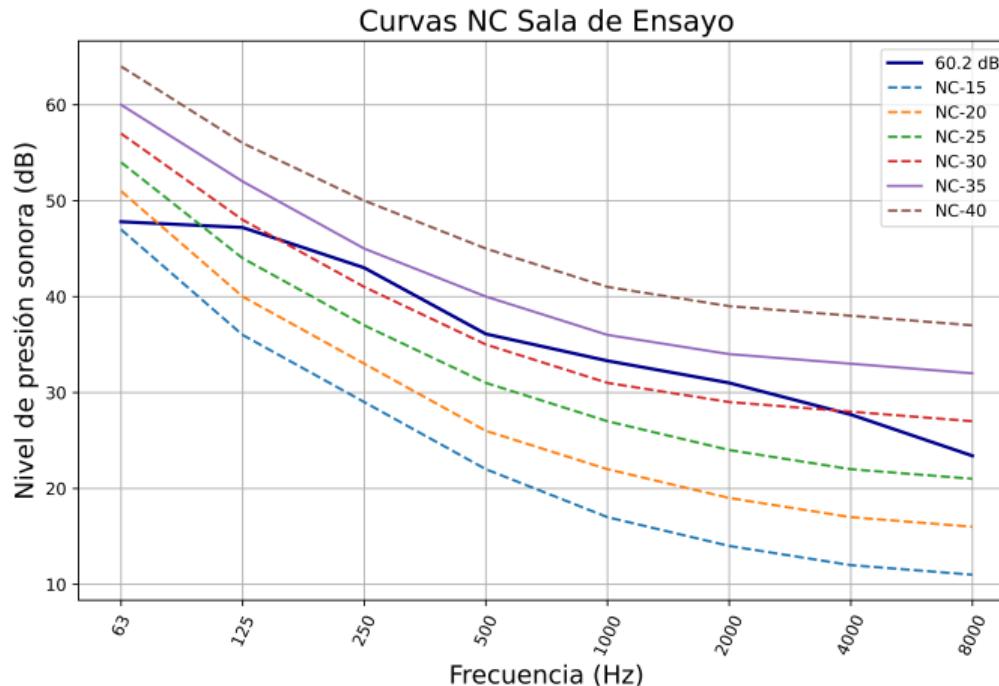


Figura: Curva NC Sala de ensayo

Ruido de fondo

6 Parámetros acústicos obtenidos

A continuación, se muestra una tabla donde se observa el estado de cada sala con respecto a lo recomendado.

Salones	Curva NC recomendada	Curva NC medida	Estado
Sala de reunión 1	25 - 30	40	No cumple
Sala de reunión 2	25 - 30	35	No cumple
Sala de ensayo	20 - 25	35	No cumple

Tabla: Estado de parámetros de ruido de fondo por sala

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

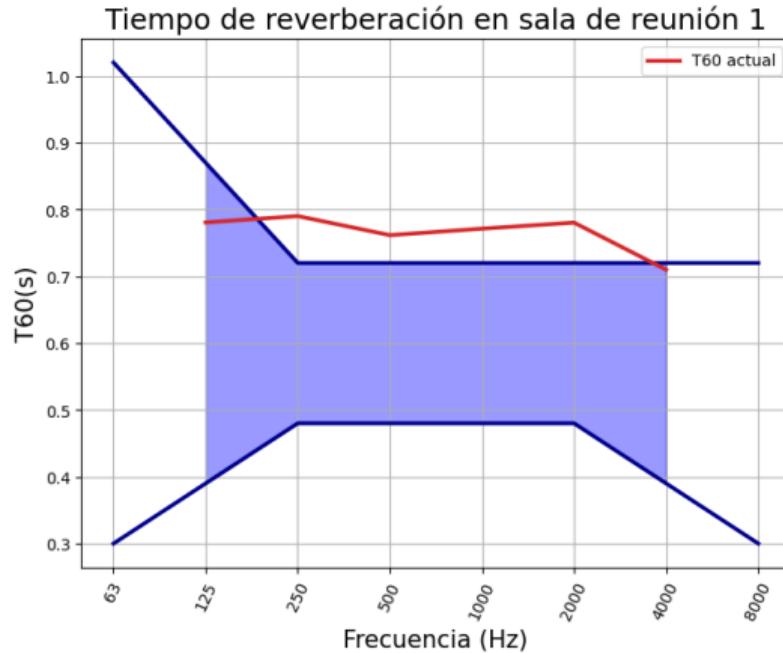


Figura: Tiempo de reverberación Sala de reunión 1

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

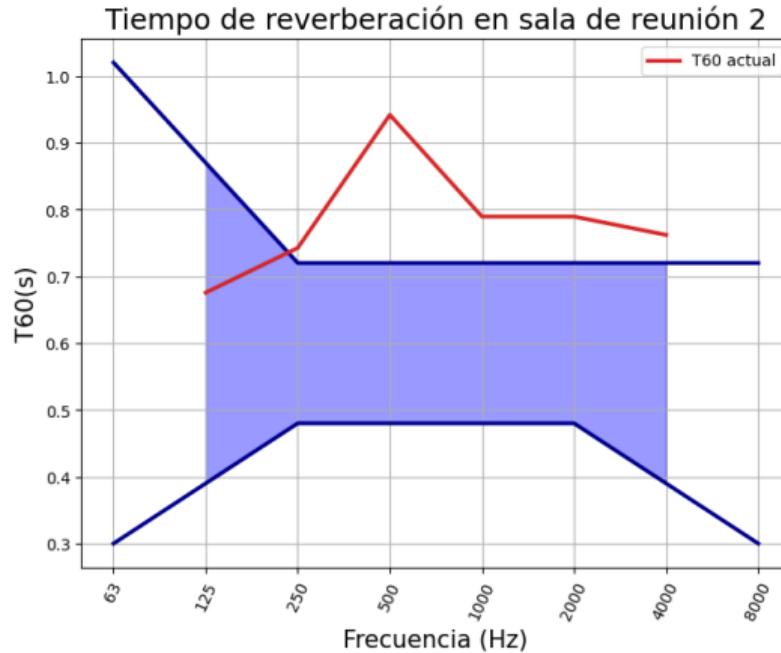


Figura: Tiempo de reverberación Sala de reunión 2

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

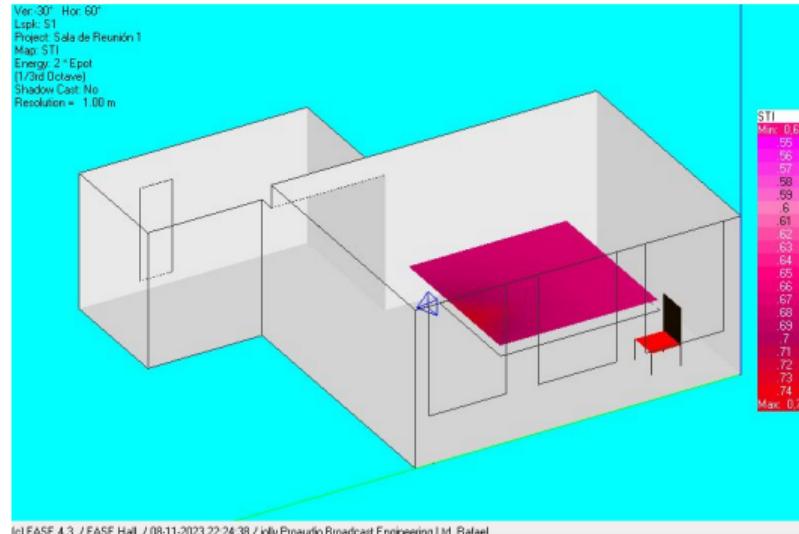


Figura: STI actual de Sala de reunión 1

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

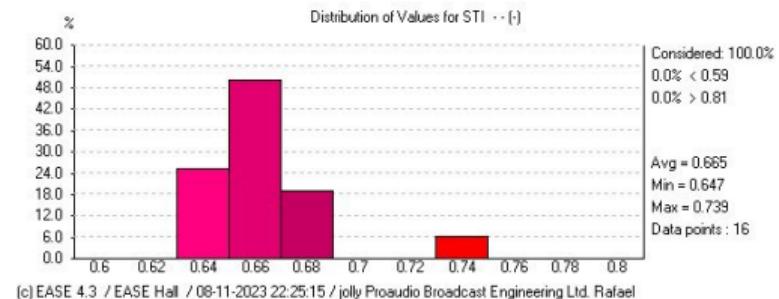


Figura: Distribución STI actual de Sala de reunión 1

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

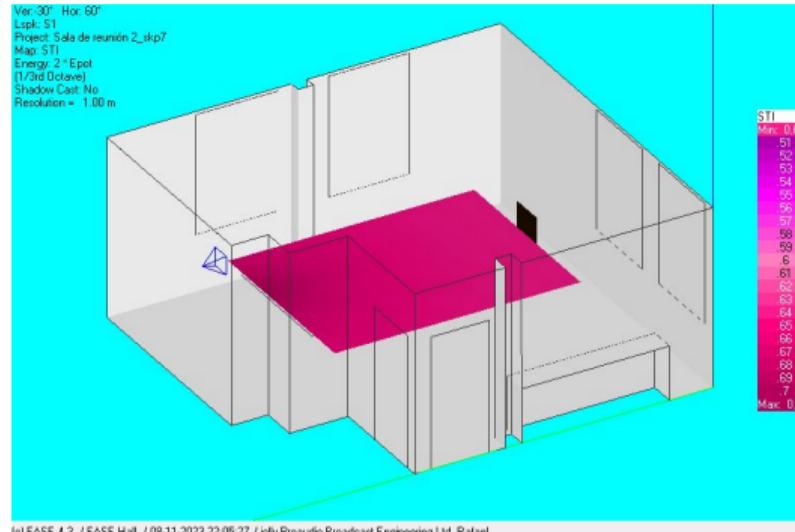


Figura: STI actual de Sala de reunión 2

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

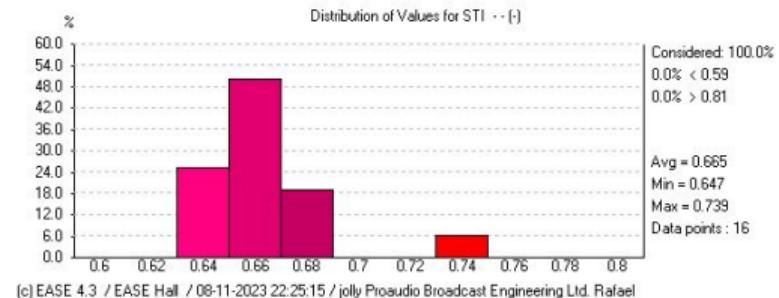


Figura: Distribución STI actual de Sala de reunión 2

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

A partir de los valores obtenidos de tiempo de reverberación, se determinaron parámetros como claridad y definición, parámetros que se compararon con los recomendados en la siguiente tabla

Parámetro	Recomendación	Sala de reunión 1	Sala de reunión 2
$T_{target}(s)$	0.6	No cumple	No cumple
$C_{50speech}$	$C_{50speech} > 0$	1.79	0.89
STI	$STI > 0.45$		

Tabla: Parámetros acústicos de las salas de reunión y el estado

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

Parámetro	Recomendación	Sala de ensayo
$RTmid(s)$	0.74	0.74
C_{80}	$-2 < C_{80} < 2$	6.04
D_{50}	$D_{50} < 0.5$	No cumple

Tabla: Parámetros acústicos de la sala de ensayo y su estado

Tiempo de reverberación

6 Parámetros acústicos obtenidos

También se determinó el parámetro de definición (D_{50}) para la sala de ensayo (ver figura 17), el cual esta fuera de lo recomendado.

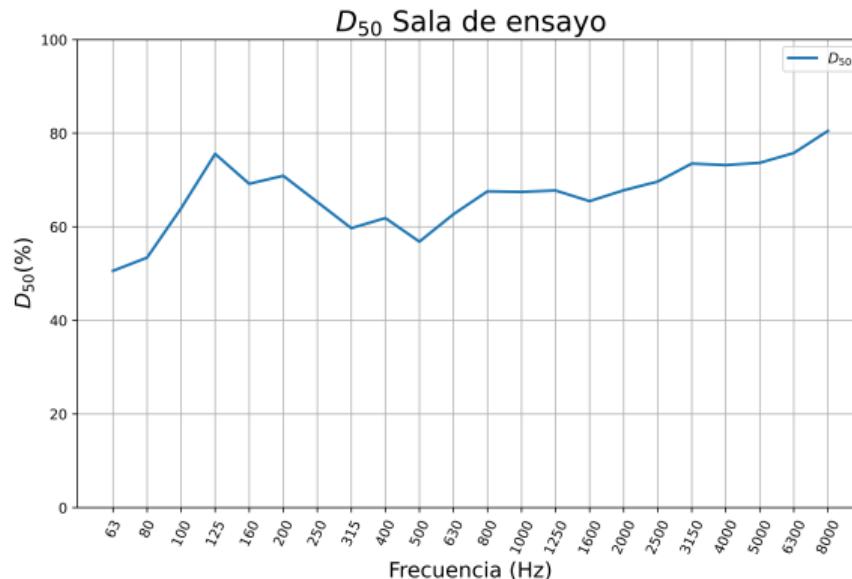


Figura: D_{50} de sala de ensayo

Tabla de Contenidos

7 Modelación

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Modelo SketchUp

7 Modelación

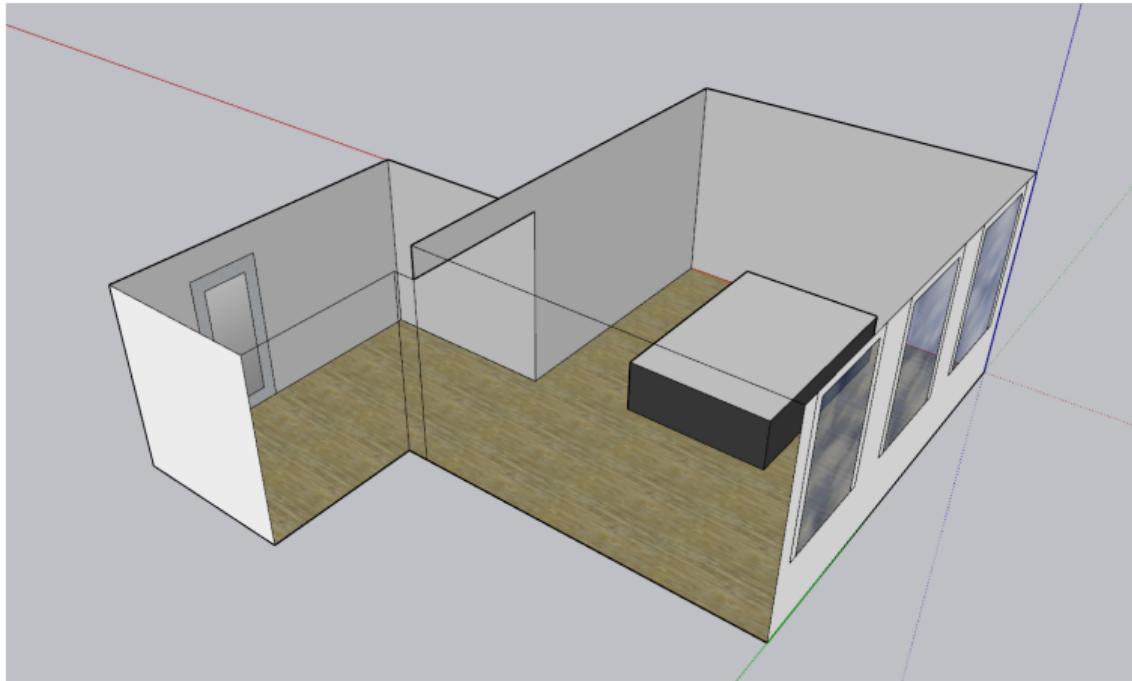


Figura: Modelo en SketchUp sala de reunión 1

Modelo SketchUp

7 Modelación

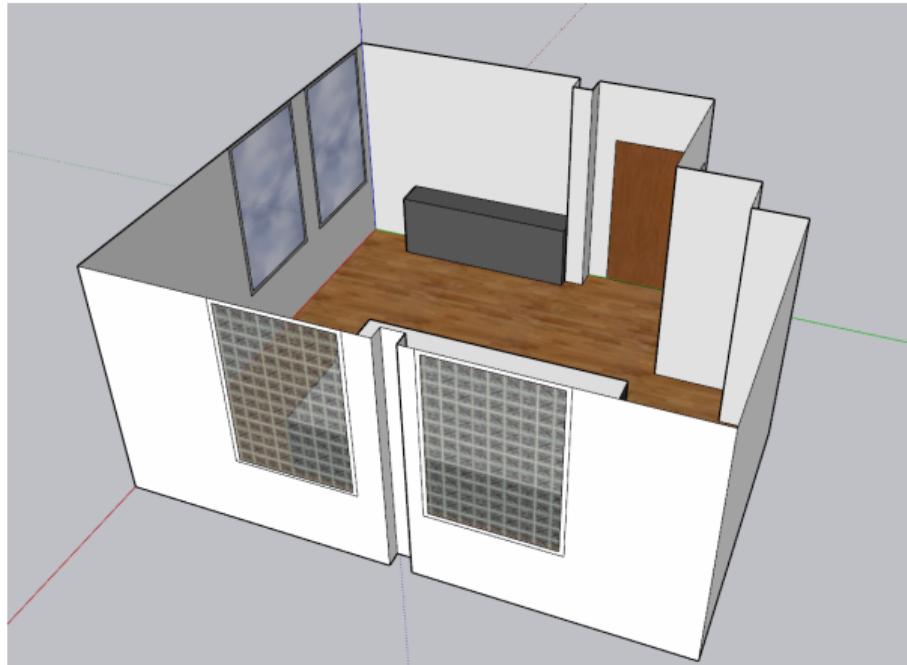


Figura: Modelo en SketchUp sala de reunión 2

Modelo SketchUp

7 Modelación



Figura: Modelo en SketchUp sala de ensayo

Comportamiento modal de sala de ensayo

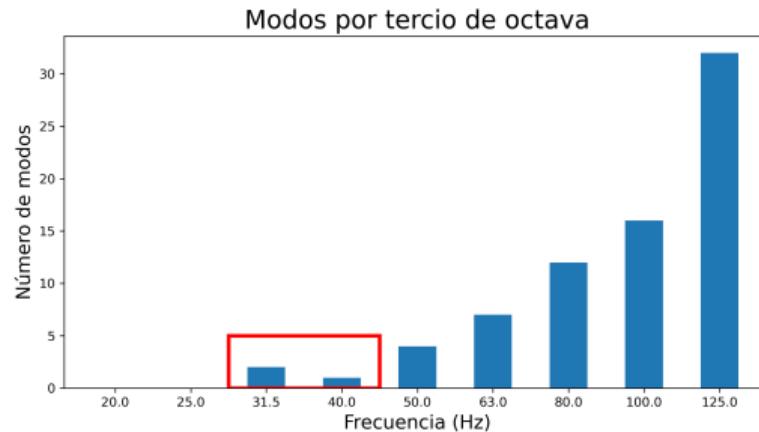


Figura: Densidad modal de sala de ensayo

Análisis modal

7 Modelación

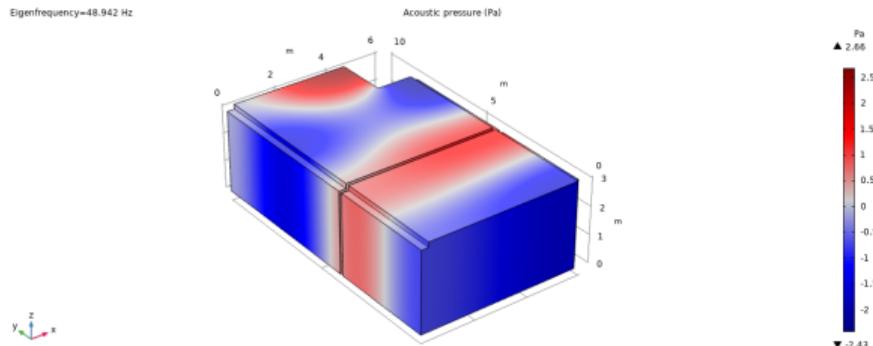


Figura: Modo en sala de ensayo

Análisis modal

7 Modelación

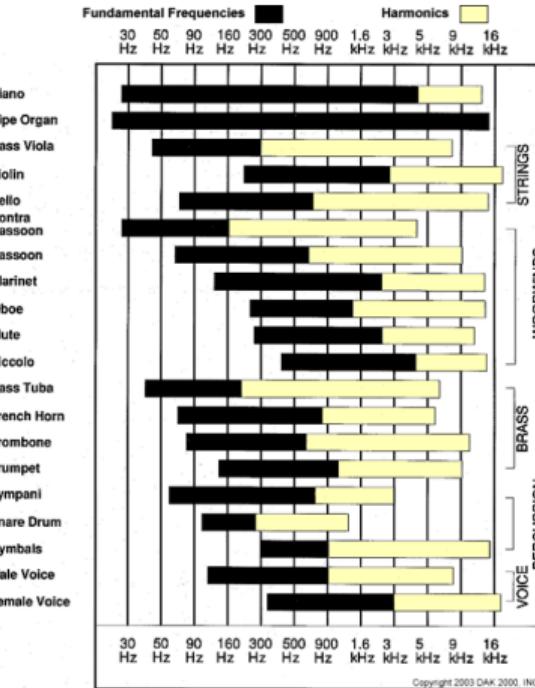


Figura: Rango en frecuencia de instrumentos musicales

Los modelos en SketchUp correspondientes, se importaron en el software EASE y se ingresó la materialidad respectiva a cada superficie, con información de coeficientes de absorción encontrados en la literatura, como se ve en la siguiente tabla:

Material	Frecuencia (Hz)						Fuente
	125	250	500	1000	2000	4000	
Parquet	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07	Recuero
Madera	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.06	Recuero
Black Acoustic Board (2")	0.13	0.75	1.17	1.14	1.05	1.09	Blackboard
Vidrio	0.05	0.50	0.03	0.03	0.02	0.02	Recuero

Tabla: Materiales utilizados para modelo en EASE.

Modelo EASE con ocupación

7 Modelación

Para tener modelar la sala ocupada se consideró el siguiente coeficiente de absorción por persona:

Frecuencia Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
Absorción	0.31	0.31	0.38	0.44	0.51	0.58	0.66	0.73	0.75	0.78
1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
0.8	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82

Tabla: Coeficiente de absorción de una persona sentada de EASE

Tabla de Contenidos

8 Propuesta

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Sala de reuniones

8 Propuesta

Para las salas de reuniones se seleccionó el siguiente material.

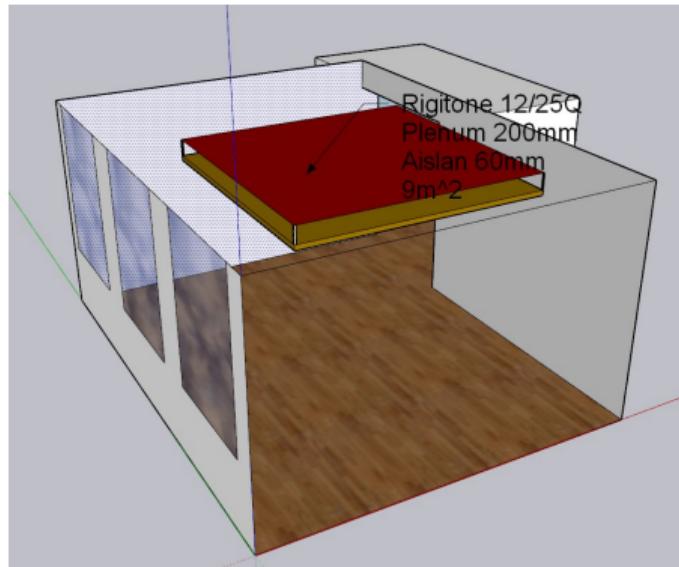


Figura: Modelo SketchUp de sala de reunión 1 acondicionado

Sala de reuniones

8 Propuesta

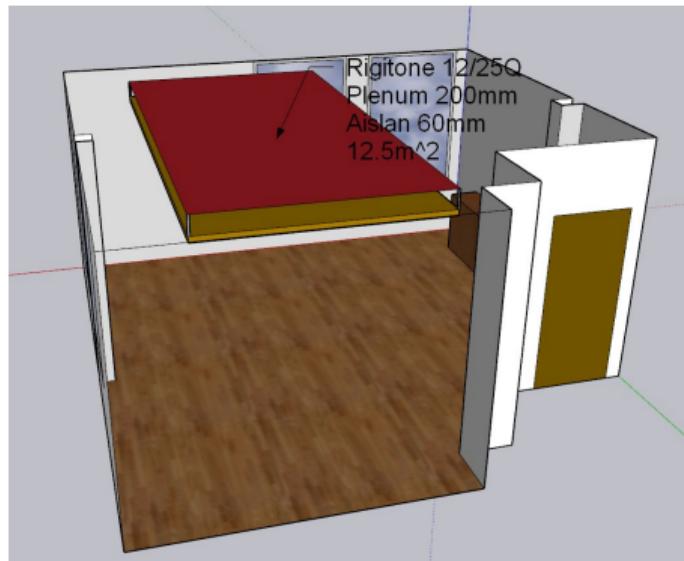


Figura: Modelo SketchUp de sala de reunión 1 acondicionado

Sala de reuniones

8 Propuesta

12/25 Q						
Plenum	200 mm					
Aislante	60 mm					
Frecuencia Hz	125 Hz	250Hz	500 Hz	1 KHz	2KHz	4KHz
α	0.60	0.90	0.95	0.90	0.80	0.75

Tabla: Coeficiente de absorción de Volcanita acústica Rigitone

Resultados salas de reuniones

8 Propuesta

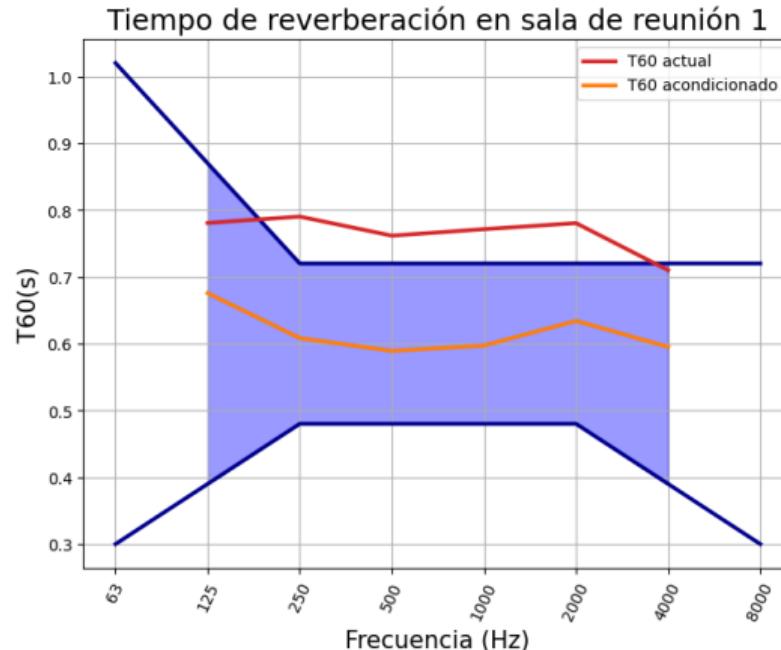


Figura: Tiempo de reverberación de sala de reunión 1 acondicionado

Resultados salas de reuniones

8 Propuesta

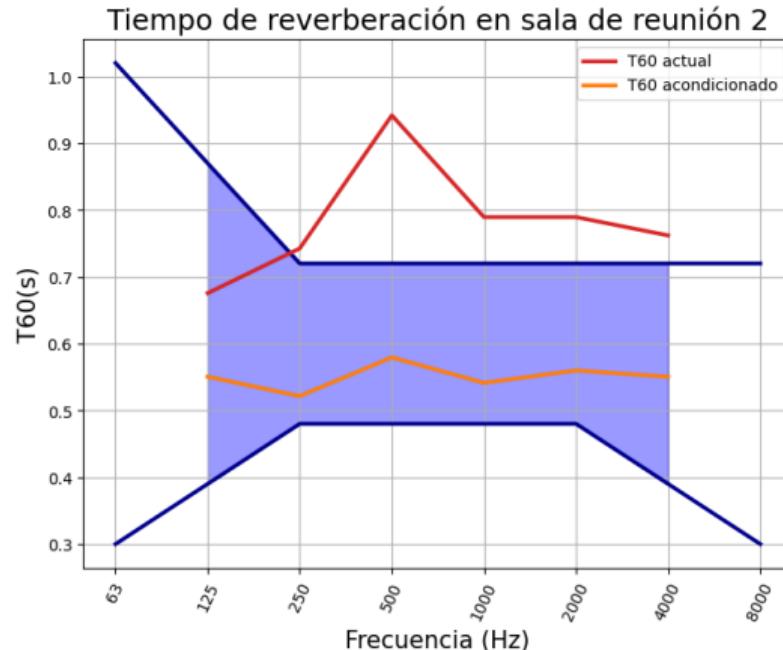


Figura: Tiempo de reverberación de sala de reunión 2 acondicionado

Resultados salas de reuniones

8 Propuesta

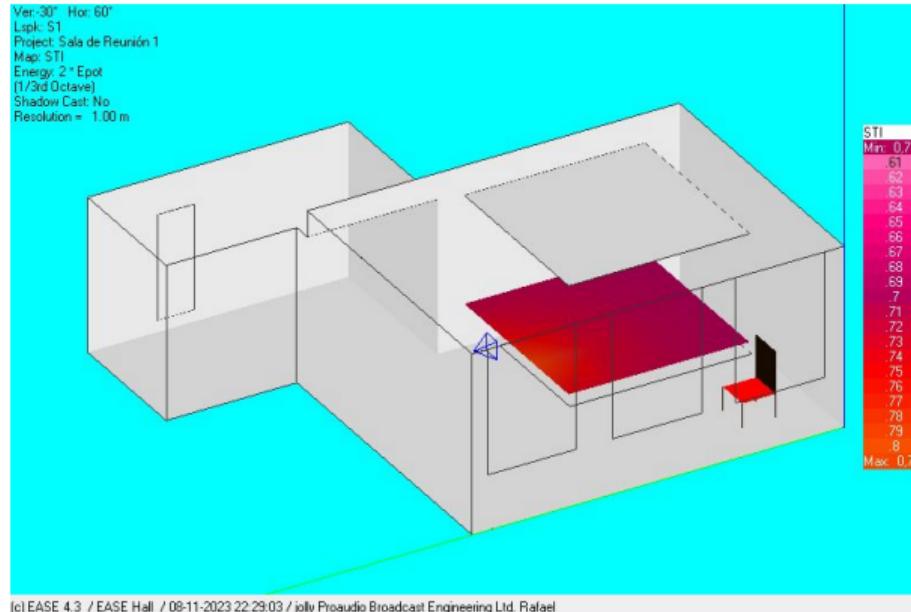


Figura: STI de sala de reunión 1 acondicionado

Resultados salas de reuniones

8 Propuesta

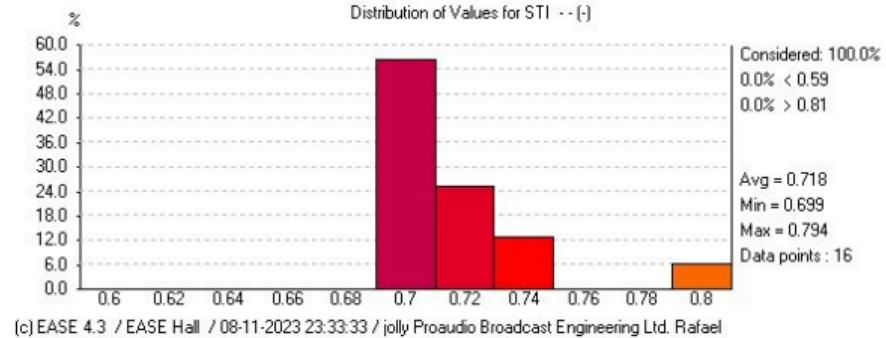


Figura: Distribución STI de sala de reunión 1 acondicionado

Resultados salas de reuniones

8 Propuesta

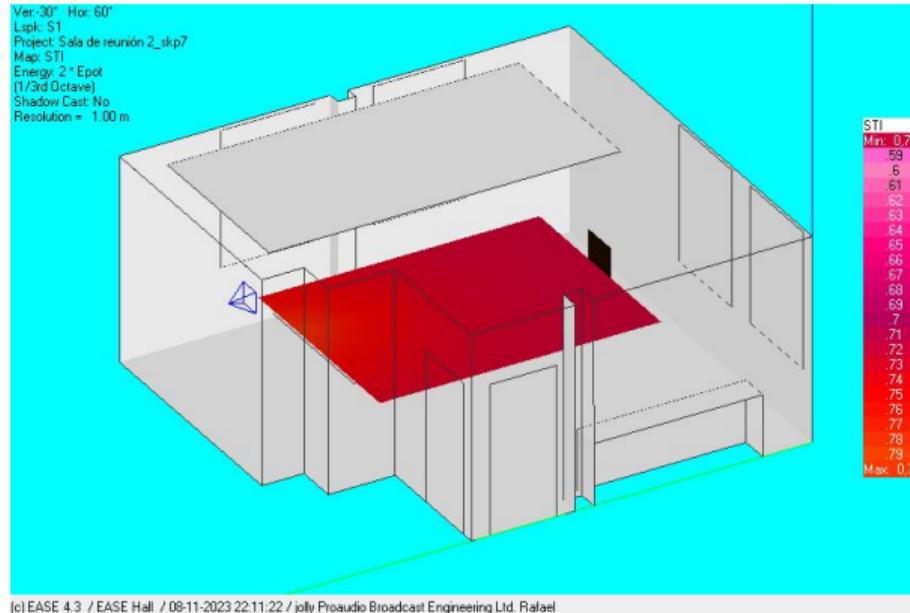


Figura: STI de sala de reunión 2 acondicionado

Resultados salas de reuniones

8 Propuesta

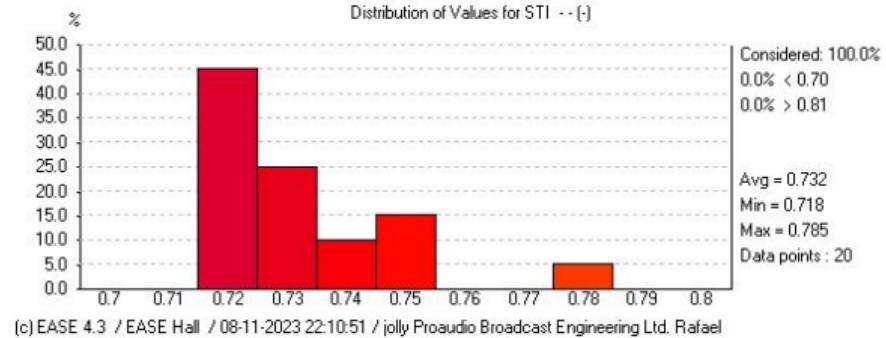


Figura: Distribución STI de sala de reunión 2 acondicionado

Resultados salas de reuniones

8 Propuesta

Salón	$T_{target}(s)$	Estado	$C_{50speech}(dB)$	Estado	STI	Estado
Sala de reunión 1	-	Cumple	3.5	Cumple	-	Cumple
Sala de reunión 2	-	Cumple	3.9	Cumple	-	Cumple

Tabla: Resultados de salas de reuniones acondicionados

Resultados sala de ensayo

8 Propuesta

Salón	$RTmid(s)$	Estado	$C_{80}(dB)$	Estado
Sala de ensayo	1,4	Cumple	3	No cumple

Tabla: Parámetros acústicos de la sala de ensayo y su estado

Tabla de Contenidos

9 Presupuesto

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Presupuesto del proyecto

9 Presupuesto

El presupuesto esta desglosado en la siguiente tabla por cada actividad propuesta en la carta Gantt antes presentada.

	Actividades	Horas	UF/hr	UF*	CLP
Costo ingeniería	Planificación	7	0.6	4.2	151.687
	Mediciones	9	1	9	325.044
	Modelación	18	0.8	14.4	520.070
	Análisis de datos	6	1	6	216.696
	Diseño de propuesta	24	1	24	866.784
	Análisis de propuesta	12	0.8	9.6	346.713
	Cotización de propuesta	8	0.6	4.8	173.356
	Redacción de informe	26	0.6	15.6	563.409
Costo operacional	Arriendo de equipos			1.7	60.000
	Traslados			0.1	5.000
	Total	110		89.3	3.228.762
			IVA (19%)	17	613.465
			Total (con IVA)	106.3	3.842.227

Figura: Presupuesto del proyecto

Tabla de Contenidos

10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Materiales escogidos

10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

Se escogió un panel de madera ranurado de 2.4 cm de espesor, con lana de vidrio y lana mineral, midiéndolo sin plenum y plenum de 2 cm.



Figura: Materiales de medición

Materiales escogidos

10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

Frecuencias Hz	Plenum	Madera 5/10			
		Lana mineral 5cm		Lana de vidrio 6 cm	
		0 mm	20 mm	0 mm	20 mm
250	250	0.44	0.57	0.48	0.56
	315	0.54	0.69	0.59	0.66
	400	0.73	0.89	0.78	0.83
	500	0.89	0.97	0.92	0.95
	630	0.99	0.93	0.94	0.92
	800	0.92	0.77	0.78	0.77
	1000	0.75	0.61	0.59	0.60
	1250	0.60	0.52	0.48	0.50
	1600	0.49	0.49	0.43	0.47
	2000	0.52	0.51	0.42	0.47
	α_w	0.60	0.60	0.50	0.55

Figura: Valores de coeficiente de absorción

Resultados

10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material



Figura: Coeficiente de absorción de lana mineral

Resultados

10 Medición coeficiente de absorción acústica de un material

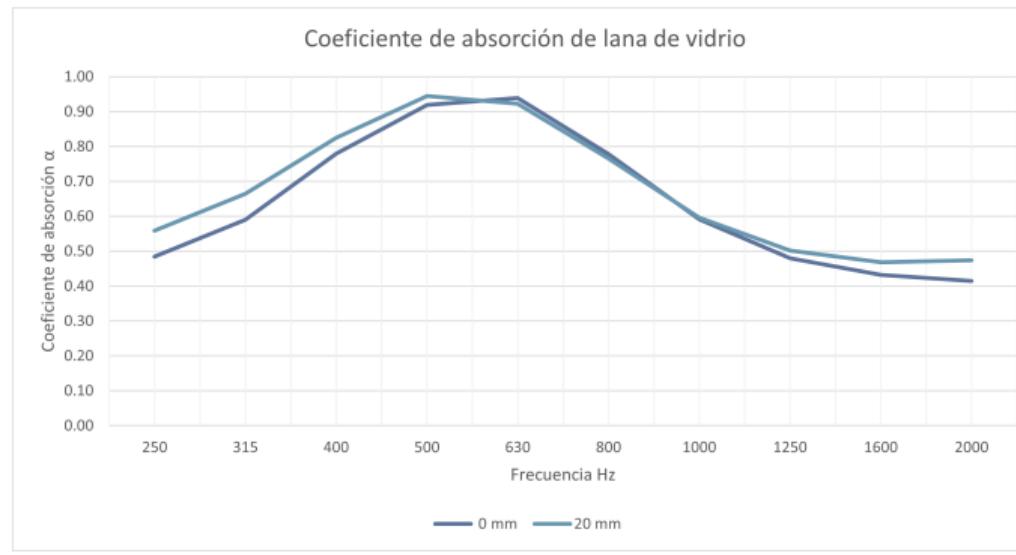


Figura: Coeficiente de absorción de lana de vidrio

Tabla de Contenidos

11 Conclusiones Parciales

- ▶ Introducción
- ▶ Antecedentes
- ▶ Planificación
- ▶ Metodología
- ▶ Recomendaciones
- ▶ Parámetros acústicos obtenidos
- ▶ Modelación
- ▶ Propuesta
- ▶ Presupuesto
- ▶ Medición coeficiente de absorción acústica de un material
- ▶ Conclusiones Parciales

Conclusiones Parciales

11 Conclusiones Parciales

- Se presentó propuestas de acondicionamiento acústico para cada sala procurando que cumplieran con los parámetros establecidos encontrados en la literatura.
- Se realizó el procedimiento de medición de coeficiente de absorción en tubo de Kundt, según la norma ISO 10534, para diferentes combinaciones de materiales y espaciados.



“Acondicionamiento acústico de salas de reuniones y sala de ensayo, Campus Los Canelos, UACH”

Gracias por su atención

