



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS  
INGENIERIA EN SONIDO Y ACÚSTICA

DISEÑO ELECTROACÚSTICO, DISEÑO Y EVALUACIÓN ACÚSTICA DE LAS  
SALAS DE CONTROL Y DE GRABACIÓN PARA LA EMPRESA MAGIC  
SOUND & MUSIC

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica

Profesor Guía  
Ing. Luis Bravo

Autor  
Felipe Porras Buendía

Año  
2013

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUIA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Luis Bravo  
Ingeniero Acústico  
C.I. 171171060-6

## DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

---

Felipe Porras Buendía  
171520862 – 3

## AGRADECIMIENTOS

A Magic Sound & Music  
Por la oportunidad, la apertura  
y el apoyo

A Yoli  
Por haberme enseñado muchas cosas  
a lo largo y después de la carrera

A Luis  
Por su paciencia y su guía

A Andrea, Carlos, José y Byron  
por el aporte en este trabajo

## DEDICATORIA

Para Aurora y Benjamín,  
que son la mayor fuerza  
que encontré para vivir

A Susana y Guillermo  
por el apoyo incondicional  
y su amor eterno y puro

## **RESUMEN**

En este trabajo se presenta el diseño y la evaluación de las condiciones acústicas dentro de las salas tanto de control como de locución y músicos de los estudios de grabación y postproducción de la empresa Magic Sound & Music. Este diseño fue hecho a partir de planos, que se realizaron una vez desmontados los cimientos una casa ubicada en las calles Ulloa y Rumipamba que servía como vivienda de una familia, la cual fue modificada en su totalidad, para dar paso al ya mencionado estudio, y siguiendo normativas para evaluación de ruido de fondo, aislamiento acústico, reverberación, entre otros. La empresa financió esta adecuación por lo que el coste total no se presentará por políticas internas de la compañía.

## **ABSTRACT**

This paper presents the design and evaluation of the acoustic conditions inside the control and speech / musicians halls, of Magic Sound & Music studios. This design was derived from the origin. AI plans, of a house located on Ulloa and Rumipamba st. which was completely rebuilt, to follow the regulations for noise assessment background, T60, NR, NC and TL. The company financed this adjustment and the total cost is not presented because of the company's internal policies.

## ÍNDICE

Introducción _____	X
Planteamiento del problema _____	X
Objetivos _____	xii
Objetivo General _____	xii
Objetivos específicos. _____	xii
<b>1. Marco Teórico _____</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Acústica Interna de Locales _____</b>	<b>1</b>
1.1.1. Campo sonoro en recintos _____	1
1.1.2. Absorción _____	3
1.1.3. Reflexiones _____	6
1.1.4. Difusión _____	6
1.1.5. Tiempo de reverberación (T60) _____	8
1.1.6. Tiempo de Reverberación Inmediato, <i>EarlyDecay Time</i> (EDT) _____	9
1.1.7. Brillo y Calidez _____	10
1.1.8. Índice de Definición (D50) _____	11
1.1.9. Índice de Claridad (C80) _____	11
1.1.10. Nivel total de sonido Lt (10) _____	12
1.1.11. Modos normales de vibración _____	12
1.1.12. Resonancias _____	16
<b>1.2. Aislamiento Acústico _____</b>	<b>16</b>
1.2.1. Criterio de Ruido (NC) _____	17
1.2.2. Pérdida de Transmisión (TL) _____	19
1.2.3. Coeficiente de transmisión Sonora (STC) _____	19
<b>1.3. Cadena electroacústica de un estudio de grabación. _____</b>	<b>20</b>
<b>2. Estudio de la situación actual _____</b>	<b>22</b>
2.1. Descripción de la empresa _____	22
2.1.1. Consideraciones generales _____	22
2.2. Evaluación acústica inicial _____	25
2.3. Ruido de fondo del lugar _____	26
2.4. Análisis arquitectónico previo _____	28
<b>3. Diseño Acústico _____</b>	<b>28</b>
3.1. Generalidades _____	28
3.1.1. Requerimientos del Cliente _____	28

3.1.2.	Propuesta Arquitectónica Inicial	29
3.2.	Estudio Fi	30
3.2.1.	Diseño Arquitectónico	30
3.2.2.	Modos Normales de Vibración	30
3.2.4	T60 (Tiempo de reverberación)	36
3.3	Sala de músicos (Estudio Fi)	38
3.3.1	Diseño arquitectónico	38
3.3.2	Modos Normales de Vibración	39
3.3.3	Aislamiento Acústico	39
3.3.4	Tiempo de Reverberación T60	40
3.4	Estudio Delta	43
3.4.1	Diseño arquitectónico	43
3.4.2	Modos Normales de vibración	43
3.4.3	Aislamiento Acústico	44
3.4.4	T60 (Tiempo de reverberación)	45
3.5	Sala de Músicos (Estudio Delta)	46
3.5.1	Diseño Arquitectónico	46
3.5.2	Modos Normales de Vibración	46
3.5.3	Aislamiento Acústico	47
3.5.4	Tiempo de Reverberación T60	48
3.6	Estudio Epsilon	50
3.6.1	Diseño arquitectónico	50
3.6.2	Modos Normales de vibración	50
3.6.3	Aislamiento acústico	51
3.6.4	T60 (Tiempo de reverberación)	52
3.7	Sala de locución (Estudio Epsilon)	53
3.7.1	Diseño Arquitectónico	53
3.7.2	Modos normales de vibración	53
3.7.3	Aislamiento Acústico	54
3.7.4	Tiempo de reverberación	55
3.8	Diseño de la Cadena Electroacústica	56
3.8.1	Estudio FI:	56
3.8.2	Estudio Delta:	56
3.8.3	Estudio Epsilon:	57
4	Aspectos técnicos de Consideración	57



4.1	Circulación de Aire	57
4.2	Presupuesto Referencial	59
4.2.1	Construcción de obra gruesa	60
4.2.2	Adecuación Simple	60
4.2.3	Adecuación Acústica	60
5	Evaluación	61
5.1	Medición de Modos Normales de Vibración	61
5.1.1	Fi, Sala de músicos	62
5.1.2	Fi, Control room	63
5.1.3	Delta, Sala de músicos	64
5.1.4	Delta, Control room	65
5.1.5	Epsilon, Sala de locución	66
5.1.6	Epsilon, Control room	66
5.2	Medición de T60	67
5.2.1	Fi, sala de músicos	68
5.2.2	Fi, Sala de Control	70
5.2.3	Delta, sala de músicos	71
5.2.4	Delta, sala de control	72
5.2.5	Epsilon, sala de locución	73
5.2.6	Epsilon, sala de control	74
5.3	Medición de Ruido de Fondo	76
5.4	Medición de TL	78
6	Conclusiones y Recomendaciones	81
7	Referencias:	84
8	Anexos:	85

## **Introducción**

Cada día evoluciona más la industria musical en Ecuador y todo el Mundo, y cada país tiene la dinámica propia del medio que le exige cuánto avanzar y a qué ritmo. Ecuador no es una excepción a este fenómeno mundial y cada vez mejora la calidad tanto de músicos como de estudios de grabación e Ingenieros en Sonido y Acústica, todos ellos como parte importante del desarrollo de una industria.

Un estudio de grabación es en esencia la parte más básica de la cadena de grabación de un material discográfico, uno de los primeros eslabones, para obtener un sonido que atraiga, que guste y que llene las expectativas, por un lado de un público exigente y por el otro de un artista que quiere expresar su arte y entusiasmo, por medio de la música.

Para lograr que el sonido de una producción musical sea lo más real posible, se necesita que el espacio en el que sea interpretado o grabado, cuente con un acondicionamiento acústico que esté acorde a la estructura del recinto, que rescate falencias y atenúe las excesivas frecuencias que pueden causar problemas en el momento de una grabación o interpretación, esto se puede lograr en la fase constructiva, fabricando piezas especializadas para ese propósito, o con ecualizador de sala si el problema está en 1 frecuencia o en 1 banda de frecuencia y no es muy excesiva.

Las correcciones necesarias del recinto, específicamente a las salas, tanto de músicos como de control, serán de acuerdo a mediciones in situ, diseños y cálculos realizados.

La cadena completa es la plataforma en la que éstos unen sus conocimientos para presentar el arte musical. Un estudio de Grabación es una plataforma ideal para preparar un producto que se va a lanzar al mercado. Los mercados son variables y basan su demanda por la calidad del material, sea discográfico o audiovisual.

## **Planteamiento del problema**

La empresa Magic Sound & Music adquiere un inmueble que sirvió de vivienda para una familia por 20 años, la cual fue reconstruida para esta finalidad. La compañía requirió las adecuaciones necesarias para que este inmueble sea modificado para ser un estudio de grabación y postproducción de cuñas

publicitarias, cine, música, entre otros. La fachada y las dimensiones del exterior no fueron modificadas

El principal requerimiento es tener 3 estudios totalmente independientes uno de otro, con insonorización entre ellos. Un estudio principal (el de mayor volumen), para la grabación de bandas Sonoras, grupos musicales, efectos, doblajes y cuñas publicitarias y que posea las condiciones para hacer sincronismo de voces (lipsync). Un estudio secundario para la grabación de voces, instrumentos y cuñas publicitarias, que también tenga la adecuación para lipsync, este estudio debe ser de menor volumen que el primero.

Finalmente un tercer estudio para la realización de locución y grabación de voces y efectos, con el mismo requerimiento del lipsync. Y en lo posible lograr que los tres estudios tengan acústica variable.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Realizar el diseño y evaluación acústica para los estudios de grabación Epsilon, Fi y Delta de la empresa Magic Sound & Music.

### **Objetivos específicos.**

- ▶ Determinar el ruido de fondo del recinto.
- ▶ Evaluar el diseño arquitectónico preliminar por medio de planos y reuniones con el gerente de la empresa.
- ▶ Calcular y evaluar la incidencia de los modos normales de vibración, a través de las ecuaciones modales.
- ▶ Evaluar el Aislamiento Acústico de cada estudio de grabación, en función de los niveles de ruido de fondo con ayuda de un sonómetro.
- ▶ Diseñar un acondicionamiento acústico para lograr condiciones de tiempo de reverberación variable de acuerdo a las distintas necesidades del estudio de grabación con el programa AutoCAD
- ▶ Realizar una evaluación de las condiciones acústicas del recinto, al finalizar la etapa constructiva con el sonómetro, y el programa SpectraLab
- ▶ Realizar la cadena electroacústica de los tres estudios de acuerdo al presupuesto de la empresa

## **1. Marco Teórico**

### **1.1. Acústica Interna de Locales**

La acústica Interna de locales está estrechamente ligada a la Acústica Arquitectónica la cual se encarga de estudiar los eventos y fenómenos que ocurre dentro de una sala donde la música, la voz o cualquier sonido importante sea parte esencial de su fundamento, como son las salas de concierto, teatros o un estudio de grabación. Es así que está encargada de proporcionar una propagación del sonido, que se escuche lo más natural posible hacia el espectador o público.

Cada uno de los recintos es diferente a otro, por lo cual podemos decir que tienen su propia personalidad, lo que hace que el sonido no sea el mismo en dos salas con las mismas dimensiones y características. Los factores que pueden alterar este sonido pueden ser desde el espesor de la pared, su volumen y hasta la humedad relativa.

“Por cualidades Acústicas de un recinto se entiende una serie de propiedades relacionadas con el comportamiento del sonido en el recinto, entre las cuales se encuentran las reflexiones tempranas, la reverberación, la existencia o no de ecos y resonancias, la cobertura sonora de las fuentes, etc.” (Miyara, 2003, p. 44).

#### **1.1.1. Campo sonoro en recintos**

Dentro de un recinto que se sabe que tiene su “personalidad” definida por los parámetros acústicos propios, se debe mencionar el campo sonoro. El campo sonoro se refiere a la presión sonora de cada lugar dentro de la sala y el valor de presión que existe en dicho lugar, siendo este un punto específico del espacio dentro de la sala, y se lo determina por la potencia de la fuente y por las propiedades reflectantes de la superficie del recinto.

Si este punto es un espectador, escucharía de dos formas distintas el mismo evento, por las dos componentes de la energía sonora. La primera de forma directa, es decir como si el oyente estuviera al aire libre, y la otra ya reflejada, asociada a las sucesivas reflexiones que tiene el sonido en todas las superficies del recinto sean estas primeras o tardías.

Para el estudio del Campo Sonoro, se lo ha dividido en dos partes con igual grado de importancia. Campo Directo y Campo Reverberante.

El campo directo es el sonido que se percibe cuando acaba de salir de la fuente que lo emite, es decir que este aún no tiene contacto con ninguna de las superficies del recinto, y disminuye a razón de 6dB (seis decibeles) por cada duplicación de la distancia. Por ejemplo, si a 1m de la fuente se mide 95dB, a 2m serían 89dB, a 4m mediría 83dB, y así sucesivamente. Por otro lado no se debe olvidar que en un recinto cerrado la predominancia de un campo con respecto a otro depende de su estructura, y grado de absorción sonora de las paredes y superficies donde el sonido va a reflectarse, además donde termina el campo directo, empieza el campo reverberante, denominada distancia crítica o radio crítico.

La distancia crítica se puede definir como el límite entre los dos campos, también llamados campo cercano (campo directo) y campo lejano (campo reverberante).

Este borde es el punto donde la densidad de energía directa es igual a la densidad de energía reverberante, Así:

$$D_o = D_r$$

$$W_{ac}Q/(4\pi [D_c]^2 G) = (4 W_{ac})/GR$$

$$[D_c]^2 = RQ/(16 \pi)$$

$$D_c = \sqrt{(RQ/(16 \pi))}$$

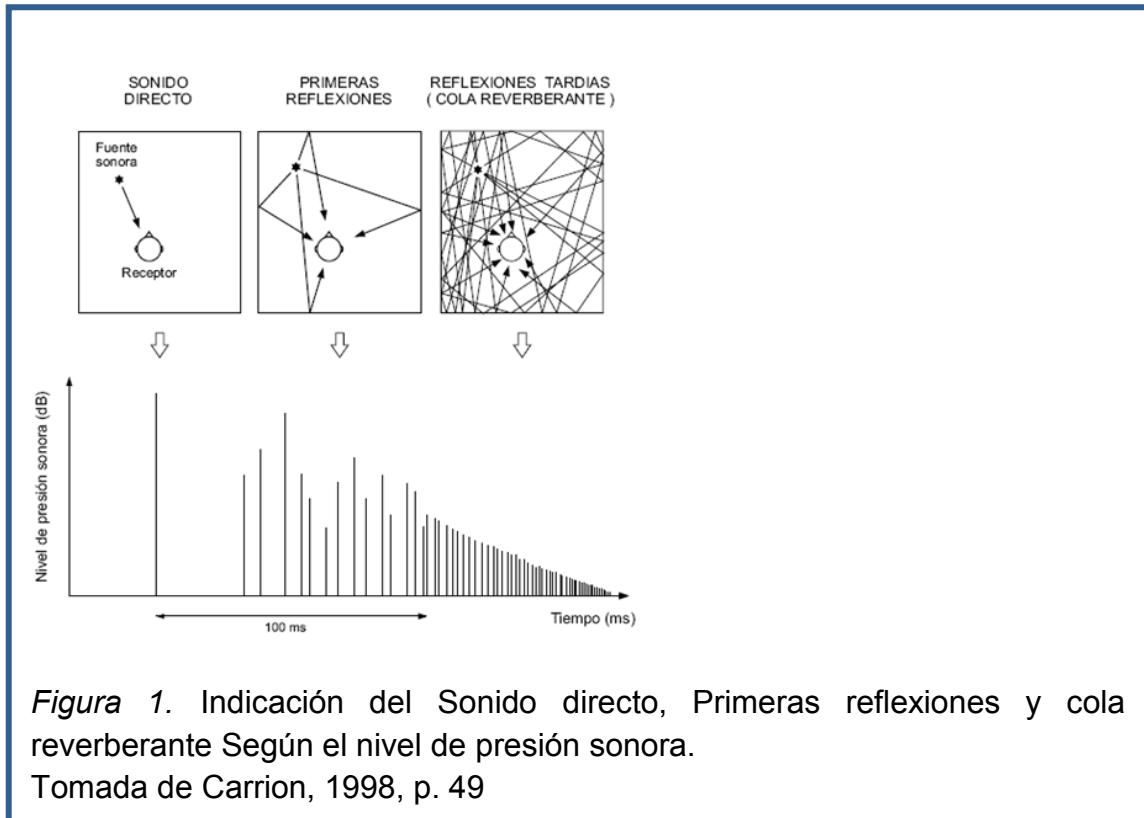
$$D_c = 0.141\sqrt{RQ} [m] \quad \text{(Ecuación 1)}$$

### Observaciones

1. La distancia crítica permite establecer las zonas dentro de un recinto donde la energía reverberante constituye un problema especialmente para la inteligibilidad de la palabra.
2. La distancia crítica también se usa para determinar aquellos puntos donde se necesita reforzar el sonido directo mediante otras fuentes. Sin embargo hay que considerar que cada vez que se refuerza el sonido directo aumenta también el campo reverberante, por lo que, el tratamiento ideal debe considerar además el tratamiento que dependerá del espectro de frecuencias de la sala.
3. Si en un recinto ocurre que un oyente se encuentra fuera del radio crítico, lo más probable es que presente problemas de inteligibilidad de la palabra y definición del sonido. Lo ideal es que los oyentes queden siempre dentro del radio crítico.

El campo reverberante suma el sonido directo y las reflexiones. Este se compone a su vez de dos zonas. La primera se compone de las reflexiones que llegan justo después del sonido directo y toma el nombre de reflexiones tempranas; la segunda se compone de la cola reverberante y se denomina

reflexiones tardías. Las reflexiones tempranas tienen un orden igual o menor a 3, siendo este el número de veces que el rayo de sonido incidió con una o más superficies antes de llegar al oyente. También se las puede evaluar tomando en cuenta dentro de los 100ms después del sonido directo, tomando en cuenta el volumen del recinto.



Con esto, se puede deducir que el campo reverberante será mayor mientras existan más superficies reflectantes en un recinto, o que sea menor si hay superficies con un grado absorbente alto.

Así pues se puede “calificar” a las salas como una SALA VIVA (con campo de reverberación alto o grado de absorción bajo) o SALA SECA O APAGADA (Con grado de absorción alto o campo de reverberación bajo).

### 1.1.2. Absorción

Es la transformación de energía acústica en calor al incidir un rayo acústico sobre un material determinado.

$$A = \alpha \cdot S$$

(Ecuación 2)

Donde:

S: Superficie del material [ $m^2$ ]

$\alpha$ : Coeficiente de absorción de la superficie.

Las paredes de una sala tienen propiedades únicas, dentro de estas propiedades se encuentra la absorción. Dado un caso específico de un rayo acústico, que incide sobre una pared, parte de este sonido se refleja, otra parte se absorbe y otra se transfiere a la habitación contigua, la parte que se absorbe depende del tipo de material, su espesor y la densidad superficial del material que esté recubriendo dicha pared, lo cual hace mencionar el Coeficiente de absorción ( $\alpha$ ), que equivale al cociente de la energía absorbida en relación a la energía incidente. Así pues se puede calcular la capacidad del material para absorber energía

$$\alpha = IA/II$$

(Ecuación 3)

Donde:

IA: Intensidad de energía absorbida [ $w/m^2$ ]

II: Intensidad de energía incidente [ $w/m^2$ ]

Se ha medido y tabulado coeficientes de absorción para cada tipo de material y algunos objetos que se involucran directa o indirectamente en una sala donde el sonido sea primordial. Por deducción si se tiene materiales duros estos serán menos absorbentes que los materiales más blandos, así mismo se tiene materiales menos y más porosos, estos últimos con mayor grado de absorción por la fricción que existirá en él cuando el frente de onda incida sobre éste.

La reducción de la energía acústica va a ir decayendo con cada una de las superficies que choque y también por el aire, ya que estos absorberán en algún grado el NPS. La acústica final de la sala después que el sonido se haya encontrado con todos los obstáculos antes de llegar al oyente es la que tiene que ser de calidad. A continuación una lista de los elementos comunes que ayudan de un modo u otro al grado de absorción de una sala.

- ▶ Público y las sillas
- ▶ Recubrimiento de materiales absorbentes y los resonadores
- ▶ Las irregularidades superficiales del material
- ▶ Superficies vibrantes como puertas y ventanas, separadores de ambientes, entre otros.
- ▶ El aire



En la tabla 1 se observarán diferentes tipos de materiales con sus respectivos coeficientes de absorción para varias bandas de frecuencias, hay que tomar en cuenta también que el coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) (depende mucho de la frecuencia, y claro está que cuando la frecuencia sube, el coeficiente de absorción del material también sube, debido a la longitud de onda, y principalmente al contenido energético que tienen las frecuencias altas. Mientras la longitud de onda es más pequeña tiene más probabilidad de ser absorbida por el roce con las alteraciones del material en su superficie. Algunas veces, la resonancia que puede existir entre la pared y el material, sirven mucho para las atenuaciones en bajas frecuencias.

Tabla 1.  
Coeficientes de Absorción de algunos materiales

Material	Coeficiente de absorción $\alpha$ a la frecuencia					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Hormigón sin pintar	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Hormigón pintado	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Ladrillo visto sin pintar	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Ladrillo visto pintado	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Revoque de cal y arena	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Placa de yeso (Durlack) 12 mm a 10 cm	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
Yeso sobre metal desplegado	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,03
Mármol o azulejo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Madera en paneles (a 5 cm de la pared)	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,10
Madera aglomerada en panel	0,47	0,52	0,50	0,55	0,58	0,63
Parquet	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Parquet sobre asfalto	0,05	0,03	0,06	0,09	0,10	0,22
Parquet sobre listones	0,20	0,15	0,12	0,10	0,10	0,07
Alfombra de goma 0,5 cm	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Alfombra de lana 1,2 kg/m <sup>2</sup>	0,10	0,16	0,11	0,30	0,50	0,47
Alfombra de lana 2,3 kg/m <sup>2</sup>	0,17	0,18	0,21	0,50	0,63	0,83
Cortina 338 g/m <sup>2</sup>	0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35
Cortina 475 g/m <sup>2</sup> fruncida al 50%	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60
Espuma de poliuretano (Fonac) 35 mm	0,11	0,14	0,36	0,82	0,90	0,97
Espuma de poliuretano (Fonac) 50 mm	0,15	0,25	0,50	0,94	0,92	0,99
Espuma de poliuretano (Fonac) 75 mm	0,17	0,44	0,99	1,03	1,00	1,03
Espuma de poliuretano (Sonex) 35 mm	0,06	0,20	0,45	0,71	0,95	0,89
Espuma de poliuretano (Sonex) 50 mm	0,07	0,32	0,72	0,88	0,97	1,01
Espuma de poliuretano (Sonex) 75 mm	0,13	0,53	0,90	1,07	1,07	1,00
Lana de vidrio (fieltro 14 kg/m <sup>3</sup> ) 25 mm	0,15	0,25	0,40	0,50	0,65	0,70
Lana de vidrio (fieltro 14 kg/m <sup>3</sup> ) 50 mm	0,25	0,45	0,70	0,80	0,85	0,85
Lana de vidrio (panel 35 kg/m <sup>3</sup> ) 25 mm	0,20	0,40	0,80	0,90	1,00	1,00
Lana de vidrio (panel 35 kg/m <sup>3</sup> ) 50 mm	0,30	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00
Ventana abierta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vidrio	0,03	0,02	0,02	0,01	0,07	0,04
Panel cielorraso Spanacoustic (Manville) 19 mm	–	0,80	0,71	0,86	0,68	–
Panel cielorraso Acustidom (Manville) 4 mm	–	0,72	0,61	0,68	0,79	–
Panel cielorraso Prismatic (Manville) 4 mm	–	0,70	0,61	0,70	0,78	–
Panel cielorraso Profil (Manville) 4 mm	–	0,72	0,62	0,69	0,78	–
Panel cielorraso fisurado Auratone (USG) 5/8"	0,34	0,36	0,71	0,85	0,68	0,64
Panel cielorraso fisurado Cortega (AWI) 5/8"	0,31	0,32	0,51	0,72	0,74	0,77
Asiento de madera (0,8 m <sup>2</sup> /asiento)	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08
Asiento tapizado grueso (0,8 m <sup>2</sup> /asiento)	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Personas en asiento de madera (0,8 m <sup>2</sup> /persona)	0,34	0,39	0,44	0,54	0,56	0,56
Personas en asiento tapizado (0,8 m <sup>2</sup> /persona)	0,53	0,51	0,51	0,56	0,56	0,59
Personas de pie (0,8 m <sup>2</sup> /persona)	0,25	0,44	0,59	0,56	0,62	0,50

Nota: Los valores no suministrados no estaban disponibles

### 1.1.3. Reflexiones

Cuando una onda entra en contacto con una superficie límite o de separación con otro medio, esta sufre cambios tanto de amplitud como de ángulo de incidencia (según el ángulo de la superficie). Se refleja, transmite o se absorbe (según el recubrimiento de la superficie). En este caso se hablará de las reflexiones y los ecos.

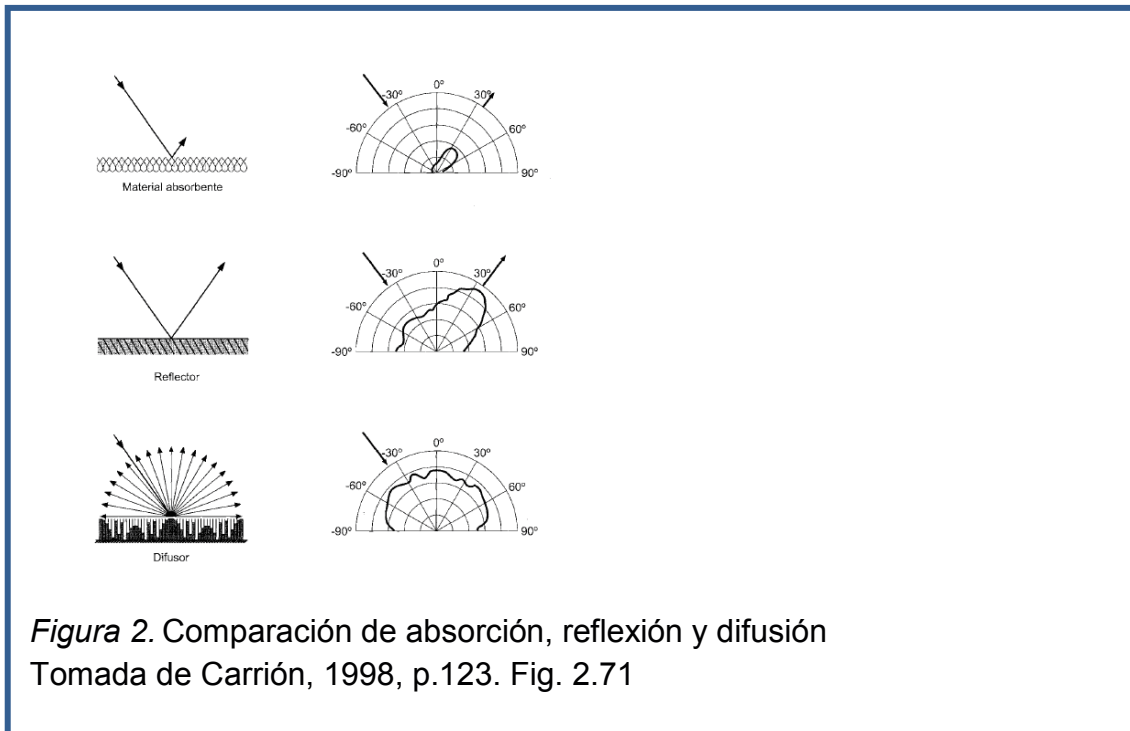
Las reflexiones son todos aquellos frentes de onda que no se dirigen directamente al oyente (sonido directo) sino que han pasado por una o más superficies reflectantes antes de llegar al oyente. Las reflexiones se clasifican en las reflexiones tempranas o primeras reflexiones y las reflexiones tardías que son la cola reverberante. Por ejemplo, en una sala cualquiera que esté rodeada de las superficies límite comunes (piso, techo, paredes), el oyente tendrá varios frentes de onda llegando a sus oídos, las primeras reflexiones que recibe este individuo están separadas por un tiempo de aproximadamente 50ms del sonido directo, y llevan el nombre de reflexiones tempranas. Después del punto crítico, empieza el campo reverberante y es aquel que incluye los sonidos después de múltiples reflexiones con las superficies límite que se superponen unas con otras y dan como resultado una distribución parcialmente uniforme del sonido.

### 1.1.4. Difusión

La difusión se basa en romper el frente de onda de un rayo acústico, para lo cual se necesita una superficie irregular (según la frecuencia que se necesite difundir). Los ingenieros acústicos tienen el reto de conseguir una respuesta de frecuencias o un espectro uniforme o "Plano" dentro del recinto, lo cual hace que se use materiales y se diseñe superficies ya controladas, para que se difunda mejor el sonido dentro de toda la sala. La difusión está dedicada especialmente para altas frecuencia ya que las bajas frecuencias se dispersan más uniformemente dentro de cualquier sala, y las altas frecuencias al ser mucho más direccionales pueden perderse o atenuarse sin llegar a cumplir con el cometido de pasar por toda la sala y hacer que los oyentes perciban el detalle de los sonidos como sus armónicos o también el "brillo" de lo que están escuchando.

Las superficies que están especialmente diseñadas para difundir el sonido se llaman difusores, y tienen la función de distribuir la energía, obteniendo así una homogeneidad en el nivel espectral de la sala. Por la cualidad de las bajas frecuencias, los difusores se diseñan desde los 300Hz hacia adelante.

Estos difusores tienen que ser fabricados con materiales que no sean deformables, es decir rígidos.



Como se puede observar en la figura 2, se entiende la dimensión de la absorción de un material con la proyección del vector y el tamaño del mismo. La reflexión con el análisis del vector y la misma energía perpendicular al ángulo de incidencia. Y finalmente la difusión, con el abanico vectorial resulta de la incidencia del frente de onda sobre el difusor.

Se dice que el campo sonoro es perfectamente difuso cuando se cumplen 2 casos:

1. Cuando el NPS medido en cualquier punto del campo no presentan variaciones mayores a 3dB.
2. Cuando las reflexiones tienen probabilidad de viajar en todas las direcciones y debido a ello no es posible localizar auditivamente la fuente sonora dentro del recinto.

El grado de difusión de una determinada sala, está estrictamente ligada al uso o al fin de esta, así como su respuesta de frecuencia, que si no es homogénea, puede tender a subir o bajar en ciertas frecuencias. Los difusores son de gran ayuda para realzar frecuencias que estén perdidas en la sala. Existen 3 tipos:

- ▶ Difusor Policilíndrico
- ▶ Difusor Geométrico
- ▶ Difusor de Schöeder

### 1.1.5. Tiempo de reverberación (T60)

Uno de las medidas más importantes en el estudio de la acústica arquitectónica en sin duda alguna el tiempo de reverberación o T60 de una sala. Una forma de conceptualizarla sería cuando un espectador escucha un concierto y el sonido termina de forma abrupta y cortante, el sonido que aún no ha podido ser absorbido por las superficies límites de esa sala queda sonando en el recinto por un tiempo determinado que es propio de cada sala, según sus propiedades acústicas. A esto se le conoce como tiempo de reverberación, que demuestra cuán reflexiva es una sala o espacio determinado, cuanto más tiempo de reverberación exista, más campo reverberante tendrá el local.

Sabine lo definió por el año de 1895 como tiempo necesario para que la energía decaiga a su millonésima parte una vez que la fuente sonora ha cesado, en la escala logarítmica de una millonésima parte representa un decaimiento de 60dB

Como se mencionó antes, cuando un T60 es alto, se habla de sala viva y al contrario cuando un T60 es bajo, se habla de sala apagada o cálida. El T60 de cada sala es variable y más si se considera diferentes frecuencias. Por ejemplo, cuando se toma el T60 de una sala o local en el que se usa música, el T60 es más alto en bajas frecuencias y disminuye a medida que la frecuencia sube.

La fórmula desarrollada por Sabine para encontrar el T60, basado en la absorción y el volumen de la sala es:

$$TR = \frac{0,161V}{Aa}$$

(Ecuación 4)

Donde:

V: Volumen del recinto [m3]

A: Superficie del local [m2]

a: Coeficiente de absorción de las superficies

El T60 no solo es afectado por las paredes y superficies acondicionadas o absorbentes y reflectantes, sino que si el recinto tiene un volumen mayor a 1000 metros cúbicos, el aire tiene un papel muy importante con su absorción ya que la separación entre una pared y otra es grande, la reflexión tardará más. Y

ahora la absorción total será sumada la absorción del aire que viene dada por la fórmula:

$$D_{\text{aire}}(t) = D_0 e^{-mct}$$

(Ecuación 5)

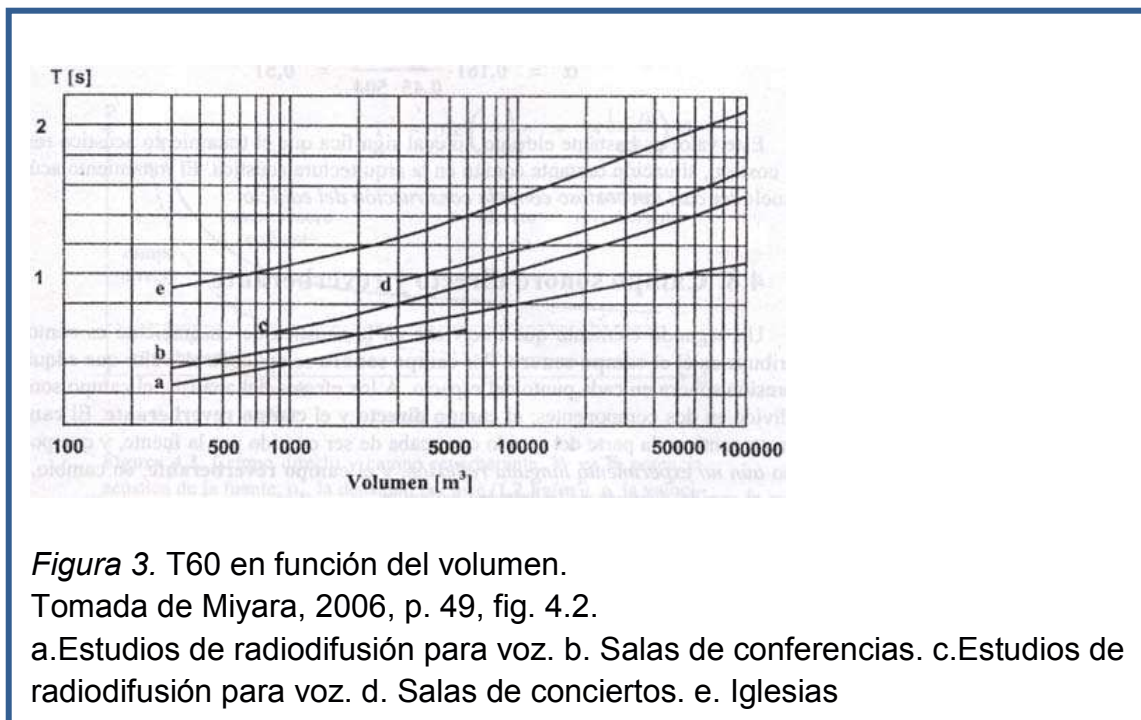
Donde:

$$m: \text{Constante de Atenuación del aire} = 5.5 \times 10^{-6} \left(\frac{f}{1000}\right)^{1.7} \left(\frac{50}{h\%}\right)$$

Existe un T60 óptimo y éste aumenta al aumentar el volumen de la sala.

Para el uso de la palabra, el T60 debe ser menor que para actividades musicales ya que el sonido de las consonantes son importantes ya que son cortas, las vocales largas y altas, lo cual hará que en un T60 grande estas se escuchan mucho y las consonantes no se entiendan. Mejorar la redacción de esta última oración. Al contrario que en la música, el realce de los sonidos es el importante, los pequeños y grandes sonidos con respecto a su cuerpo, en conjunto enmascaran pequeñas fallas de interpretación y suavizan al sonido percibido. En un estudio de grabación el T60 debe ser controlado.

La figura 3 muestra los valores de T60 óptimo para cada tipo de sala, según su volumen.



### 1.1.6. Tiempo de Reverberación Inmediato, *EarlyDecay Time* (EDT)

El parámetro de EDT es el tiempo que transcurre desde que la fuente deja de emitir sonido hasta que decae 60dB, al igual que el T60 que se mencionó anteriormente, pero con relación a una pendiente que nace de los 10 primeros

decibeles después que la fuente dejen de sonar. Como se mide a menos tiempo (según la pendiente que tenga) se le denomina T60 temprano.

El EDT tiene mucho que ver con las primeras reflexiones del frente de onda que hay en una sala, ya que son los que el nivel de energía hacen estables o irregulares; Si una sala es “perfecta”, la pendiente coincidiría con el fin de la curva, es decir llegaría a los 60 dB y los valores de T60 y este serían los mismos, pero esto no pasa en la realidad.

En todas las salas del mundo, destinadas para música, teatro, en fin, eventos que tengan que ver con algún tipo de espectáculo, no habrá una caída lineal.

Los valores de EDT mucho menores que T60 no son muy apreciados en la música, pero sí para la oratoria.

### 1.1.7. Brillo y Calidez

Los conceptos de Brillo y Calidez son muy fáciles de describir, lo importante para relacionar estos dos con la acústica viene dado por las frecuencias a las que se les asigna, Calidez a las bajas frecuencias y el Brillo a las altas frecuencias, a las que dan el detalle del sonido.

La calidez como se dijo, está formada por las bajas frecuencias, y una sala puede ser “Cálida” si tiene una buena respuesta de bajas frecuencias. La calidez se puede medir en base al T60 de la sala, pero en determinadas frecuencias, específicamente (125 y 250Hz). Tomando en cuenta el valor medio que hay en estas frecuencias se obtiene el T60 bajo ( $T_{low}$ ), y además tomamos en cuenta el valor medio de las frecuencias medias que serían entre 500 y 1000Hz, obteniendo el T60 medio ( $T_{mid}$ ). La razón de estos resulta el índice de calidez así:

$$I_{calidez} = \frac{T60(125Hz) + T60(250Hz)}{T60(500Hz) + T60(1kHz)} = \frac{T_{low}}{T_{mid}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Los parámetros están recomendados para salas de música y teatros, siendo 1,2 los recomendados para la música; y entre 0.9 y 1.3 para teatros, con una sugerencia de 1,1 como valor intermedio óptimo para la segunda.

El brillo de una sala denota el detalle, los armónicos, la claridad con la que los instrumentos se escuchan en su interior. Por ejemplo los platos de una batería tienen un gran contenido de altas frecuencias que hace tener una percepción

de nitidez en una interpretación de batería bien ejecutada. Este parámetro de la sala también se lo puede calcular tomando en cuenta la media entre las frecuencias altas, en este caso, entre 2000Hz y 4000Hz también llamado T60 alto ( $T_{high}$ ) y el valor medio entre las frecuencias medias ya mencionadas ( $T_{mid}$ ). Entonces la formula sería:

$$Brillo = \frac{T60(2000Hz) + T60(4000Hz)}{T60(500Hz) + T60(1kHz)} = \frac{T_{high}}{T_{mid}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Para el brillo, los valores recomendados son entre 0.8 y 1 independientemente si es sala de música o teatro.

### 1.1.8. Índice de Definición (D50)

El índice de definición es el valor de la presión sonora en un punto determinado de un sonido de impulso, este es un porcentaje y tiene mucho que ver con el tiempo de reverberación de la sala y la percepción psicoacústica de los espectadores, ya que una sala que tenga un índice de definición menor al 45% o más pequeño hace pensar que es muy poco íntimo, por tanto muy reverberante y la gente no se va a sentir bien. Lo más recomendable es que en una sala de conciertos el índice de definición interna sea de 0.5 (50%). Ahora, si esta medida sube, psicoacústicamente parece que la calidad acústica del recinto baja.

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t) dt} * 100 (\%) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Para salas que el habla es lo primordial, los índices deberían ser iguales o superiores a 0.65

### 1.1.9. Índice de Claridad (C80)

El índice de claridad es un valor expresado en decibeles que indica la cantidad de energía sonora que hay en los primeros 80ms con respecto a los siguientes ms después de este tiempo, también llamada energía tardía.

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{80ms} p^2(t) dt}{\int_{80ms}^{\infty} p^2(t) dt}$$

(Ecuación 9)

Un índice de claridad alto significa que el nivel de presión sonora, o el nivel de energía que está en la sala en los primeros 80ms es mayor que la energía que llega después de los 80ms, y eso sugiere un sonido muy claro. Lo que esto significa es que el sonido se reflejará en las paredes próximas al oyente mucho más que en las paredes y superficies restantes de la sala.

Como este índice está relacionado con el T60 y por ende el EDT, la relación de estos será mayor ya que el EDT será más pequeño que el T60 medio.

Los valores recomendados para el C80 según Arau que cita a Barron, a Reichardt y a Lehmann son:

Salas de Conciertos:  $-2\text{dB} < C_{80} < 4\text{dB}$

Salas de Teatro:  $C_{80} > 6\text{dB}$

Para un estudio de grabación, el índice de claridad debe ser el más óptimo ya que la claridad en los estudios y la nitidez son lo más importante

#### **1.1.10. Nivel total de sonido Lt (10)**

La conceptualización de este parámetro es fácil de asimilar, es específicamente la diferencia del nivel de presión sonora de una fuente en un punto determinado de una sala con el nivel de presión sonora de una fuente omnidireccional de igual potencia que la primera, pero en campo libre a 10 metros de distancia. El sonido emitido por los 2 altavoces o fuentes es un barrido de frecuencias. Los valores que obtengamos a partir de estas mediciones deberían ser superiores a 0dB en cualquier punto de la sala.

El nivel total de sonido está ligado con la distancia, las primeras reflexiones y el T60 de la sala, además de todos los parámetros que están inmersos dentro de estos 3 grupos.

#### **1.1.11. Modos normales de vibración**

Los modos normales de vibración son, como su nombre lo dice, vibraciones o excitaciones en frecuencias originadas principalmente por el diseño de la sala o recinto, no son un mayor problema si es que esta tiene una



distribución espectral normal u homogénea; sino es el caso, se habla de que distribución modal no es normal y que dos o más modos coinciden en una frecuencia determinada. Estas excitaciones normalmente están entre los 20Hz y los 300Hz y son molestas porque las bajas frecuencias tienen mucha energía y al resonar estas hasta pueden enmascarar al resto.

La forma más sencilla de atenuar dichas frecuencias escon absortores o trampas de bajos, lo que hacen es disminuir la energía de la frecuencia y asíequilibrar la sala en su espectro previamente medido.

Hay varias consideraciones que se debe tener en cuenta para la medida de los modos normales de vibración de una sala, entre estos es su forma, si es rectangular o no. Si es el caso de que es rectangular, se debe considerar:

Cuando una frecuencia es excitada y la frecuencia del modo normal de ese recinto es muy parecida, el nivel de presión sonora aumentará entre 6 y 10 dB dentro de esta sala, ya que la excitación entre la fuente y la superficie tienen una amplitud máxima.

Como se dijo, la frecuencia de los modos normales depende de la geometría del recinto en cuestión. Entonces:

$$f_{m,n,l} = \frac{C}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{l}{L_z}\right)^2} \text{ Hz}$$

(Ecuación 10)

Donde:

m, n, l: Coordenadas rectangulares en el espacio (0, 1, 2, ...)

Lx, Ly, Lz: dimensiones del recinto (volumen) [m]

C: Velocidad del sonido [m/s]

“La frecuencia modal más baja viene asociada a la dimensión más grande del recinto. La excitación de un modo normal será mayor mientras más cerca esté la fuente de un antinodo (o punto máximo de presión) y mientras menor sea la diferencia entre la frecuencia modal y la frecuencia radiada por la fuente externa” (Carreño, 2008, apuntes personales s/p.)

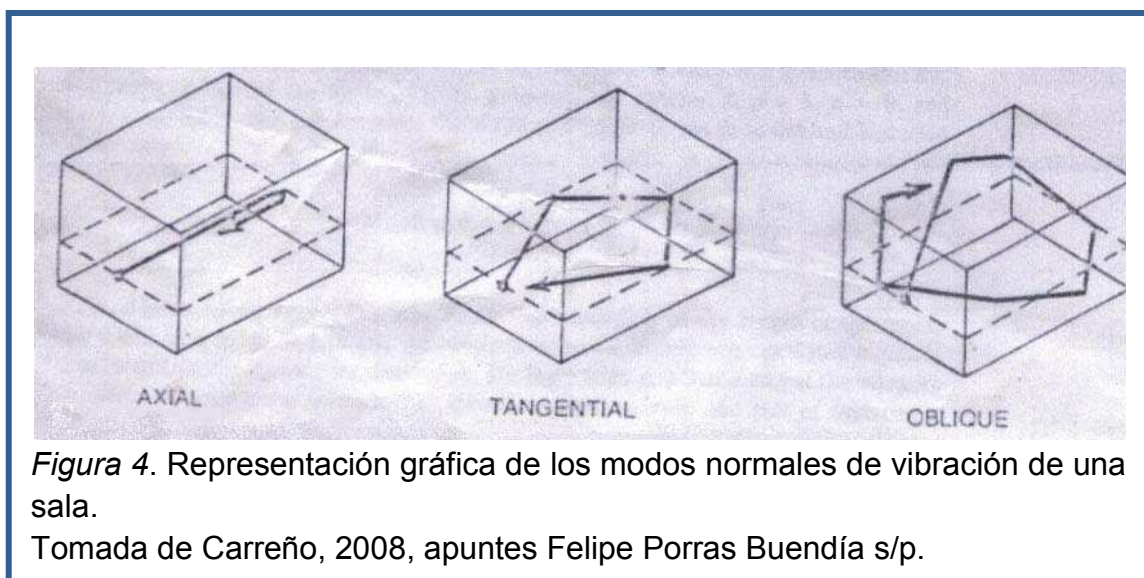
Es por eso que se sabe que es más fácil excitar modos normales de vibración de una sala si se coloca un altavoz en la esquina de la sala o un micrófono en el mismo sitio, este captará la presión máxima de ese modo. La distribución de la sala se basa en excitaciones de partículas u ondas de tipo estacionario que

según la trayectoria que llevan se clasifican en: axiales, tangenciales y oblicuos.

Los modos axiales son aquellos en que las ondas se mueven paralelos a los ejes.

Los modos tangenciales son en los que las ondas se mueven en forma tangencial a 2 ejes o paralela a un plano.

Los modos oblicuos son en los que la onda se mueve diagonal a los 3 ejes o en el caso de un recinto a sus paredes.



La fórmula para calcular los modos normales de vibración es:

$$Q = \frac{4\pi V f^3}{3C^2} + \frac{\pi S f^2}{2C^2} + \frac{fL}{2C}$$

(Ecuacion 11)

Donde: Q = Número total de modos

V = volumen del recinto

f = frecuencia

C = velocidad del sonido (344 [m/s])

S = superficie total del recinto ( $s = xy + xz + yz$  [m<sup>2</sup>])

L = longitud total de los ejes ( $L = 4(x + y + z)$  [m])

Y la densidad modal viene dada por:

$$DQ = \frac{4\pi V}{C^3} f^2 + \frac{\pi S}{C^2} f + \frac{L}{2C}$$

(Ecuacion 12)

### 1.1.11.1. Diagrama de Bolt

Una forma de establecer una buena relación de proporciones de la sala para evitar que exista en lo posible modos normales de vibración es con la utilización de las siguientes relaciones de dimensiones:

Ashrae:

1 : 1.17 : 1.47

1 : 1.45 : 2.10

Bolt:

1 : 1.28 : 1.54

IAC:

1 : 1.25 : 1.60

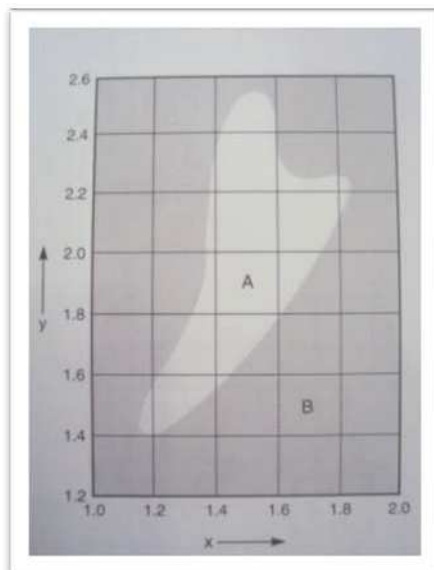
Sepmeyer:

1 : 1.14 : 1.41

Regla de oro:

1 : 1.26 : 1.41

El comúnmente usado es el de Bolt y se complementa con la figura 5 que muestra las dimensiones en 2 zonas. La zona A muestra que la combinación es favorable o buena, y la zona B es desfavorable o debe evitarse:



*Figura 5. Diagrama de Bolt*

Tomada de Arau, 1999, p. 226, fig. 7.5

### **1.1.12. Resonancias**

Es el fenómeno mediante el cual un cuerpo en reposo comienza a vibrar producto de una fuerza externa de tipo senoidal que lo excita con la misma frecuencia natural. En el apartado de Modos normales de vibración se mencionó que estos son excitaciones de baja frecuencia que causan problemas; estas vibraciones se llaman resonancias y suceden porque hay varias reflexiones que no cambian de dirección y son perpendiculares a dos paredes paralelas, también conocida como onda estacionaria.

El principal problema que tienen estas ondas estacionarias es que si al emitir una frecuencia que la sala tiene problemas, esta será amplificada, o sea que su amplitud será mayor con respecto a otras, además que tendrá mayor tiempo de duración. Las consideraciones para un recinto que desee evitar resonancias son:

“Evitar superficies paralelas, Absorción acústica para reducir el T60, Ecuilibración de la sala para evitar las frecuencias cercanas a la resonancia, Aplicar difusores” (Miyara, 2006, p. 52)

Al no tener superficies paralelas se entiende que se debe evitar las simetrías, así se reduce drásticamente la posibilidad de resonancias.

### **1.2. Aislamiento Acústico**

El aislamiento acústico de una sala es literalmente la separación de la misma para el resto de salas o ambientes a su alrededor. El aislamiento se lo debe hacer para frenar los ruidos externos hacia la sala y evitar que salgan los ruidos generados dentro de la misma. Es muy importante el aislamiento para un buen sonido, ya que así se evita sonidos molestos desde salas vecinas que pueden afectar la grabación o la interpretación de la música.

“El aislamiento acústico se define por la cantidad de energía perdida que sufren las ondas sonoras al atravesar una pared” (Recuero, 1993, p. 511)

Existen 2 tipos de transmisión las cuales se ataca con el aislamiento acústico: La transmisión estructural y la transmisión aérea.

Por simple analogía se puede saber que todo el ruido de transmisión aérea se propaga por el aire y que el ruido de transmisión estructural es el que se transmite por los límites de la sala hacia el exterior en forma de vibración y en otras ocasiones como ruido aéreo.

El ruido estructural es mayormente de baja frecuencia y será más alto el aislamiento mientras más alta sea la densidad superficial ( $\text{Kg/m}^2$ ) de la superficie límite por la que se transmite este ruido. Es común que en hogares se escuche en su mayoría la música del vecino pero no todo el rango de frecuencias sino solo los emitidos por la percusión y el bajo.

La solución de este problema es justamente variar la densidad superficial de las paredes, piso o techo, según donde esté el problema. La opción más recomendada, según Miyara, es la de tener una cámara de aire entre las paredes si esta superficie límite presenta algún problema, por ejemplo si se tiene una pared de concreto de 20cm, es preferible tener 2 paredes de 10cm con un espacio de aire en el medio. Esto mejora la atenuación del ruido ya que la energía disminuye como consecuencia de un cambio abrupto en la densidad del material.

El ruido aéreo se puede atenuar con la variación de las propiedades absorbentes de las superficies límite del recinto.

### **1.2.1. Criterio de Ruido (NC)**

De la mano con el acondicionamiento acústico y el Aislamiento acústico está el criterio de ruido el cual se debe tener presente antes de cualquier acondicionamiento del local, es decir, comprobar el aislamiento de la obra gruesa, la cual debe estar acorde con la utilización de la sala.

Si en una obra se empieza a acondicionar cuando están la etapa de los acabados, se evalúa, y se dan cuenta que no tiene buen aislamiento la sala, la obra será banal, ya que la esta no estará a la altura de los fines establecidos. La modificación de obra gruesa es vital en un local especializado en música, sea agregando más masa a las paredes, inclinándolas, modificando altura, entre otras posibilidades.

Las curvas de criterio de ruido están asociadas a una tabla de ruido ambiental máximo que es estándar, creados por Beranek.

Tabla 2.

Ruido máximo recomendado para una sala

Tomado de Carrión, 1998, p. 43, tabla 1.3.

TIPOS DE RECINTOS	CURVA NC RECOMENDADA	EQUIVALENCIA EN dBA
Estudios de grabación	15	28
Salas de conciertos y teatros	15-25	28-38
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30	33-42
Salas de conferencias / Aulas	20-30	33-42
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35	42-46
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	35-40	46-50
Restaurantes	35-40	46-50
Salas de ordenadores	35-45	46-55
Cafeterías	40-45	50-55
Polideportivos	40-50	50-60
Talleres (maquinaria ligera)	45-55	55-65
Talleres (maquinaria pesada)	50-65	60-75

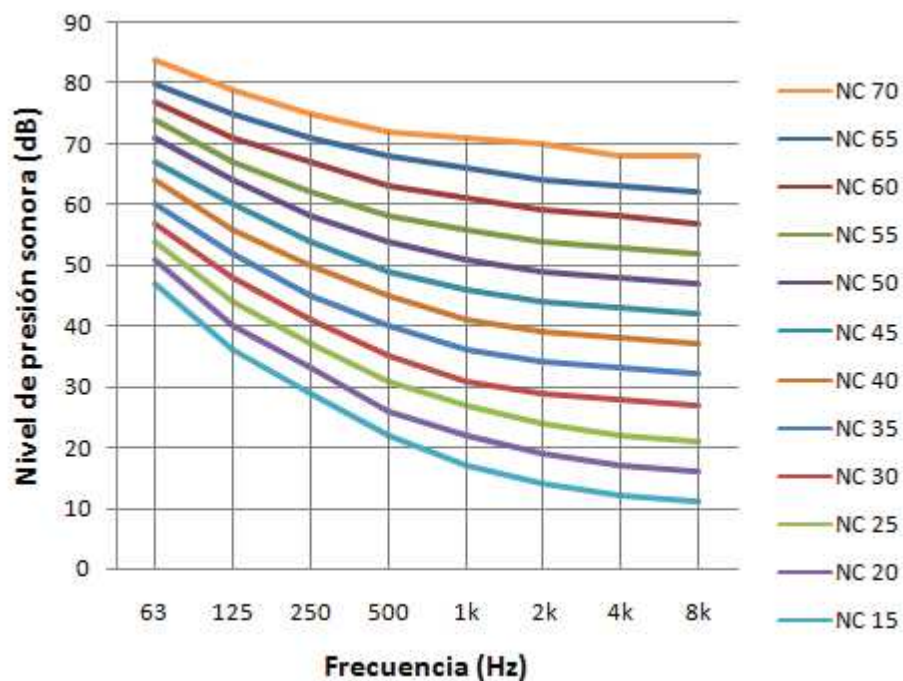


Figura 6. Curvas NC

Tomado de [http://elrincondelaudioylaacustica.blogspot.com/2010/04/las-famosas-curvas-nc\\_19.html](http://elrincondelaudioylaacustica.blogspot.com/2010/04/las-famosas-curvas-nc_19.html), 2013

Se dice que en un recinto cualquiera cumple con las especificaciones NC si todos sus niveles de ruido medidos por octavas están por debajo de la curva NC, para un estudio de grabación puede estar hasta debajo de la curva NC 15 o NC 20.

### 1.2.2. Pérdida de Transmisión (TL)

Es la capacidad de un material para reducir el paso de la onda sonora a través de un material. El TL se define como el cociente entre la energía sonora transmitida por un material y la energía sonora incidente. Se expresa como:

$$T = E_t / E_i$$

(Ecuación 13)

O Matemáticamente:

$$TL = 10 \cdot \log \frac{1}{t}$$

(Ecuación 14)

El TL de una partición (material o materiales) se mide tomando en cuenta el nivel de presión sonora del sonido que incide en la partición y el aislamiento del material. Se envía un sonido de un lado de la partición y captando éste, se coloca un micrófono de medición del otro lado. El cociente de este se obtiene con la ecuación 13 o 14.

El TL mide en decibelios (dB), la eficacia en la reducción del Nivel de presión sonora de un material. Si mayor es el TL, mayor es el aislamiento del material. La rigidez es la capacidad que posee un material para resistir a las ondas de flexión, contribuyendo así a la depresión de coincidencia.

### 1.2.3. Coeficiente de transmisión Sonora (STC)

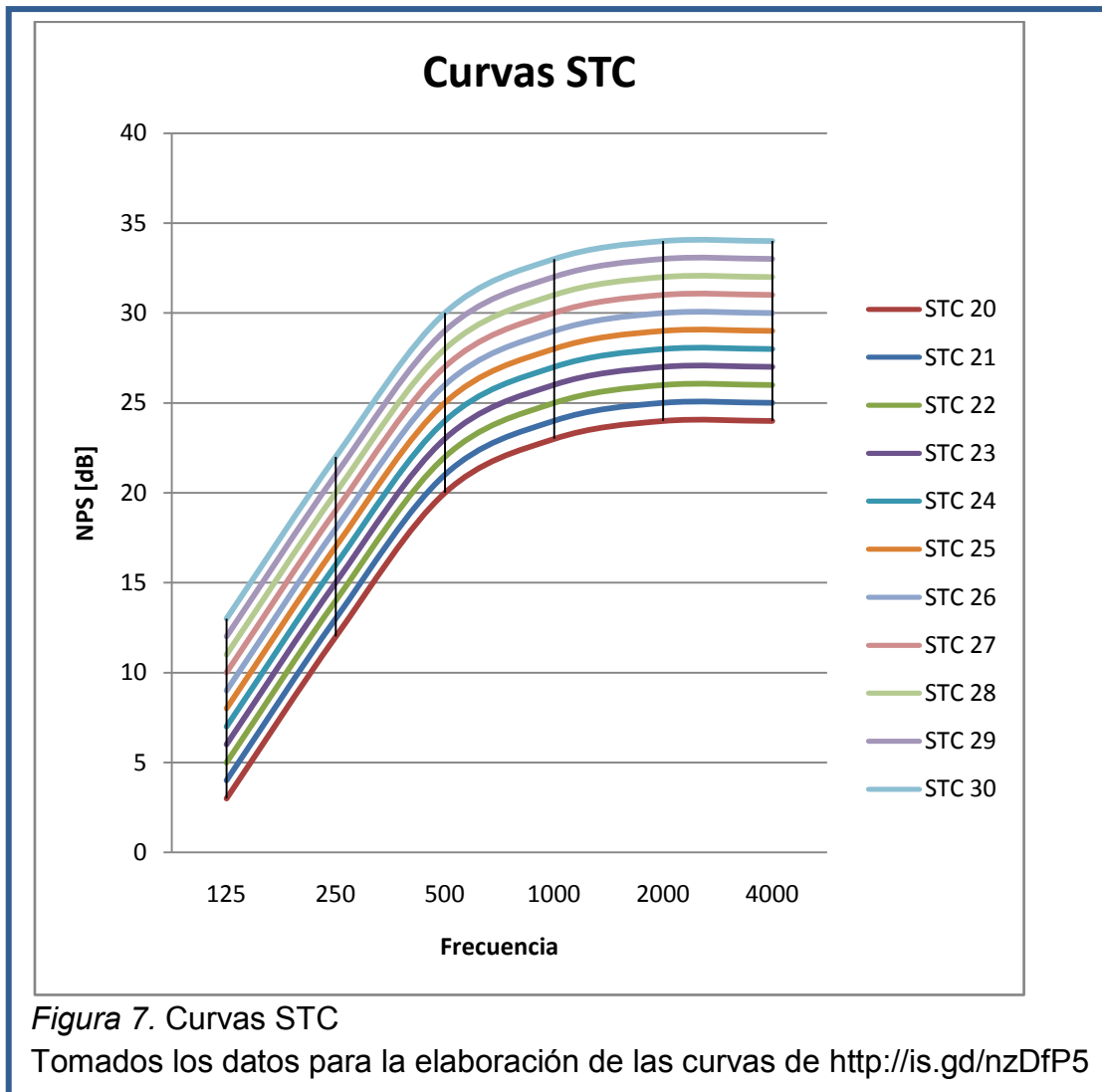
Este parámetro está estrechamente ligado con el TL, el cual tiene por objetivo saber cuánta energía atenúa al pasar por un material, se expresa en dB, y está ligada a su vez con la frecuencia del frente de onda incidente, así pues si la pérdida es de 30dB, supone que del otro lado del material será 30dB menor.

Los valores típicos de TL varían desde 10dB a 70dB. Para determinar el STC se empieza por medir el TL de una superficie, material o partición, por banda de tercio de octava desde los 125Hz hasta los 4KHz.

Con este valor de TL ya conocido, el valor STC es un valor único que cuanto mayor sea este, mayor será la aislación de la partición. Por ejemplo un valor de

STC inferior a 25 implica que una voz se entiende normalmente y si este valor es superior a 45 la voz casi no se entiende.

En la figura 7 se muestra las curvas donde se encuentra este valor STC según los datos obtenidos, la curva de TL se compara con estas curvas y se determina el STC mas próximo a la del TL, esta curva no debe tener por cada banda mas de 8dB de diferencia y la suma de todas las diferencias no debe ser mayor a 32dB.



### 1.3. Cadena electroacústica de un estudio de grabación.

La cadena electroacústica de un estudio de grabación se elige en base a las necesidades específicas y además al presupuesto que maneja. En términos sencillos, la cadena eléctrica y acústica que va a ser el corazón del estudio



debe ser cuidadosamente seleccionada y conectada. Esta se refiere al proceso en el cual la señal acústica, la voz o el sonido de algún instrumento, se transforme a señal eléctrica para que pueda ser procesada o grabada en formato digital o análogo.

La base fundamental de esta cadena es la calidad de los circuitos eléctricos que se tengan en cada uno de los dispositivos usados para la grabación. Usualmente los equipos que son más caros son los mejores, ya que el alto costo implica que se usen materiales más sofisticados y especializados para desarrollar una tarea específica, además de la investigación involucrada en su desarrollo. Esto no quiere decir que si un estudio, usa tecnología que no se la de punta, este no tendrá un buen material final. Los resultados finales en una grabación dependen de la forma de utilización de los recursos de cada uno de los estudios de grabación y los criterios que tiene el ingeniero de sonido para realizar su trabajo. Se puede obtener resultados muy satisfactorios con tecnología de bajo costo, que es lo más común.

Las partes más importantes de la cadena electroacústica son: Micrófono, cables, preamplificador, filtros y ecualizadores, compresores y limitadores, consola, sistema de grabación/reproducción, efectos, amplificador, altavoces, headphones. No todos son necesarios para obtener un buen producto.



## 2. Estudio de la situación actual

### 2.1. Descripción de la empresa

#### 2.1.1. Consideraciones generales

La Empresa Magic Sound & Music fue fundada el 18 de Enero de 2008, para esa fecha empezó con sus oficinas en un estudio totalmente casero pero con las condiciones acústicas óptimas para el desempeño de la empresa. Tiempo después el equipo administrativo (Gerente General y Gerente Financiero) decide adquirir un inmueble en el cual sería la nueva infraestructura de Magic Sound & Music. Esta era una vivienda que, hasta su adquisición, fue habitada por una familia.

Después de un diagnóstico previo a la estructura de la casa, y sabiendo las necesidades de la empresa, empezó la remodelación interna, usando los criterios acústicos necesarios para tener una buena aislación acústica y posteriormente un óptimo acondicionamiento interno de todas las salas de control y de músicos.

Esta vivienda está ubicada en la calle Ulloa N34-53 y Rumipamba



El enfoque de la empresa esta destinado a 6 frentes fundamentales para el mercado de Ecuador.

1. Producir, grabar, mezclar y masterizar musica para grupos, bandas, solistas, sinfónicas, cuartetos, entre otros.

2. Producir musica original para películas, comerciales, cuñas, entre otros..
3. Producir cuñas radiales (locuciones, sfx, música) de todo tipo.
4. Coproducir comerciales de TV (solo la parte de Sonido: sfx, lipsync, locuciones, música).
5. Hacer Sonido Directo para comerciales de TV.
6. Doblajes de Infomerciales, Series, Novelas, Películas

Para realizar estas actividades, es necesario el personal idóneo, lo suficientemente preparado para desarrollarlas con éxito. Es así que el equipo de Magic Sound & Music está conformado por:

- ▶ Pablo Aguinaga / Gerente General  
Bachellor en Produccion musical y sonido, Bachellor en música contemporanea. Universidad San Francisco de Quito.
  
- ▶ Carlos Ruiz / Gerente Administrativo - Financiero  
Licenciado, Master en Administración de empresas. Tecnológico de Monterrey.
  
- ▶ Luis Carlos Vega / Productor Musical  
Bachellor of Audio engineering degree. Universidad G.Martel.
  
- ▶ Felipe Porras Buendía / Productor de Audio  
Egresado de Ingenieria en Sonido y Acústica. Universidad de las Américas.
  
- ▶ Anabel Naranjo Estrella / Productora Ejecutiva  
Licenciada en Producción Musical. Universidad San Francisco de Quito.

El proceso Báse de la cadena de producción dentro de la empresa se aprecia en La figura 10:

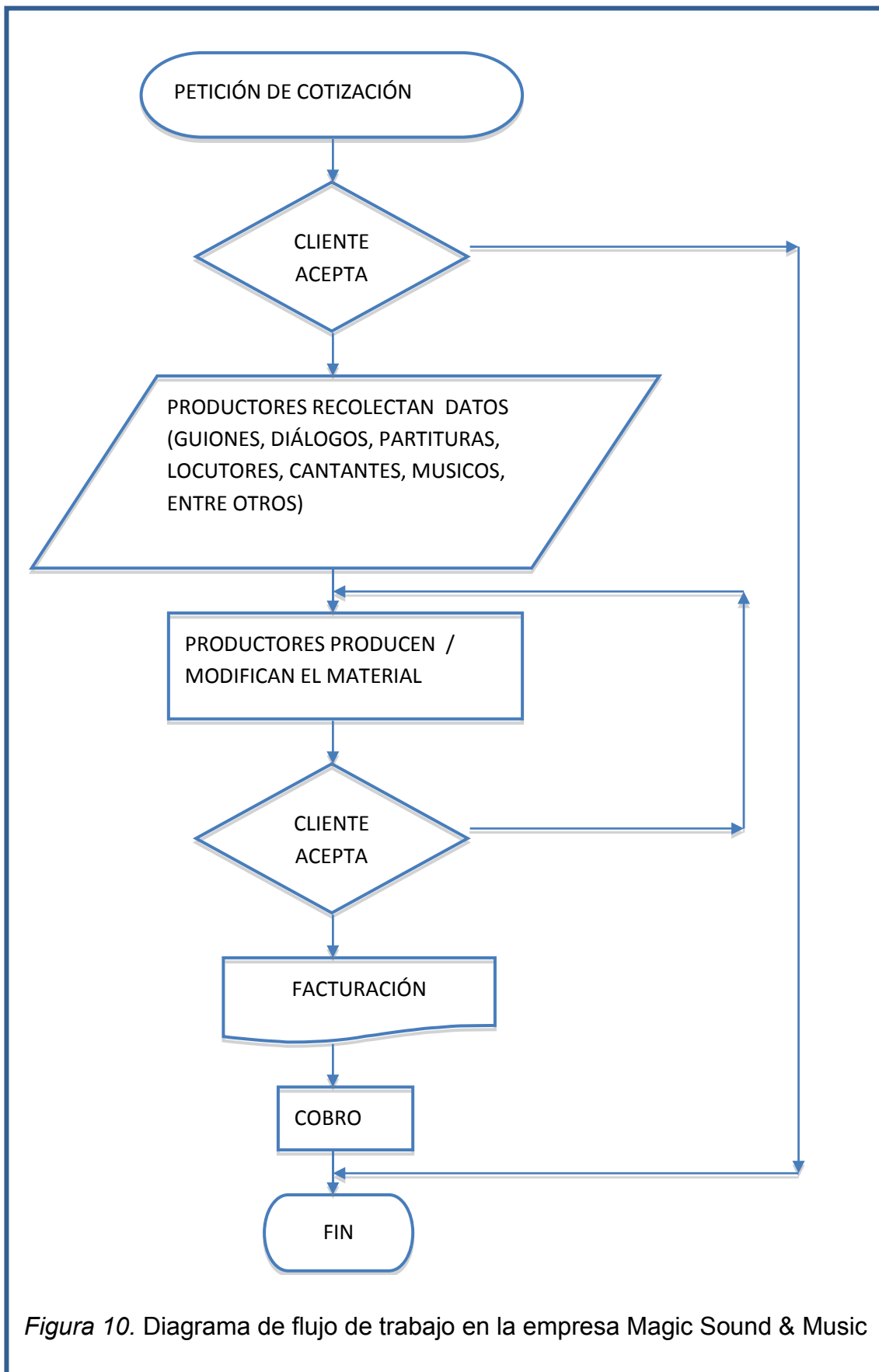
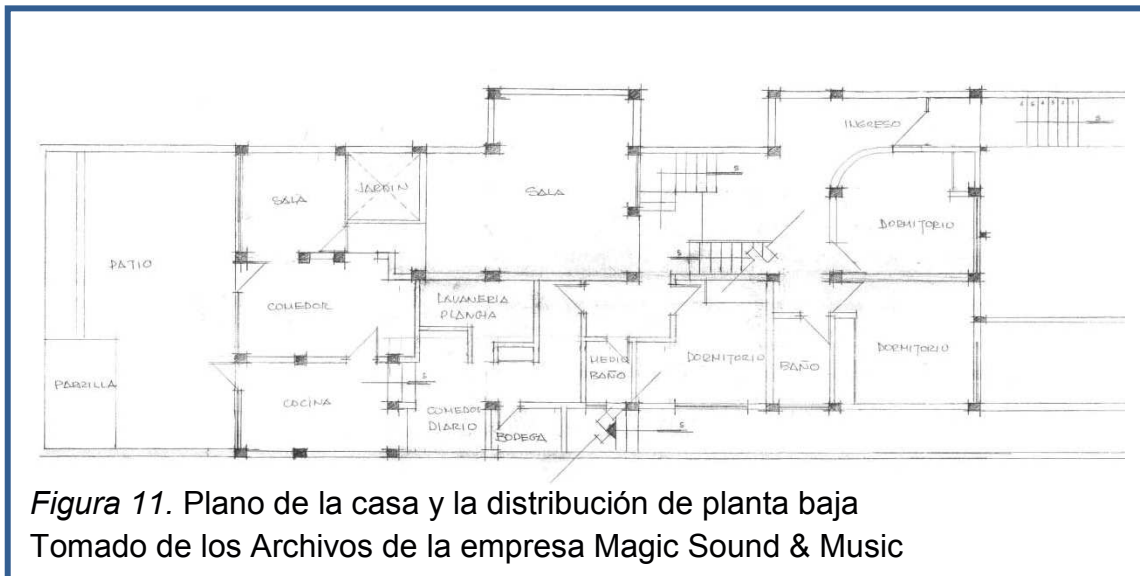


Figura 10. Diagrama de flujo de trabajo en la empresa Magic Sound & Music

Tomando en cuenta todo lo anterior, la Empresa Magic Sound & Music ha emprendido un proyecto para crear y montar el estudio de grabación que satisfagan sus necesidades. Este estudio deberá tener tres estudios independientes (control room y sala de músicos) para sus distintas necesidades. El primer estudio y principal, aquí llamado “Estudio Fi”, será montado para la grabación de bandas en vivo y para la post producción de películas y comerciales. El “Estudio Delta”, será utilizado para postproducción de comerciales de TV y para grabación instrumental excepto para batería. El “Estudio Epsilon” estará diseñado para la elaboración de comerciales y locución de voces, edición de las mismas, cuñas de radio y doblajes.

La infraestructura destinada para ser el estudio de grabación de la empresa Magic Sound & Music, es una vivienda actualmente de 2 plantas, la primera planta tiene un desnivel de aproximadamente 1,5 metros. Las salas se realizaran en donde ahora son: patio, comedor y cocina, para estudio 1 con su respectivo control room. Salay hall para el estudio 2. Cuarto de lavandería, estudio, y pasillo para el estudio 3. Entrada y 2 dormitorios se usaran para recepción y oficina financiera. El segundo piso de la casa, que es un dormitorio y un baño, se utilizará para la oficina de gerencia.



## 2.2. Evaluación acústica inicial

La recomendación principal para la construcción de las paredes del local es aumentar el grosor y así aumentar la densidad de las mismas para evitar filtración de ruido desde y hacia afuera, ya que existen casas contiguas. Obviamente con la consigna de hacer paredes dobles lo mas “caras” posibles para el presupuesto de la empresa. Las demás condiciones acústicas no fueron medidas ya que el estudio era tan solo paredes exteriores y columnas principales interiores.

### 2.3. Ruido de fondo del lugar

Este ruido de fondo es medido una vez comprada la casa, y desmanteladas todas las mamposterías y demás recubrimientos de las paredes para tener una idea clara de que se debe poner en las paredes al momento de la construcción del estudio. Como lugar de medición se tomó el centro de los 3 futuros estudios, en el que sería posteriormente el corredor.

El ruido de fondo del local donde estará montado el estudio es: 59.4dB (ver figuras 12 y 13) este ruido fue medido a las 17H58` ya que a esa hora es hora pico de tráfico y teniendo en cuenta la hora de salida de la mayoría de los estudiantes de un centro de estudio superior cerca del lugar.

Contemplado en los estándares de medición de ruido de fondo fue medido con un sonómetro de las siguientes características y configuraciones

Marca:	01dB
Modelo:	Solo 40207
Tipo:	2
Duración de la medición:	10min (por inestabilidad del ruido)
Ponderación:	Leq A
Bandas:	1/3 de octava

Los resultados relevantes de la tabla que entrego el sonómetro son:

Leq A:	59.4 dB (A)
LeqLin:	73.4 dB

En general, vemos que el ruido de fondo del lugar rebasa en aproximadamente 30 dB el objetivo para un estudio de grabación.

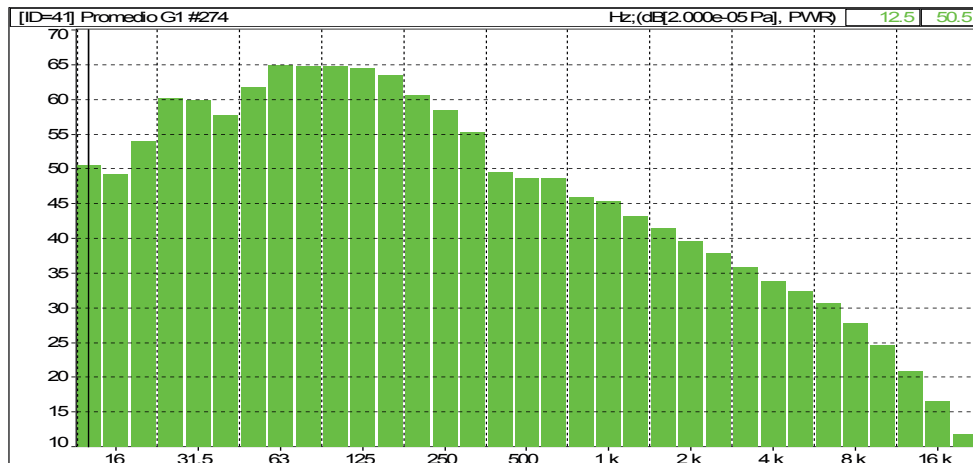


Figura 12. Diagrama de Barras de Medición ruido de Fondo

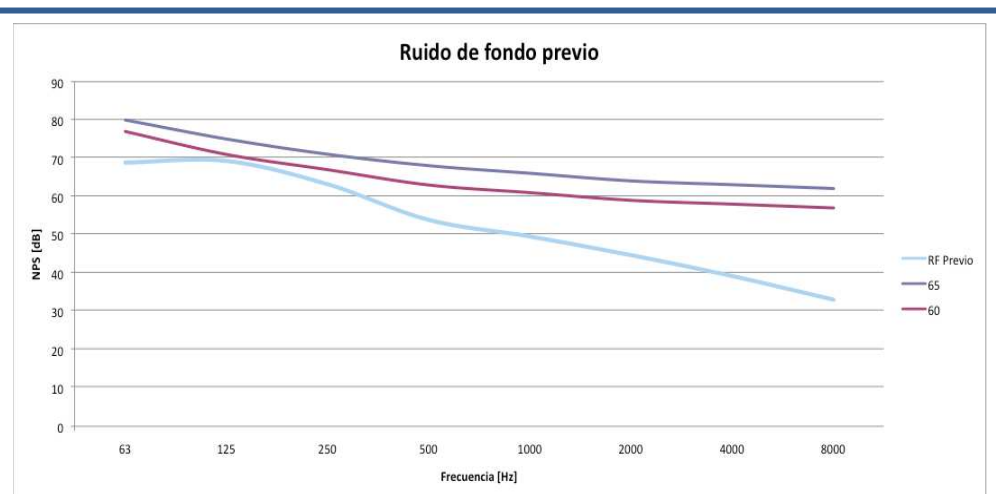


Figura 13. Comparación del ruido de fondo previo con las curvas NC

Observamos que la figura 13, la curva del ruido de fondo esta por debajo de la NC 60 que corresponde a talleres y maquinaria pesada, tenemos que estar por lo menos debajo de la NC 20 para lograr el objetivo.

## **2.4. Análisis arquitectónico previo**

La distribución de los espacios de la casa son:

Planta baja:

1 habitación con baño, 1 estudio y una sala de estar, 1 Sala, 1 Comedor, 1 Cocina, cuarto de maquinas, alacena, 1 Baño y 1 jardín.

Planta Alta:

1 habitación Master con baño completo

En el Anexo 1 se puede ver el diseño en planos de la distribución preliminar de la casa.

Estos espacios se modificaron para adaptar los estudios de grabación y control de Magic Sound & Music, y el área administrativa. Esta Tesis se basa exclusivamente en la planta baja del estudio de grabación ya que ahí se situarán las salas de control y de músicos. En los anexos se podrá observar los planos de la planta alta.

Así mismo es importante señalar que esta tesis se empezó cuando estaba ya desmantelada la casa y los planos preliminares del estudio estaban ya terminados, por lo cual las alteraciones que sufrió el estudio de los planos finales y actuales están dentro de esta tesis (ver Anexo 1).

## **3. Diseño Acústico**

### **3.1. Generalidades**

#### **3.1.1. Requerimientos del Cliente**

La empresa Magic Sound & Music, con sus accionistas, requieren tener en las instalaciones lo siguiente:

1. Estudio Fi: Sala de control y Músicos Grande, destinada para grabación de bandas en vivo, musicalización de Cine y Tv, doblajes.
2. Estudio Delta: Salas Medianas, destinadas para grabacion de músicos, doblajes, locuciones
3. Estudio Epsilon: Salas Pequeñas para producción de Comerciales de Tv, Doblajes, Locuciones de Radio.
4. Sala de Espera

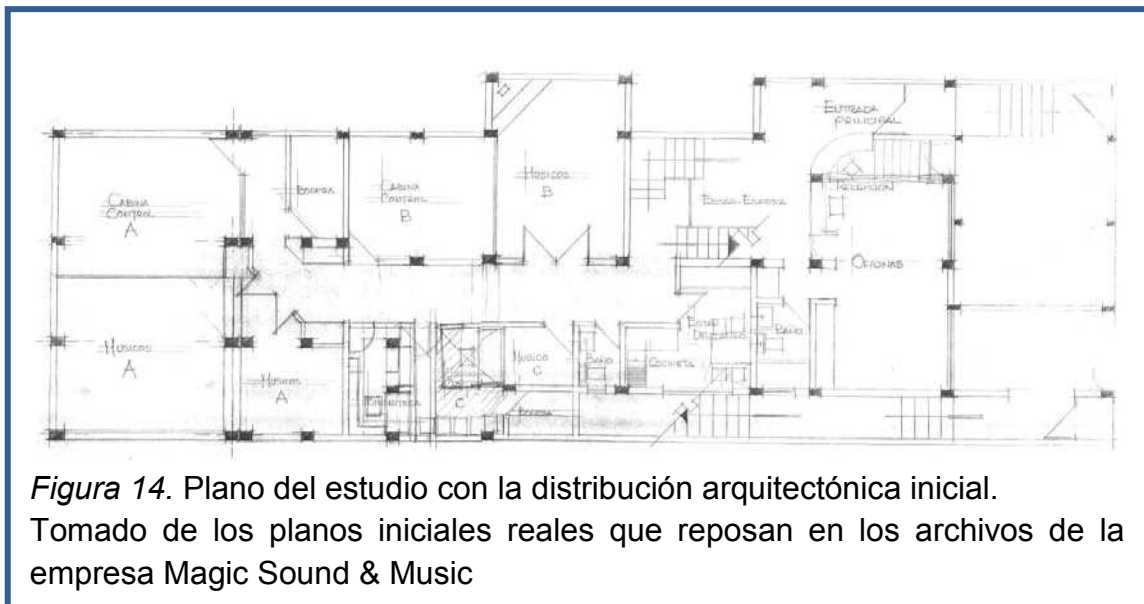


5. Recepción
6. Oficina Gerencial con Sala de Reuniones
7. Oficina de Contabilidad
8. Oficina de Gerencia Financiera / Administrativa
9. 3 baños
10. Cocina
11. Sala de Instrumentos
12. Biblioteca

En esta tesis solo se contemplará los 3 estudios.

### 3.1.2. Propuesta Arquitectónica Inicial

Inicialmente se propuso un acertado diseño de parte del arquitecto, como se puede ver en el Anexo 1 y en la figura 14.



*Figura 14.* Plano del estudio con la distribución arquitectónica inicial.

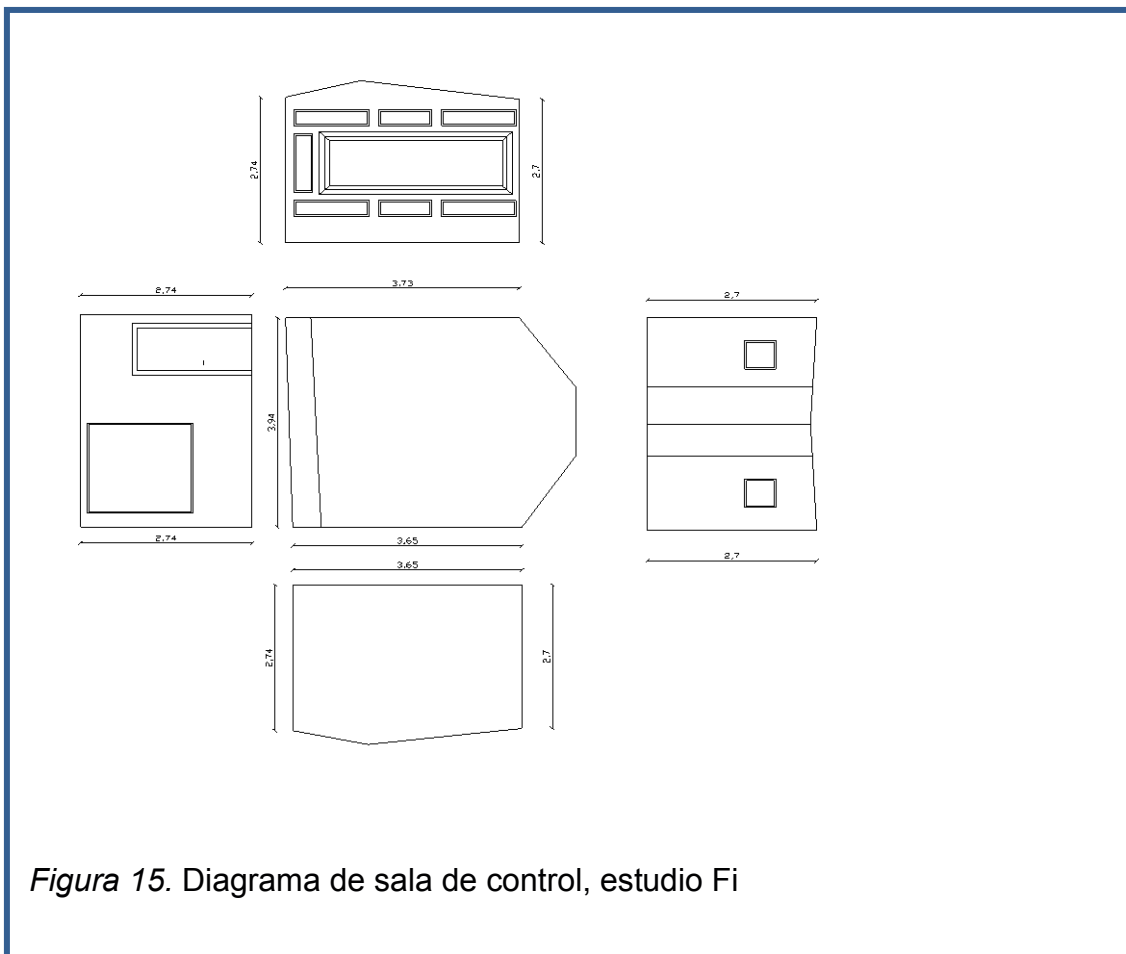
Tomado de los planos iniciales reales que reposan en los archivos de la empresa Magic Sound & Music

A este diseño le faltaban las condiciones acústicas que, principalmente, haga que un polígono no tenga lados paralelos. Por lo cual se modificó el diseño de cada uno como se verá en los puntos siguientes y resultando en el plano mostrado en la figura 38.

### 3.2. Estudio Fi

#### 3.2.1. Diseño Arquitectónico

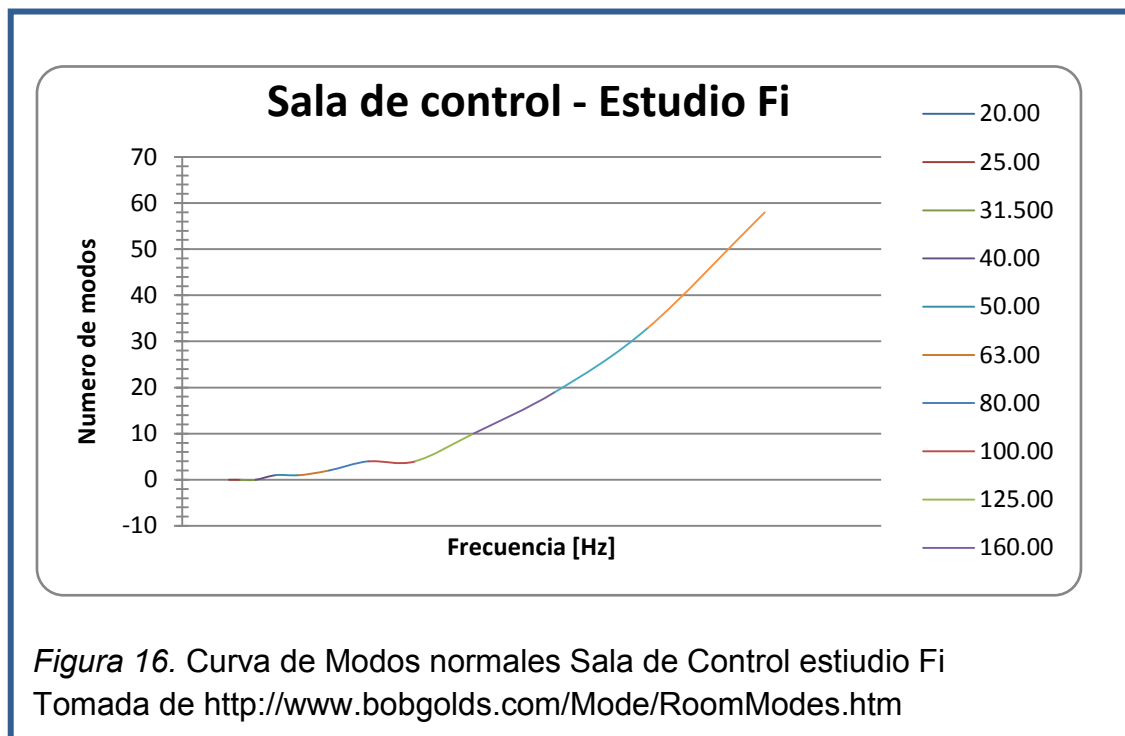
Se resolvió y aprobó el siguiente diseño ya que con esta distribución arquitectónica del estudio se puede observar en la figura 15 que los paralelismos, que es la base de una buena acústica, estén eliminados. La pescera estará inclinada por lo que el paralelismo aparente entre las paredes laterales estará controlado. El techo está inclinado hacia atrás para obtener mayor reflexión hacia el sweet spot (oído del ingeniero).



#### 3.2.2. Modos Normales de Vibración

Los modos normales de vibración de esta sala no pueden ser predecidos ya que esta sala no es rectangular, y las fórmulas modales no aplican para este tipo de recintos, lo cual nos lleva a que este punto se lo medirá con el programa SpectraLab cuando ya esté construida, sin embargo, es importante tener una noción del volumen que tiene esta estructura, el cual es:

Largo: 4,60 metros, ancho: 3,94 metros y alto: 3,13 metros, tomadas las medidas de los espacios más largos de cada item como si fuera un rectangulo, Con este antecedente, tenemos un volumen de: 56,73 metros cúbicos y se puede predecir sin ser exactos los modos normales con ayuda de un programa de la web: <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm> y arrojó lo siguientes resultados:



Como se observa en la figura 16, la curva es continuamente creciente y no debería presentar problemas de Modos normales, pero, esta es una aproximación sin FFT (transformada rápida de Fourier) real ya que la sala no es rectangular pero nos da una idea de los problemas que podríamos tener al momento de construir esta sala y posteriormente en las mediciones finales se verá si esta cerca de lo predicho.

### 3.2.3 Aislamiento Acústico

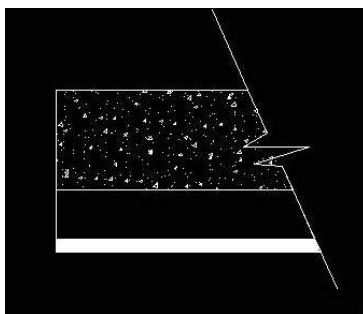
Con el fin de asegurar un TL lo mas bajo posible, ya que el valor actual de las particiones es el estandar de una casa normal con las paredes de bloque y la mamposteria tradicional; se usará camaras de aire para la atenuación de frecuencias altas, y la doble pared para que las bajas sean lo menos transmitidas posibles.

La pérdida de transmisión es muy fundamental y se usará en las paredes material absorbente que ayudara en este proceso.

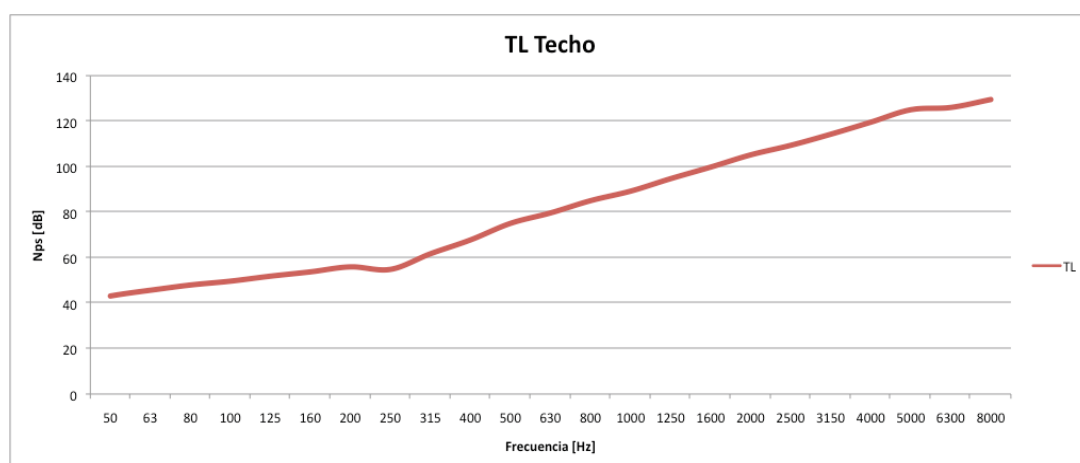
Las particiones de todas las salas están hechos con los siguientes materiales y tendran las siguientes medidas y materiales. El TL está modelado con el Programa PETRAS.

Techo:

- ▶ Hormigón: 20cm
- ▶ Cámara de aire: 10cm
- ▶ Lana de vidrio: 1/2 pulg
- ▶ Gypsum: 1/2 pulg



*Figura 17.* Corte de los materiales usados en el techo



*Figura 18.* TL aproximado de la partición del techo  
Tomada de los datos arrojados del programa Petras

Paredes:

- ▶ Bloque: 10cm
- ▶ Cámara de aire: 10cm
- ▶ Bloque: 10cm
- ▶ Lana de vidrio: 1/2 pulg
- ▶ Gypsum: 1/2 pulg

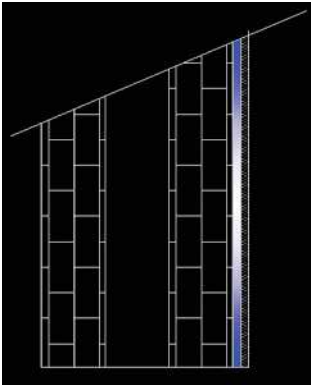


Figura 19. Corte de los materiales usados en las paredes

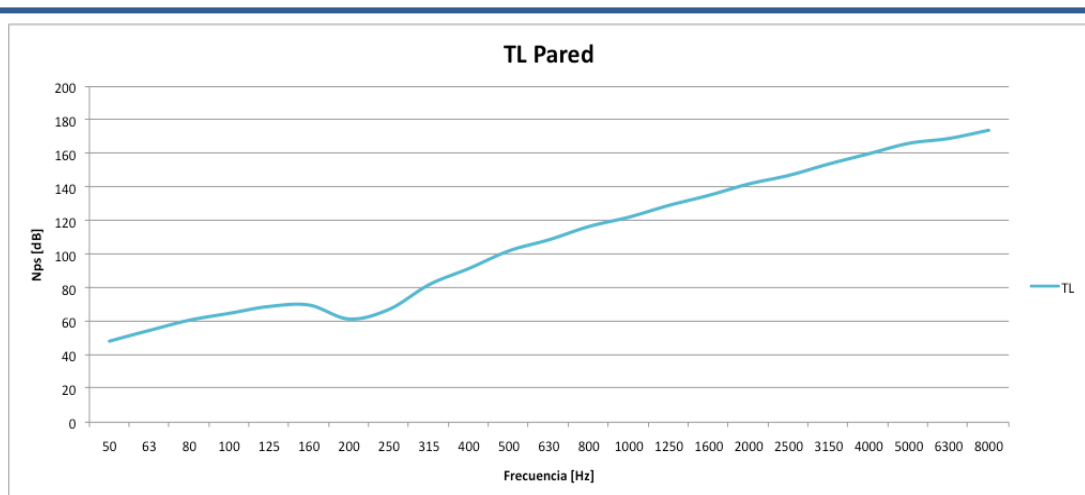


Figura 20. TL aproximado de la partición de las paredes  
Tomada de los datos arrojados del programa Petras

Piso:

- ▶ Tablones de madera: 2 cm
- ▶ Tablas guiasde madera cada 20 cm : 2cm
- ▶ Loza de hormigón: 20cm

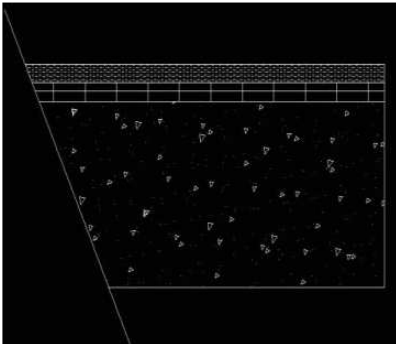


Figura 21. Corte de los materiales usados en el piso

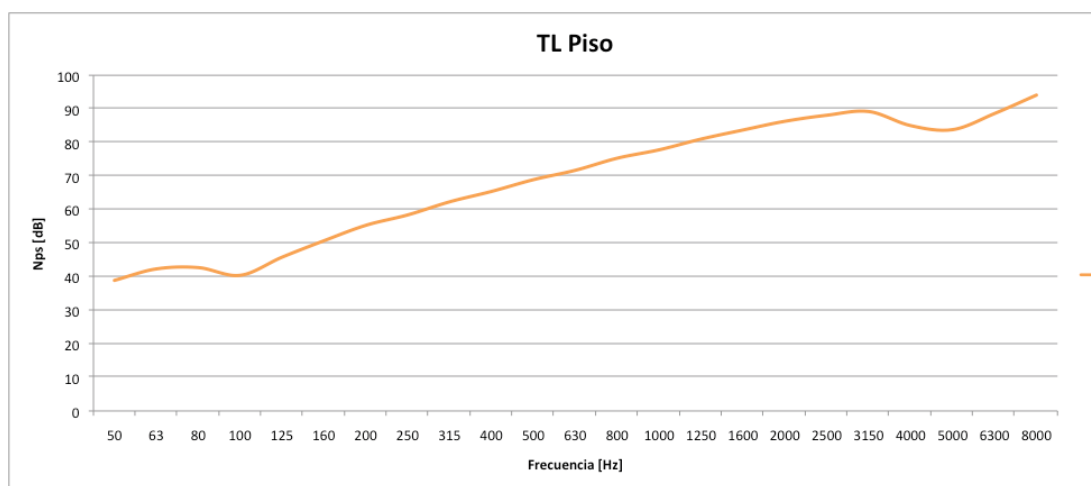


Figura 22. TL aproximado de la partición del Piso  
Tomada de los datos arrojados del programa Petras,

Puertas:

- ▶ Madera triplex: 1/2 pulg
- ▶ Espuma flex: 1/2 pulg
- ▶ Sound Barrier : 2,5mm
- ▶ Lana de vidrio: 1/2 pulg
- ▶ Madera triplex: 1/2 pulg

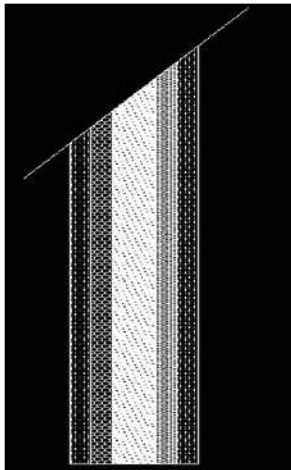


Figura 23. Corte de los materiales usados en las puertas

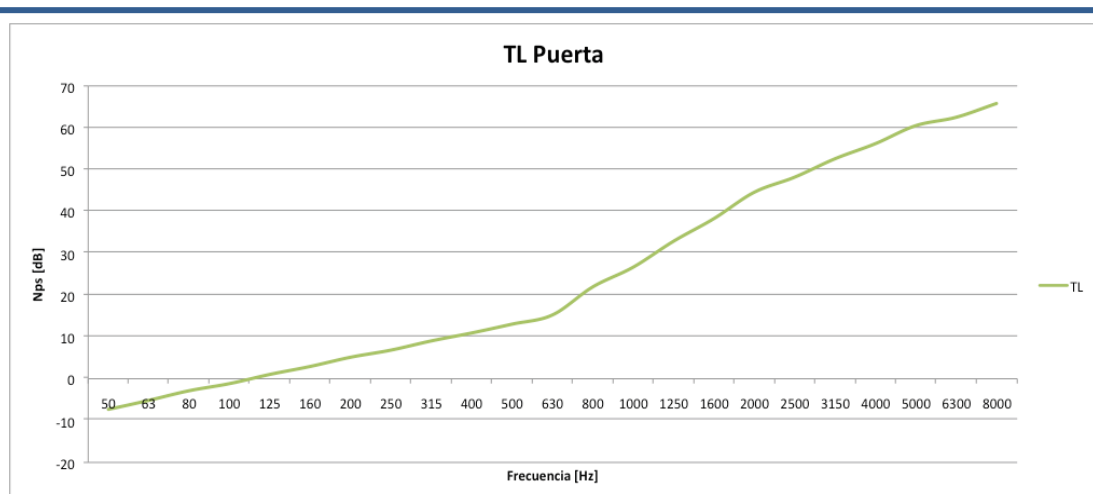


Figura 24. TL aproximado de la partición de la puerta  
Tomada de los datos arrojados del programa Petras

### 3.2.4 T60 (Tiempo de reverberación)

El cálculo del tiempo de reverberación de las salas tanto de control como de músicos se basa en la teoría especificada en el marco teórico de este documento, así pues el valor real se verá al final, cuando se evalúe los locales con todos los implementos y materiales montados dentro del estudio de grabación.

Teniendo en cuenta que la única forma de ver el estudio es en los planos, se ha hecho un estudio basado en los requerimientos del cliente para lograr un T60 satisfactorio, es así que se ha usado dimensiones reales de las superficies que sabemos cuanto miden y el uso de materiales básicos para que estéticamente el recinto quede bien y acústicamente perfecto.

Con la ayuda de los coeficientes de absorción de la siguiente tabla, y el tamaño de las superficies de la sala realizaremos la predicción del T60 de la sala de control del estudio FI.

Tabla 3.

Coeficientes de absorción por frecuencias y coorelación con la superficie, Control Fi

Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	2,11	0,211	0	0,1055	0	0,0844	0,0844
Paredes	bloque	41,61	0,8322	0,91542	1,2483	1,6644	2,0805	2,9127
	lana de vidrio		6,2415	10,4025	16,644	20,805	27,0465	29,127
	vidrio	2,97	0,5346	0,1782	0,1188	0,0891	0,0594	0,0594
Piso	gypsum	39,336	0,4161	0,4161	0,8322	1,2483	1,6644	2,0805
	hormigon	18,3811	0,183811	0,183811	0,367622	0,367622	0,367622	0,551433
	madera sobre listones		3,308598	2,205732	1,83811	1,654299	1,470488	1,286677
Techo	hormigon	18,3811	0,183811	0,183811	0,367622	0,367622	0,367622	0,551433
	lana de vidrio		2,757165	4,595275	7,35244	9,19055	11,94772	12,86677
	gypsum		0,183811	0,183811	0,367622	0,551433	0,735244	0,919055
esponjas	sonex	2,274	0,29562	1,20522	2,0466	2,43318	2,43318	2,274
<b>Total</b>			15,14822	20,46988	31,28882	38,37151	48,25707	52,71337

En la Tabla 3 se observa la utilización de los materiales para el recubrimiento acústico de la sala de control Fi, con la asignación de cada una de las superficies a un material y por ende a un coeficiente de absorción.

Con la ayuda de la ecuación 4 se obtienen los resultados que mostramos en la tabla 4. En la cual se toma el volumen total de la sala y se divide para el coeficiente de absorción por banda de frecuencia, y a este se le multiplica la constante 0,16.



Tabla 4.

Resultados de la operación del T60 predictivo para la sala de control Fi

T60	
Tiempo (s)	Frecuencias
0,60	125
0,44	250
0,29	500
0,24	1000
0,19	2000
0,17	4000

En la sala de control tiene que haber un T60 más bajo que en la de músicos que se presenta en el siguiente apartado, en este caso en particular, porque las dimensiones son menores y la finalidad es para hacer post-producción de cine y Tv.

Al hacer el análisis del T60, se obtiene:

$$T60 = 0,32 \text{ s}$$

Lo cual también está dentro de los parámetros normales de una sala para esas características y para la finalidad de esta.

### 3.3 Sala de músicos (Estudio Fi)

#### 3.3.1 Diseño arquitectónico

Se resolvió y aprobó el siguiente diseño ya que con esta distribución arquitectónica del estudio que se puede observar en la figura 25, los paralelismos, están eliminados. La pescera estará inclinada por lo que el paralelismo aparente entre las paredes laterales estará controlado. El techo está pensado en desniveles y así romper con las ondas estacionarias piso – techo, además hay otro aparente paralelismo de forma longitudinal, pero esto está solucionado con la pared de piedra irregular y así romper los frentes de onda y obtener difusión en un lado de la sala que es usado comúnmente para grabar baterías. Además como el requerimiento de la empresa es tener paneles de acústica variable, se formaron paneles deslizantes en forma de puertas corredizas que por un lado tengan madera para que sea reflectante y por la otra un recubrimiento de lana mineral y tela gruesa tal que sea más absorbente.

Existen 2 columnas en medio de esta sala las cuales son inmóviles ya que son el soporte de la parte superior de la estructura, están cerca de la puerta de acceso y por sus dimensiones son acústicamente invisibles

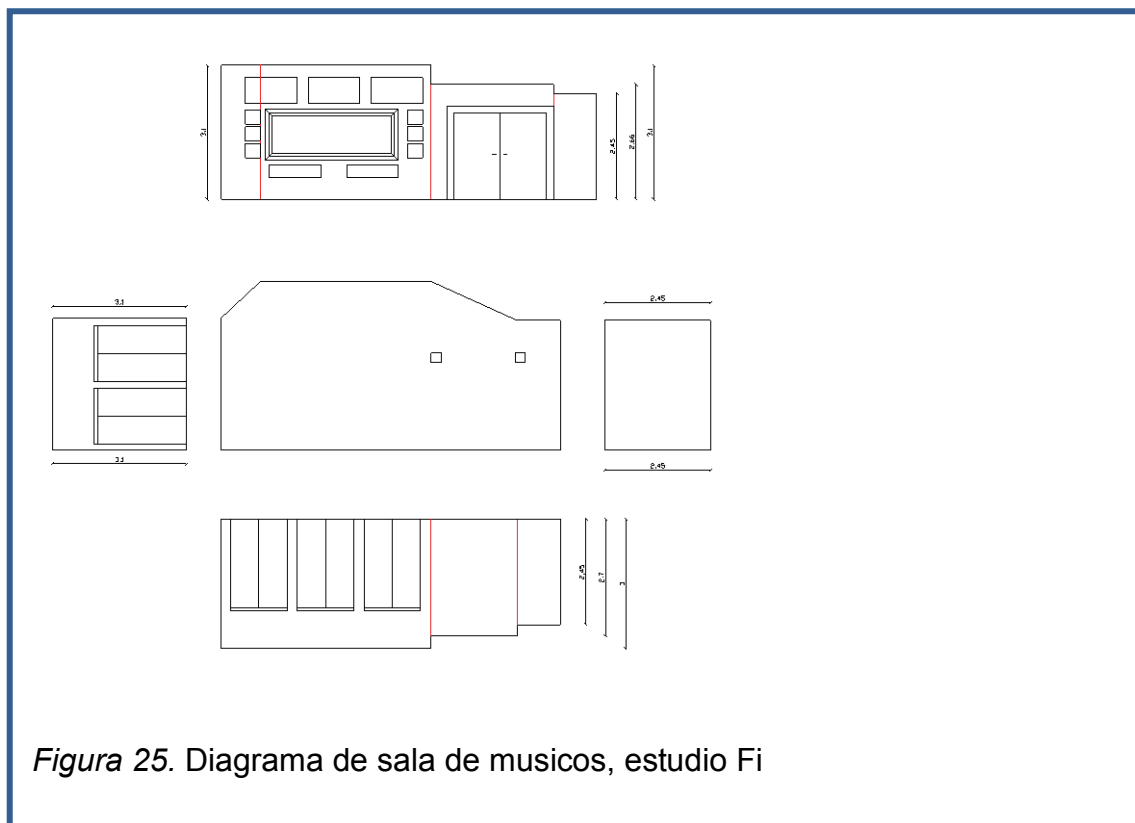


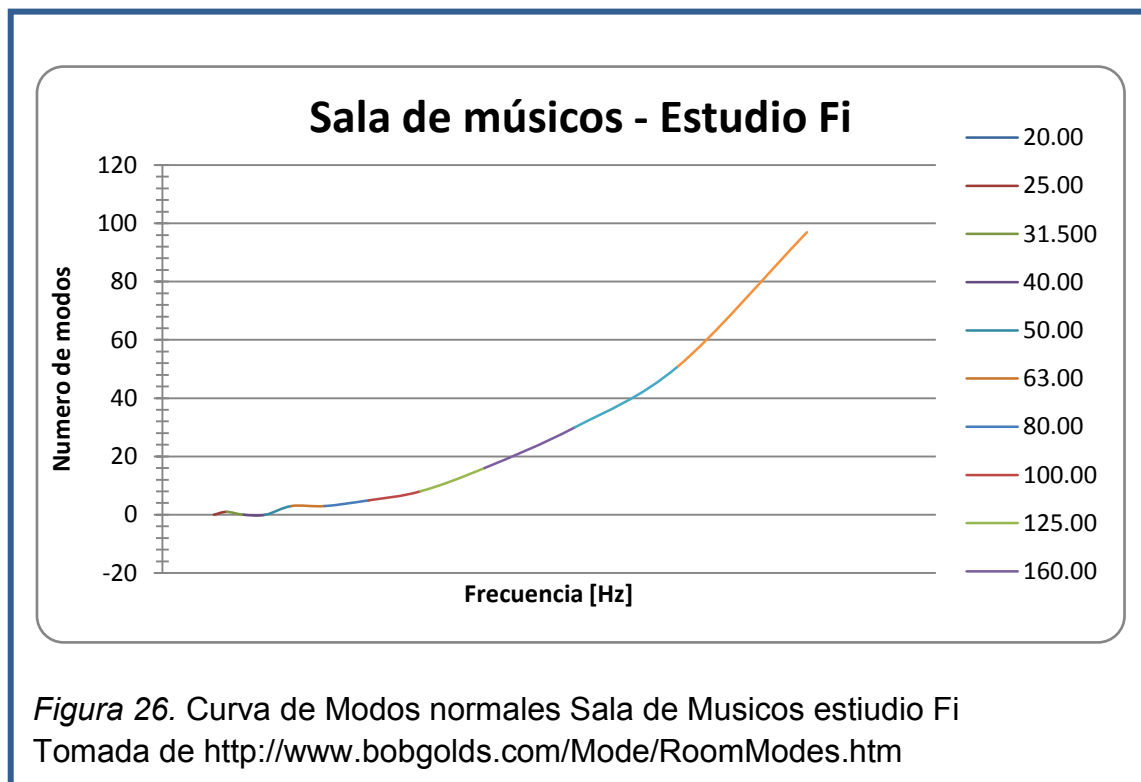
Figura 25. Diagrama de sala de músicos, estudio Fi

### 3.3.2 Modos Normales de Vibración

Los modos normales de vibración de esta sala no pueden ser predecidos ya que esta sala no es rectangular, y las formulas modales no aplican para este tipo de recintos, lo cual nos lleva a que este punto se lo medirá con el programa Spectra cuando ya esté construida.

Es importante saber el volumen que tiene esta sala, el cual es:

Largo: 7,92 metros, ancho: 3,9 metros y alto: 3 metros, tomadas las medidas de los espacios mas largos de cada item como si fuera un rectangulo, Con este antecedente, tenemos un volumen de: 92,66 metros cubicos y se puede predecir sin ser exactos los modos normales con ayuda de un programa de la web: <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm> y arrojó los resultados que se ven en la figura 26.



Como se observa en la figura 26, la curva es continuamente creciente y no debería presentar problemas de Modos normales, pero, esta es una aproximación sin FFT real ya que la sala no es rectangular.

### 3.3.3 Aislamiento Acústico

Las particiones de esta sala son hechas de los mismos materiales de la sala anterior (fl sala de control), para que todos los estudios sean montados al

mismo tiempo. Las particiones deben funcionar tan bien como en esta sala que es la más expuesta al ruido.

Los materiales son:

- ▀ Techo: Hormigón, cámara de aire, lana de vidrio y gypsum.
- ▀ Paredes: Bloque, cámara de aire, bloque, lana de vidrio y gypsum
- ▀ Piso: Loza de hormigón, tablas guiasde madera y tablonos de madera.
- ▀ Puertas: Madera triplex, espuma flex, sound barrier, lana de vidrio y madera triplex.

### 3.3.4 Tiempo de Reverberación T60

El T60 predictivo de la sala de músicos del estudio Fi se ve en las tablas 6 y 8 correspondientes al comportamiento de la sala en condiciones de acústica variable con los paneles absorbentes y reflectantes (expuestos hacia la sala) respectivamente.

Tabla 5.

Valores de coeficientes de absorción por frecuencias, músicos Fi, máxima absorción

		Absorción máxima						
Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	4,3	0,43	0	0,215	0	0,172	0,172
Paredes	bloque	53,145	1,0629	1,16919	1,59435	2,1258	2,65725	3,72015
	lana de vidrio		7,97175	13,28625	21,258	26,5725	34,54425	37,2015
	vidrio	2,97	0,5346	0,1782	0,1188	0,0891	0,0594	0,0594
	piedra	18,725	0,18725	0,18725	0,18725	0,3745	0,3745	0,18725
	paneles absorbentes	13,325	3,9975	9,99375	13,325	13,325	13,325	13,325
	gypsum	19,885	0,19885	0,19885	0,3977	0,59655	0,7954	0,99425
Piso	hormigon	30,2225	0,302225	0,302225	0,60445	0,60445	0,60445	0,906675
	madera sobre listones		5,44005	3,6267	3,02225	2,720025	2,4178	2,115575
Techo	hormigon	30,2225	0,302225	0,302225	0,60445	0,60445	0,60445	0,906675
	lana de vidrio		4,533375	7,555625	12,089	15,11125	19,64463	21,15575
	gypsum		0,302225	0,302225	0,60445	0,906675	1,2089	1,511125
esponjas	sonex	4,29	0,5577	2,2737	3,861	4,5903	4,5903	4,29
Total			25,82065	39,37619	57,8817	67,6206	80,99833	86,54535

Con la ayuda de la ecuación 4 de T60 y con la tabla 3 se puede realizar el cálculo del T60 de la sala en condición de máxima absorción como vemos en la tabla 6

Tabla 6.

Resultados de la operación de T60 para la sala de músicos Fi con máxima absorción

T60 máximo	
Tiempo (s)	Frecuencias
0,57	125
0,38	250
0,26	500
0,22	1000
0,18	2000
0,17	4000

Como se observa en la tabla 6, el tiempo de reverberación para cada banda de frecuencia esta en lo deseado. T medio es:

$$T_{60} = 0,30 \text{ s}$$

Lo cual está dentro de los parámetros deseados del estudio, para esa sala, ya que desean que sea más viva que las demás, con justa razón ya que parte de superficie está recubierta de piedra, que es un material muy reflectante y el volumen es mayor.

La tabla 7 muestra las superficies de la sala de músicos Fi pero con la variación de que los paneles absorbentes se encuentran ocultos por tanto los paneles reflectantes están expuestos

Tabla 7.

Valores de coeficientes de absorción por frecuencias, músicos Fi, mínima absorción

		Absorción mínima						
Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	4,3	0,43	0	0,215	0	0,172	0,172
Paredes	bloque	53,145	1,0629	1,16919	1,59435	2,1258	2,65725	3,72015
	lana de vidrio		7,97175	13,28625	21,258	26,5725	34,54425	37,2015
	vidrio	2,97	0,5346	0,1782	0,1188	0,0891	0,0594	0,0594
	piedra	18,725	0,18725	0,18725	0,18725	0,3745	0,3745	0,18725
	paneles de madera	13,325	1,3325	0	0,66625	0	0,533	0,533
Piso	gypsum	19,885	0,53145	0,53145	1,0629	1,59435	2,1258	2,65725
	hormigon	30,2225	0,302225	0,302225	0,60445	0,60445	0,60445	0,906675
	madera sobre listones		5,44005	3,6267	3,02225	2,720025	2,4178	2,115575
Techo	hormigon	30,2225	0,302225	0,302225	0,60445	0,60445	0,60445	0,906675
	lana de vidrio		4,533375	7,555625	12,089	15,11125	19,64463	21,15575
	gypsum		0,302225	0,302225	0,60445	0,906675	1,2089	1,511125
esponjas	sonex	4,29	0,5577	2,2737	3,861	4,5903	4,5903	4,29
Total			23,48825	29,71504	45,88815	55,2934	69,53673	75,41635

Con la ayuda de la ecuación 4, nuevamente podemos saber cual es el  $T_{60}$  de la sala de músicos Fi con mínima absorción y se presenta por bandas de octava en la tabla 8.

Tabla 8.

Resultados de la operación de  $T_{60}$  para la sala de músicos Fi con mínima absorción

<b>T60 mínimo</b>	
<b>Tiempo (s)</b>	<b>Frecuencias</b>
0,63	125
0,50	250
0,32	500
0,27	1000
0,21	2000
0,20	4000

El tiempo de reverberación para cada banda de frecuencia esta ligeramente debajo de lo deseado. Y  $T$  medio se obtiene:

$$T_{60} = 0,36 \text{ s}$$

### 3.4 Estudio Delta

#### 3.4.1 Diseño arquitectónico

En esta sala se aprobó el plano que vemos en la figura 27, el cual tiene una pared cóncava la que evita el paralelismo con la pared lateral, el aparente paralelismo longitudinal esta resuelto con la pescera que tiene inclinación, además que sobre esa pared estará la mesa de trabajo del ingeniero que será irregular.

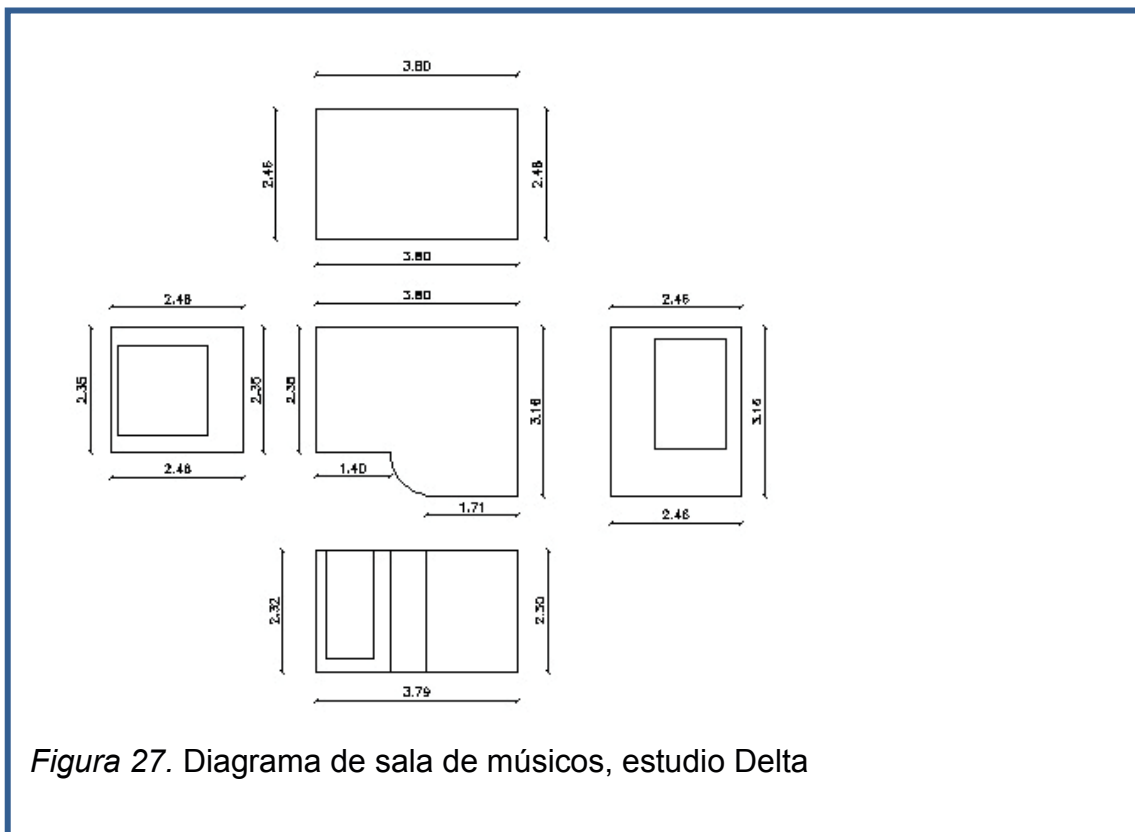


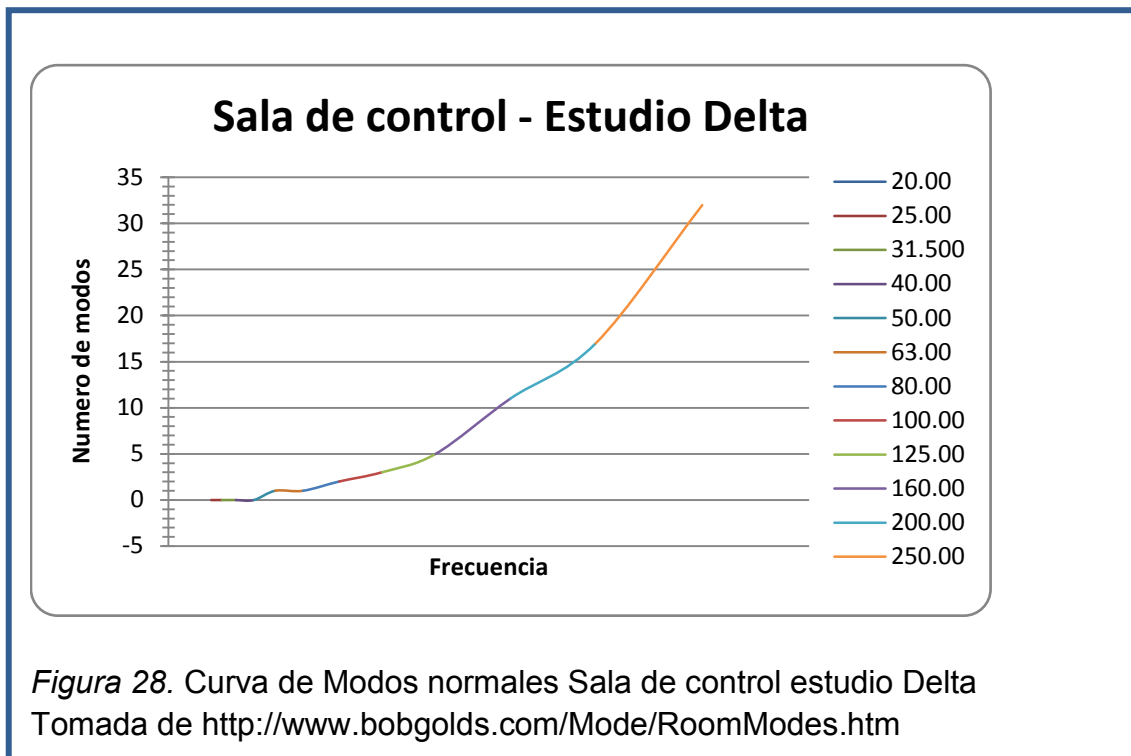
Figura 27. Diagrama de sala de músicos, estudio Delta

#### 3.4.2 Modos Normales de vibración

Los modos normales de vibración de esta sala no pueden ser predecidos ya que esta sala no es rectangular, y las fórmulas modales no aplican para este tipo de recintos, lo cual nos lleva a que este punto se lo medirá con el programa Spectra cuando ya esté construida.

Es importante saber el volumen que tiene esta estructura, el cual es:

Largo: 3,75 metros, ancho: 3,09 metros y alto: 2,45 metros, tomadas las medidas de los espacios mas largos de cada item como si fuera un rectangulo, Con este antecedente, tenemos un volumen de: 28,39 metros cubicos y se puede predecir sin ser exactos los modos normales con ayuda de un programa de la web: <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm> y arrojó lo siguientes resultados:



Como se observa en la figura 28, la curva es creciente y no debería presentar problemas de Modos normales, pero, esta es una aproximación sin FFT real ya que la sala no es rectangular. Al igual que las demás salas, se verán en los resultados finales.

### 3.4.3 Aislamiento Acústico

Las particiones de esta sala son hechas de los mismos materiales de la sala (fl sala de control), para que todos los estudios sean montados al mismo tiempo.

Los materiales son:

- ▶ Techo: Hormigón, cámara de aire, lana de vidrio y gypsum.
- ▶ Paredes: Bolque, cámara de aire, bloque, lana de vidrio y gypsum
- ▶ Piso: Loza de hormigón, tablas guías de madera y tablonces de madera.
- ▶ Puertas: Madera triplex, espuma flex, sound barrier, lana de vidrio y madera triplex.



### 3.4.4 T60 (Tiempo de reverberación)

El T60 predictivo de la sala de control de Delta se la realizó con los materiales destinados para esta sala, comparando todas las superficies con los recubrimientos que se van hacer, según el presupuesto de la empresa.

Tabla 9.

Valores de coeficientes de absorción por frecuencias, sala de control Delta

Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	2,11	0,211	0	0,1055	0	0,0844	0,0844
Paredes	bloque	20,7604	0,415208	0,456729	0,622812	0,830416	1,03802	1,453228
	lana de vidrio		3,11406	5,1901	8,30416	10,3802	13,49426	14,53228
	vidrio	2,727	0,49086	0,16362	0,10908	0,08181	0,05454	0,05454
Piso	gypsum	19,4339	0,207604	0,207604	0,415208	0,622812	0,830416	1,03802
	hormigon	11,71	0,1171	0,1171	0,2342	0,2342	0,2342	0,3513
	madera sobre listones		2,1078	1,4052	1,171	1,0539	0,9368	0,8197
Techo	hormigon	11,71	0,1171	0,1171	0,2342	0,2342	0,2342	0,3513
	lana de vidrio		1,7565	2,9275	4,684	5,855	7,6115	8,197
	gypsum		0,1171	0,1171	0,2342	0,3513	0,4684	0,5855
esponjas	sonex	1,3265	0,172445	0,703045	1,19385	1,419355	1,419355	1,3265
<b>Total</b>			<b>8,826777</b>	<b>11,4051</b>	<b>17,30821</b>	<b>21,06319</b>	<b>26,40609</b>	<b>28,79377</b>

De la tabla 9 se obtienen los valores por banda de frecuencia para los coeficientes de absorción de esta sala, los que se utiliza con la ecuación 4 para obtener la tabla 10.

Tabla 10.

Resultados de la operación de T60 para la sala de control Delta

<b>T60</b>	
<b>Tiempo (s)</b>	<b>Frecuencias</b>
0,51	125
0,40	250
0,26	500
0,22	1000
0,17	2000
0,16	4000

Y, analizando el T medio, se obtuvo:

$$T_{60} = 0,29$$

En esta sala también se va a realizar procesos de post-producción de Tv, lo cual hace que sea un poco más arriba de lo normal, aunque el diseño ya está aprobado, en las conclusiones de este trabajo, se verá como se solucionó este inconveniente, ya que es una decima más alto de lo que debería, y esto se

debe a que no está tomada en cuenta la absorción de las sillas de control, ni de las mesas de trabajo que son de madera.

### 3.5 Sala de Músicos (Estudio Delta)

#### 3.5.1 Diseño Arquitectónico

La sala de músicos de Delta es una sala de uso múltiple, exepcto para batería (escencialmente) al contrario que la sala de músicos Fi. En esta sala se evitaron los paralelismos inclinando la pared lateral donde se encuentra la puerta, inclinando el techo y además la pescera también es inclinada. Así de evita todas las posibles ondas estacionarias que puedan afectar al trabajo de este estudio.

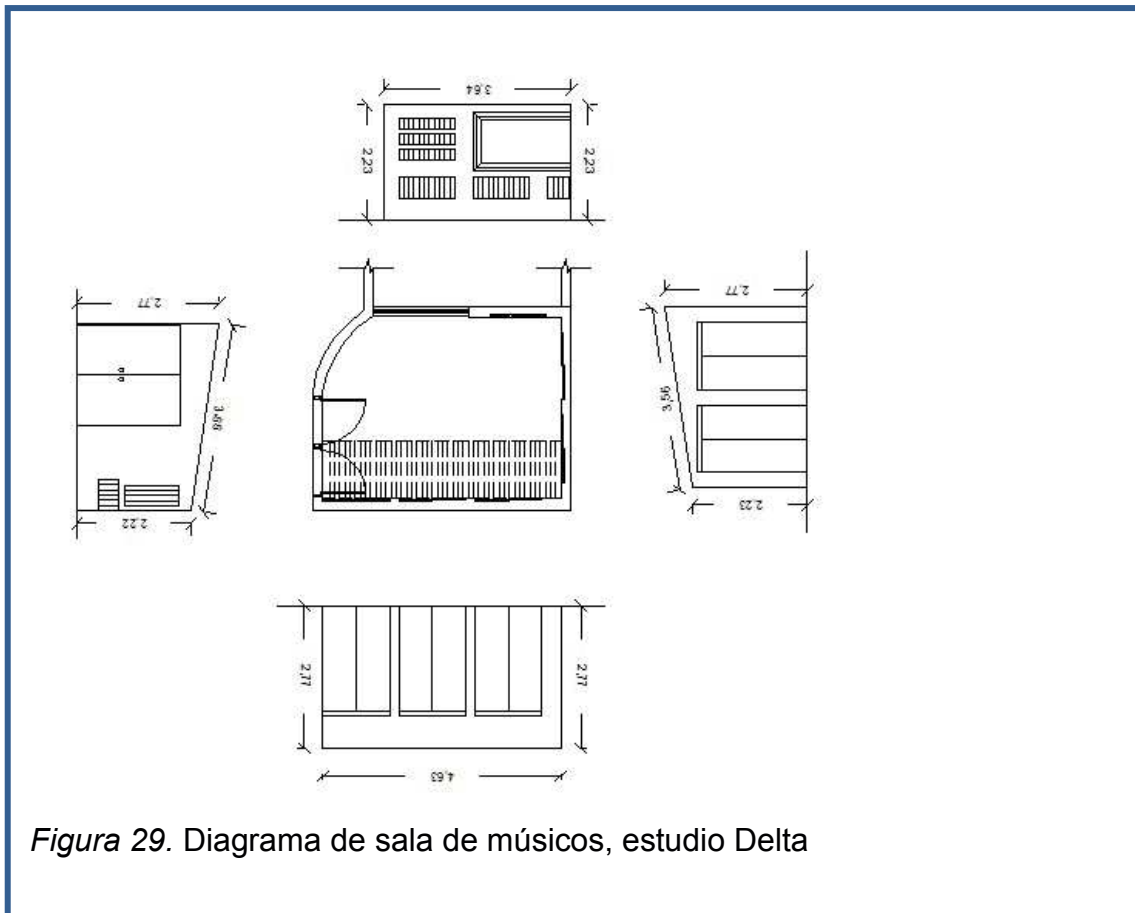


Figura 29. Diagrama de sala de músicos, estudio Delta

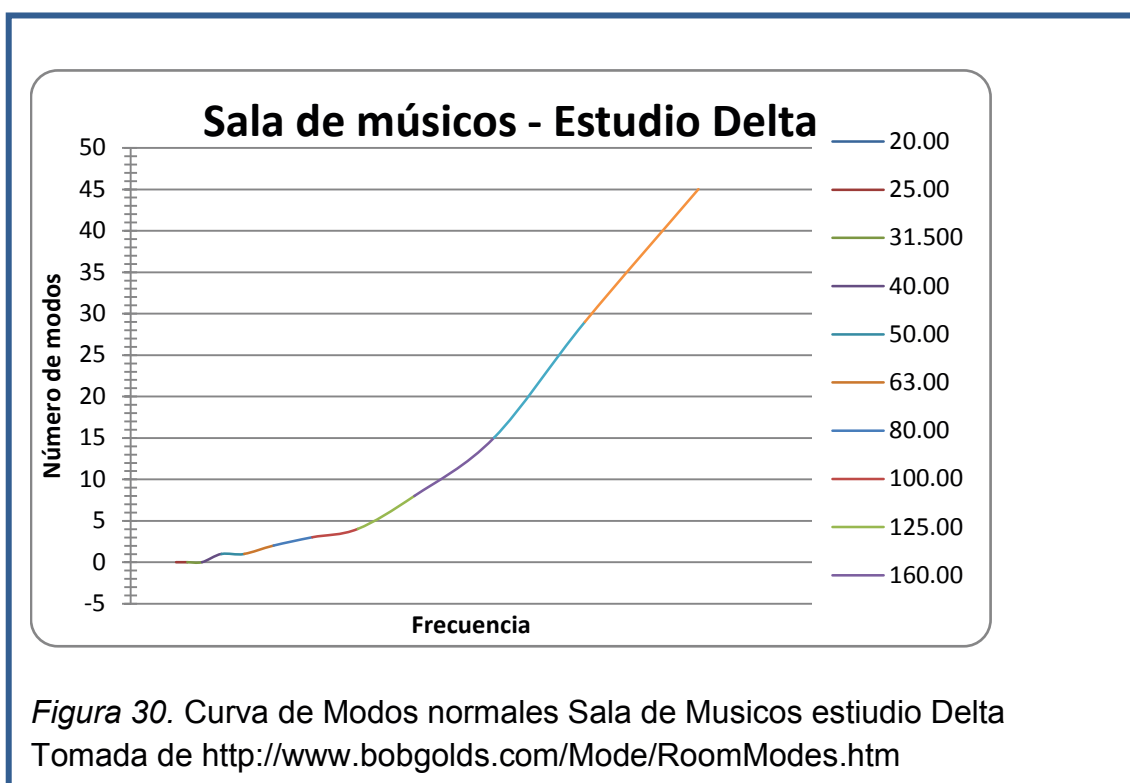
#### 3.5.2 Modos Normales de Vibración

Los modos normales de vibración de esta sala no pueden ser predecidos ya que esta sala no es rectangular, y las fórmulas modales no aplican para este

tipo de recintos, lo cual nos lleva a que este punto se lo medira con el programa Spectra cuando ya este construida.

Es importante saber el volumen que tiene esta estructura, el cual es:

Largo: 4,60 metros, ancho: 3,52 metros y alto: 2,80 metros, tomadas las medidas de los espacios mas largos de cada item como si fuera un rectangulo, Con este antecedente, tenemos un volumen de: 45,08 metros cubicos y se puede predecir sin ser exactos los modos normales con ayuda de un programa de la web: <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm> y arrojó lo siguientes resultados:



*Figura 30.* Curva de Modos normales Sala de Musicos estudio Delta  
Tomada de <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm>

Como se observa en la tabla anterior, la curva es continuamente creciente y no debería presentar problemas de Modos normales, pero, esta es una aproximación sin FFT real ya que la sala no es rectangular.

### 3.5.3 Aislamiento Acústico

Las particiones de esta sala son hechas de los mismos materiales de la sala Delta sala de control, para que todos los estudios sean montados al mismo tiempo.

Los materiales son:

- ▀ Techo: Hormigón, cámara de aire, lana de vidrio y gypsum.

- ▶ Paredes: Bolque, cámara de aire, bloque, lana de vidrio y gypsum
- ▶ Piso: Loza de hormigón, tablas guías de madera y tablonces de madera.
- ▶ Puertas: Madera triplex, espuma flex, sound barrier, lana de vidrio y madera triplex.

### 3.5.4 Tiempo de Reverberación T60

El T60 predictivo de la sala de músicos Delta, en este caso debería ser menor que el de la sala de músicos del estudio Fi, claramente porque el volumen es menor y no hay piedra dentro de las superficies. En este caso también tenemos acústica variable y se presentarán los resultados en dos tablas distintas.

Tabla 11.

Valores de coeficientes de absorción por frecuencias, sala de músicos Delta, máxima absorción

		Absorción máxima						
Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	4,3	0,43	0	0,215	0	0,172	0,172
Paredes	bloque	53,145	1,0629	1,16919	1,59435	2,1258	2,65725	3,72015
	lana de vidrio		7,97175	13,28625	21,258	26,5725	34,54425	37,2015
	vidrio	2,97	0,5346	0,1782	0,1188	0,0891	0,0594	0,0594
	piedra	18,725	0,18725	0,18725	0,18725	0,3745	0,3745	0,18725
	paneles absorbentes	13,325	3,9975	9,99375	13,325	13,325	13,325	13,325
	gypsum	19,885	0,19885	0,19885	0,3977	0,59655	0,7954	0,99425
Piso	hormigon	16,4365	0,164365	0,164365	0,32873	0,32873	0,32873	0,493095
	madera sobre listones		2,95857	1,97238	1,64365	1,479285	1,31492	1,150555
Techo	hormigon	16,4365	0,164365	0,164365	0,32873	0,32873	0,32873	0,493095
	lana de vidrio		2,465475	4,109125	6,5746	8,21825	10,68373	11,50555
	gypsum		0,164365	0,164365	0,32873	0,493095	0,65746	0,821825
esponjas	sonex	1,82	0,2366	0,9646	1,638	1,9474	1,9474	1,82
<b>Total</b>			20,53659	32,55269	47,93854	55,87894	67,18877	71,94367

Gracias a estos resultados y con la ayuda de la ecuación 4, se puede predecir el T60 de la sala de músicos Delta con máxima absorción.

Tabla 12.

T60, Estudio Delta, sala de músicos con máxima absorción

T60 máximo	
Tiempo (s)	Frecuencias
0,35	125
0,22	250
0,15	500
0,13	1000
0,11	2000
0,10	4000

Como se observa en la tabla 12, el tiempo de reverberación para cada banda de frecuencia esta en lo deseado. T medio en este caso con absorción máxima es:

$$T_{60} = 0,18 s$$

Ahora, La tabla 13 muestra las superficies de la sala de músicos Delta pero con la variación de que los paneles absorbentes se encuentran ocultos por tanto los paneles reflectantes están expuestos.

Tabla 13.

Valores de coeficientes de absorción por frecuencias, músicos Delta, mínima absorción

		Absorción mínima						
Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	4,3	0,43	0	0,215	0	0,172	0,172
Paredes	bloque	53,145	1,0629	1,16919	1,59435	2,1258	2,65725	3,72015
	lana de vidrio		7,97175	13,28625	21,258	26,5725	34,54425	37,2015
	vidrio	2,97	0,5346	0,1782	0,1188	0,0891	0,0594	0,0594
	pedra	18,725	0,18725	0,18725	0,18725	0,3745	0,3745	0,18725
	paneles de madera	13,325	1,3325	0	0,66625	0	0,533	0,533
	gypsum	19,885	0,53145	0,53145	1,0629	1,59435	2,1258	2,65725
Piso	hormigon	16,4365	0,164365	0,164365	0,32873	0,32873	0,32873	0,493095
	madera sobre listones		2,95857	1,97238	1,64365	1,479285	1,31492	1,150555
Techo	hormigon	16,4365	0,164365	0,164365	0,32873	0,32873	0,32873	0,493095
	lana de vidrio		2,465475	4,109125	6,5746	8,21825	10,68373	11,50555
	gypsum		0,164365	0,164365	0,32873	0,493095	0,65746	0,821825
esponjas	sonex	1,82	0,2366	0,9646	1,638	1,9474	1,9474	1,82
<b>Total</b>			18,20419	22,89154	35,94499	43,55174	55,72717	60,81467

Con la ayuda de esta tabla y con la ecuación 4 se obtiene:

Tabla 14.

T60, Estudio Delta, sala de músicos con mínima absorción

T60 mínimo	
Tiempo (s)	Frecuencias
0,40	125
0,32	250
0,20	500
0,17	1000
0,13	2000
0,12	4000

Calculado el T60 medio, tenemos:

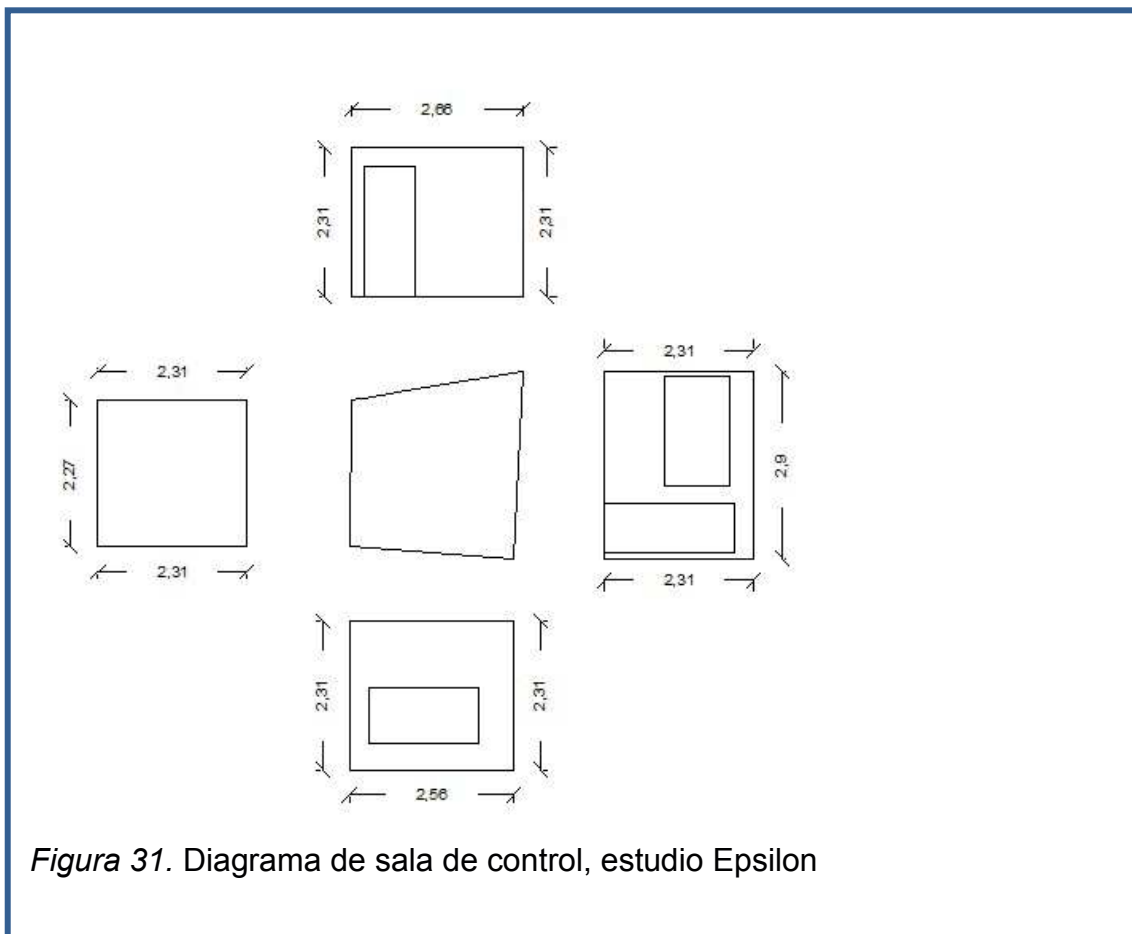
$$T_{60} = 0,22 s$$

Lo cual muestra de manera simple que el trabajo a realizarse dentro de este estudio es óptimo para su volumen.

### 3.6 Estudio Epsilon

#### 3.6.1 Diseño arquitectónico

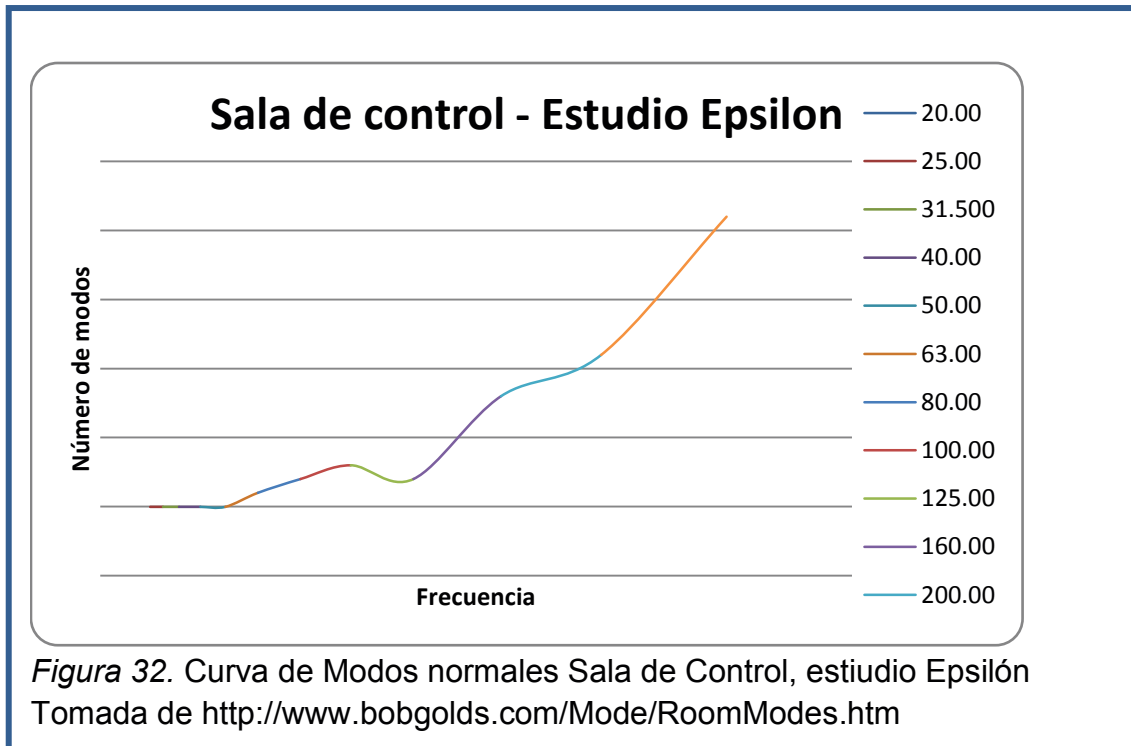
La sala de Epsilon es notablemente más pequeña que las otras cuatro salas del estudio, y ya que esto ocurre por el espacio físico que tenemos, esperaríamos algunos problemas con respecto a modos normales, pero con dificultad de solución ya que el espacio es muy reducido. Aun así, se tomo las mayores precauciones dando una forma irregular a la superficie del suelo, lo que hace que las paredes no sean perpendiculares.



#### 3.6.2 Modos Normales de vibración

Los modos normales de vibración de esta sala no pueden ser predecidos ya que esta sala no es rectangular, y las fórmulas modales no aplican para este tipo de recintos, lo cual nos lleva a que este punto se lo mida con el programa Spectra cuando ya este construida.

Es importante saber el volumen que tiene esta estructura, el cual es:  
 Largo: 2,89 metros, ancho: 2,64 metros y alto: 2,33 metros, tomadas las medidas de los espacios más largos de cada ítem como si fuera un rectángulo, Con este antecedente, tenemos un volumen de: 17,77 metros cúbicos y se puede predecir sin ser exactos los modos normales con ayuda de un programa de la web: <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm> y arrojó los siguientes resultados:



Como se observa en la figura 32, la curva no es continuamente creciente, entre las frecuencias 100Hz y 125Hz podríamos tener un problema de Modos normales pero es un solo tercio de octava y no debería representar problema mayor, pero, esta es una aproximación sin FFT real ya que la sala no es rectangular. Se recomienda usar un ecualizador de sala si las mediciones in situ arrojan el mismo problema

### 3.6.3 Aislamiento acústico

Las particiones de esta sala son hechas de los mismos materiales de la sala Delta sala de control, para que todos los estudios sean montados al mismo tiempo.

Los materiales son:

- Techo: Hormigón, cámara de aire, lana de vidrio y gypsum.

- ▶ Paredes: Bolque, cámara de aire, bloque, lana de vidrio y gypsum
- ▶ Piso: Loza de hormigón, tablas guías de madera y tablonces de madera.
- ▶ Puertas: Madera triplex, espuma flex, sound barrier, lana de vidrio y madera triplex.

### 3.6.4 T60 (Tiempo de reverberación)

Para la sala de control, se obtuvo con la ayuda de la tabla 15 la predicción del T60 así:

Tabla 15.

Valores de coeficientes de absorción por frecuencias, sala de control Epsilon

Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	4,22	0,422	0	0,211	0	0,1688	0,1688
Paredes	bloque	18,4264	0,368528	0,405381	0,552792	0,737056	0,92132	1,289848
	lana de vidrio		2,76396	4,6066	7,37056	9,2132	11,97716	12,89848
	vidrio	1,2852	0,231336	0,077112	0,051408	0,038556	0,025704	0,025704
	gypsum	15,3544	0,184264	0,184264	0,368528	0,552792	0,737056	0,92132
Piso	hormigon	7,424	0,07424	0,07424	0,14848	0,14848	0,14848	0,22272
	madera sobre listones		1,33632	0,89088	0,7424	0,66816	0,59392	0,51968
Techo	hormigon	7,424	0,07424	0,07424	0,14848	0,14848	0,14848	0,22272
	lana de vidrio		1,1136	1,856	2,9696	3,712	4,8256	5,1968
	gypsum		0,07424	0,07424	0,14848	0,22272	0,29696	0,3712
esponjas	sonex	3,072	0,39936	1,62816	2,7648	3,28704	3,28704	3,072
<b>Total</b>			7,042088	9,871117	15,47653	18,72848	23,13052	24,90927

Con ayuda de la tabla 15 y de la ecuación 4, se obtuvo los valores de T60 por banda de frecuencia y se refleja en la tabla 16

Tabla 16.

T60, estudio Epsilon, sala de control

<b>T60</b>	
<b>Tiempo (s)</b>	<b>Frecuencias</b>
1,29	125
0,92	250
0,59	500
0,48	1000
0,39	2000
0,36	4000

Calculado el T60 medio, tenemos:

$$T_{60} = 0,67 \text{ s}$$

Así pues el T60 de esta sala, está dentro de la normativa.



### 3.7 Sala de locución (Estudio Epsilon)

#### 3.7.1 Diseño Arquitectónico

El diseño de esta sala fue muy especial ya que el espacio es el más reducido y cubico que quedaba, no se podía mover para ningún lado, lo cual nos lleva a preveer que los problemas de modos normales son inminentes y muy posibles, lo que se logro es inclinar la pescera para que esta evite las ondas estacionarias. Con respecto a las demás paredes, se hicieron nichos de gypsum para colocar material absrovente y que las frecuencias medias altas que serian las de mayor problema en esta sala, sean absorbidas por el material y asi evitar modos normales y ondas estacionarias. Además que esta es una sala de locución y refiere solo a voz humana, ningún instrumento de bajas frecuencias será usado aquí.

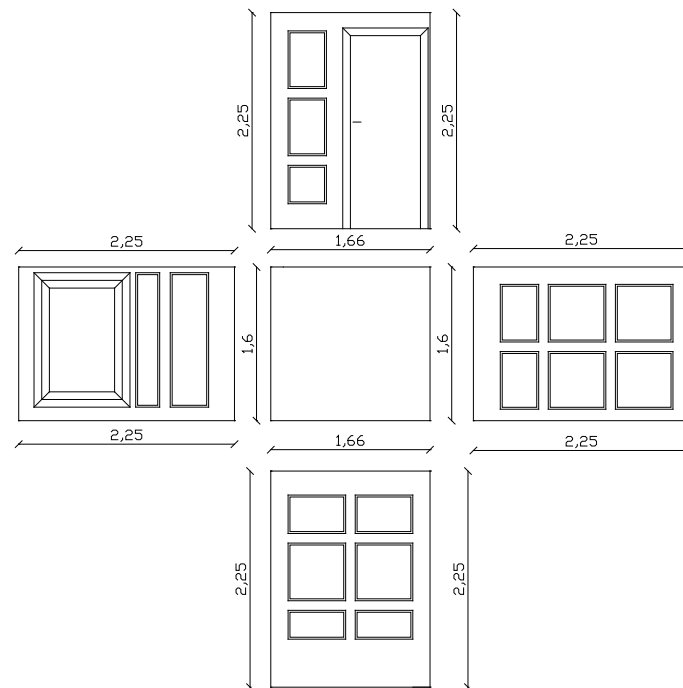


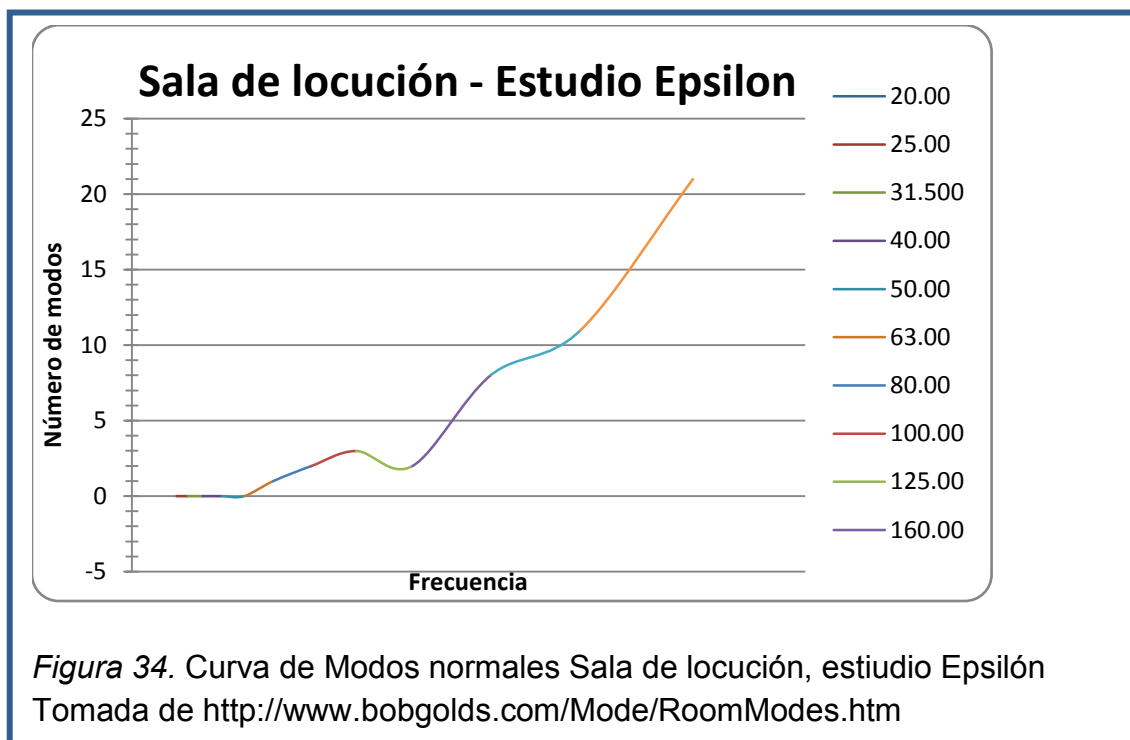
Figura 33. Diagrama de sala de locución, estudio Epsilon

#### 3.7.2 Modos normales de vibración

Los modos normales de vibración de esta sala si pueden ser predecidos ya que esta sala es casi rectangular.

Es importante saber el volumen que tiene esta estructura, el cual es:

Largo: 1,67 metros, ancho: 1,57 metros y alto: 2,26 metros, tomadas las medidas de los espacios más largos de cada item como si fuera un rectángulo, Con este antecedente, tenemos un volumen de: 5,92 metros cúbicos y se puede predecir sin ser exactos los modos normales con ayuda de un programa de la web: <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm> y arrojó lo siguientes resultados:



Como vemos en la figura 34, y, aunque esta sea una predicción, si se puede tomar muy en cuenta ya que la geometría de la sala es casi un rectángulo. Las frecuencias afectadas por este o estos modos normales son entre 125Hz y 160 Hz, la FFT que nos mostrará el programa Spectra nos dirá exactamente a que banda de frecuencia debemos atacar, aunque una trampa de bajo para esta sala es casi imposible de usar por las dimensiones de la misma, tomando en cuenta que dentro de ella debe estar: Locutor, micrófono con pedestal, amplificador de audífonos, atril, Tv.

### 3.7.3 Aislamiento Acústico

Las particiones de esta sala son hechas de los mismos materiales de la sala anterior Epsilon, sala de control, para que todos los estudios sean montados al mismo tiempo.

Los materiales son:

- ▶ Techo: Hormigón, cámara de aire, lana de vidrio y gypsum.
- ▶ Paredes: Bolque, cámara de aire, bloque, lana de vidrio y gypsum
- ▶ Piso: Loza de hormigón, tablas guías de madera y tablonces de madera.
- ▶ Puertas: Madera triplex, espuma flex, sound barrier, lana de vidrio y madera triplex.

### 3.7.4 Tiempo de reverberación

El T60 predictivo de la sala de locución arrojó los siguientes datos:

Tabla 17.

Valores de coeficientes de absorción por frecuencias, locución Epsilon.

Objeto	Detalle	SUPERFICIE	125	250	500	1000	2000	4000
Puerta	madera	2,11	0,211	0	0,1055	0	0,0844	0,0844
Paredes	bloque	11,1429	0,222858	0,245144	0,334287	0,445716	0,557145	0,780003
	lana de vidrio		1,671435	2,785725	4,45716	5,57145	7,242885	7,80003
	vidrio	1,2852	0,231336	0,077112	0,051408	0,038556	0,025704	0,025704
	gypsum	7,3829	0,111429	0,111429	0,222858	0,334287	0,445716	0,557145
Piso	hormigon	2,656	0,02656	0,02656	0,05312	0,05312	0,05312	0,07968
	madera sobre listones		0,47808	0,31872	0,2656	0,23904	0,21248	0,18592
Techo	hormigon	2,656	0,02656	0,02656	0,05312	0,05312	0,05312	0,07968
	lana de vidrio		0,3984	0,664	1,0624	1,328	1,7264	1,8592
	gypsum		0,02656	0,02656	0,05312	0,07968	0,10624	0,1328
esponjas	sonex	3,76	0,4888	1,9928	3,384	4,0232	4,0232	3,76
		<b>Total</b>	<b>3,893018</b>	<b>6,27461</b>	<b>10,04257</b>	<b>12,16617</b>	<b>14,53041</b>	<b>15,34456</b>

Y con ayuda de la tabla 17 y la ecuación 4, se obtendrá los resultados del T60 para esta sala como vemos en la tabla 18.

Tabla 18.

T60, Estudio Epsilon, sala de locución

T60	
Tiempo (s)	Frecuencias
0,24	125
0,15	250
0,09	500
0,08	1000
0,07	2000
0,06	4000

Y analizando la tabla 18, obtenemos el T60 medio para esta sala, que debería ser bajo por la cantidad de absorción usada para evitar las ondas estacionarias

$$T_{60} = 0,12$$

Lo cual es óptimo para un estudio de locución que debería estar por debajo del 0.4 segundos.

### 3.8 Diseño de la Cadena Electroacústica

#### 3.8.1 Estudio Fi:

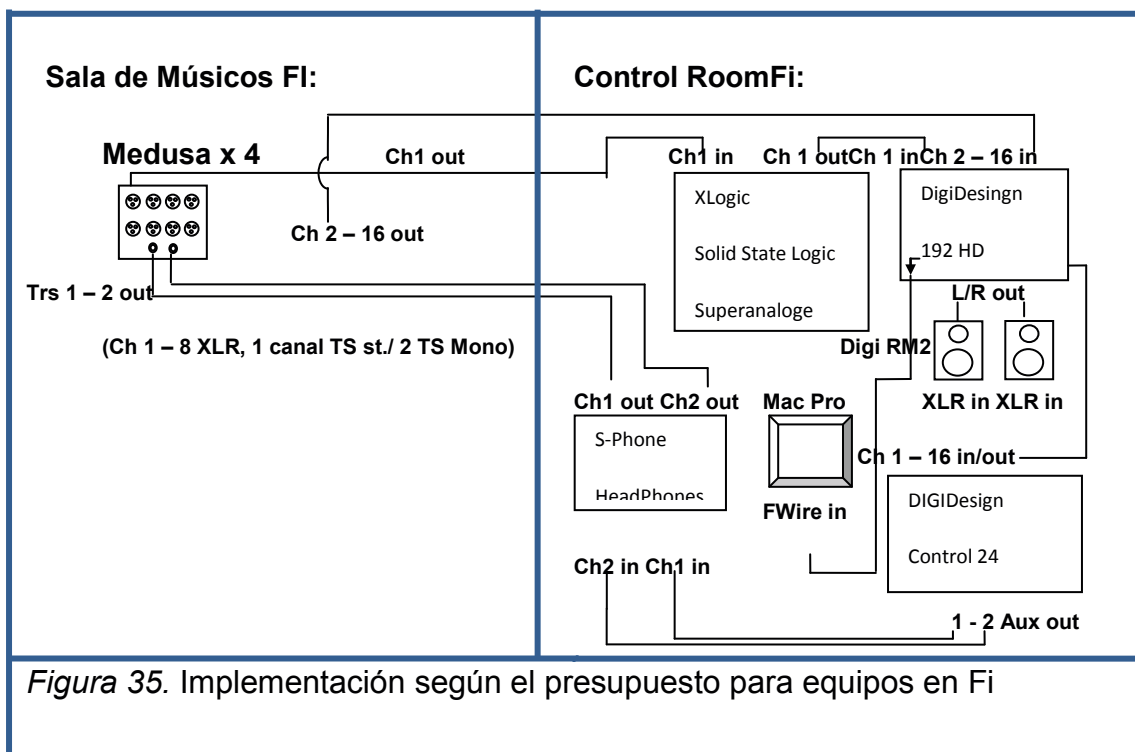


Figura 35. Implementación según el presupuesto para equipos en Fi

#### 3.8.2 Estudio Delta:

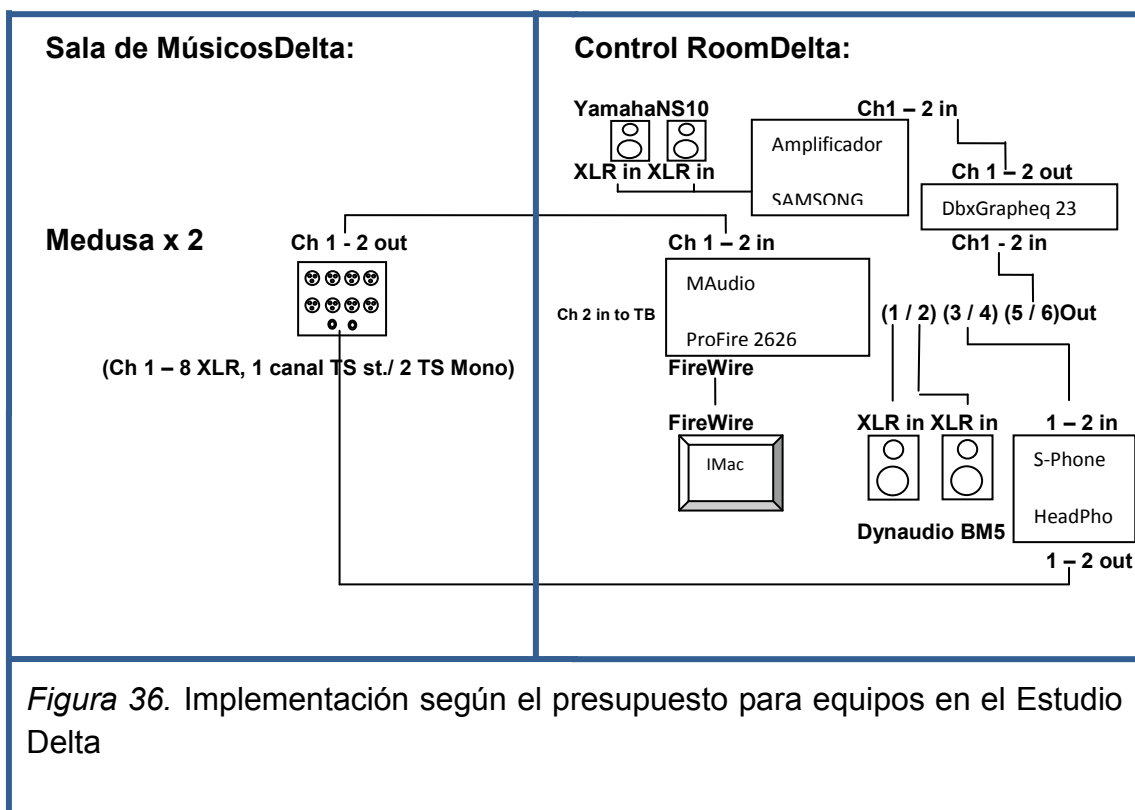
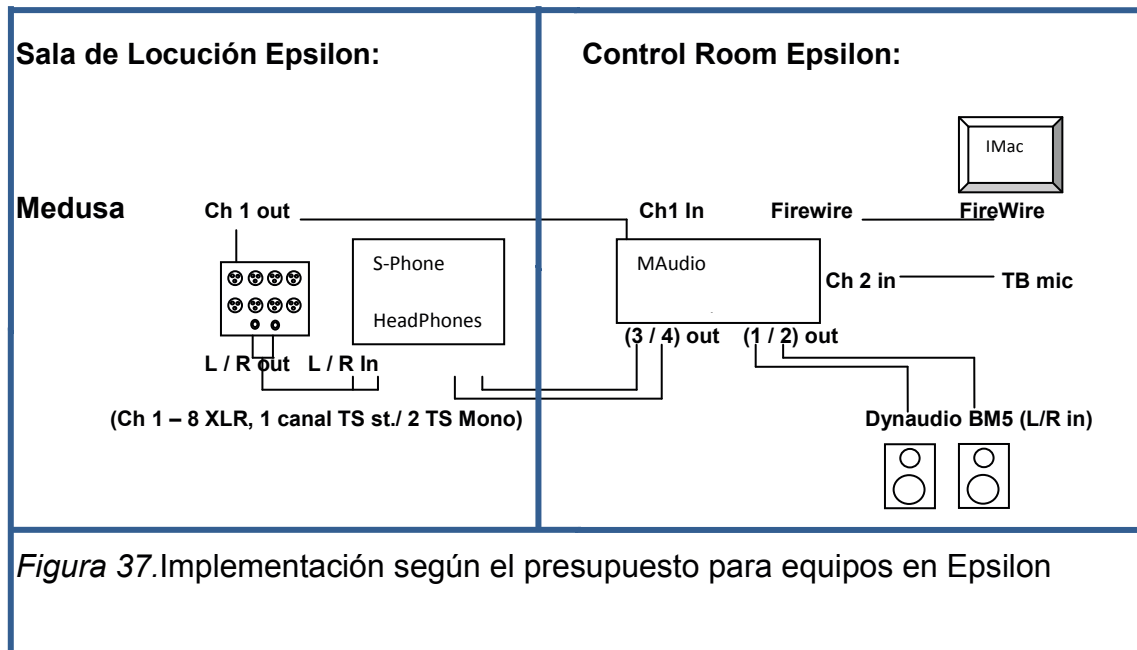


Figura 36. Implementación según el presupuesto para equipos en el Estudio Delta

### 3.8.3 Estudio Epsilon:



## 4 Aspectos técnicos de Consideración

### 4.1 Circulación de Aire

La circulación del aire en las salas de los estudios, será forzada, ya que así se evita la filtración de ruido de fondo, que ocasiona una ventana, hacia el estudio y lo mismo hacia el exterior. El aire acondicionado se deberá encender cuando no haya una grabación o mezcla en curso.

### Estudio FI

#### Sala de Músicos:

##### Aire Acondicionado tipo Cassette

**Marca:** LG

**Modelo:** LTC362DLF0

**Capacidad:** 36000 Btu/h

**Consumo:** 3550 W

**Corriente:** 16 A

**Fase:** 1 $\phi$

**Voltaje:** 220V

**Frecuencia:** 60 Hz

**Refrigerante:** R22 1.95Kg

**Max H.E Presión:** 5000 Kpa

**Serial:** 711KALC00024

**Sala de Control:****Aire Acondicionado tipo Cassette para techo****Marca:** LG**Modelo:** LTUC242PLE0**Capacidad:** 24100 Btu/h**Consumo:** 2500 W**Corriente:** 11.4 A**Fase:** 1 $\phi$ **Voltaje:** 220V**Frecuencia:** 60 Hz**Refrigerante:** R22 1.55Kg (at 7.5m)**Serial:** 803KASL00182**Estudio Delta****Sala de Músicos:****Aire Acondicionado tipo Cassette para techo****Marca:** LG**Modelo:** LTUC242PLE0**Capacidad:** 24100 Btu/h**Consumo:** 2500 W**Corriente:** 11.4 A**Fase:** 1 $\phi$ **Voltaje:** 220V**Frecuencia:** 60 Hz**Refrigerante:** R22 1.55Kg (at 7.5m)**Serial:** 803KASL00183**Sala de Control:****Aire Acondicionado tipo Cassette para techo****Marca:** LG**Modelo:** LTUC242PLE0**Capacidad:** 24100 Btu/h**Consumo:** 2500 W**Corriente:** 11.4 A**Fase:** 1 $\phi$ **Voltaje:** 220V**Frecuencia:** 60 Hz**Refrigerante:** R22 1.55Kg (at 7.5m)**Serial:** 803KASL00179

**Estudio Epsilon:****Sala de Locución:****Aire Acondicionado tipo Split Unidad Condensadora****Marca:** LG**Modelo:** G122CB SL1**Capacidad:** 12000 Btu/h**Consumo:** 1200 W**Corriente:** 5.5 A**Fase:** 1∅**Voltaje:** 220V**Frecuencia:** 60 Hz**Refrigerante:** R22 0.76Kg**Serial:** 710TAVY08791**Sala de Control:****Aire Acondicionado tipo Split Unidad Condensadora****Marca:** LG**Modelo:** G122CB SL1**Capacidad:** 12000 Btu/h**Consumo:** 1200 W**Corriente:** 5.5 A**Fase:** 1∅**Voltaje:** 220V**Frecuencia:** 60 Hz**Refrigerante:** R22 0.76Kg**Serial:** 710TABN02597**4.2 Presupuesto Referencial**

El presupuesto referencial para la construcción de este estudio en de aproximadamente \$500.000 lo cual incluye la compra de la casa, además de el acondicionamiento de las oficinas, baños, cocina, entre otros, los detalles de costos del acondicionamiento acústico de la salas no se puede mostrar por políticas internas de la empresa, como se indica en el Anexo 2, emitido el 21 de septiembre de 2012, por el Sr. Pablo Aguinaga, gerente de la empresa Magic Sound & Music, los materiales que se han usado se presentan en forma de una lista sin precio, dimensiones, ni cantidades usadas de los mismos a continuación:

#### **4.2.1 Construcción de obra gruesa**

- ▶ Hormigón
- ▶ Ripio
- ▶ Arena
- ▶ Cemento
- ▶ Mampostería
- ▶ Madera
- ▶ Tubos de canalización sistema eléctrico
- ▶ Herramientas varias para la construcción

#### **4.2.2 Adecuación Simple**

- ▶ Gypsum
- ▶ Pintura
- ▶ Herramientas de pintura
- ▶ Madera
- ▶ Herramientas varias de carpintería
- ▶ Baldosa
- ▶ Tubería de circulación de aire
- ▶ Sistema de aire acondicionado

#### **4.2.3 Adecuación Acústica**

- ▶ Madera
- ▶ Madera triplex
- ▶ Espuma flex
- ▶ Sound barrier
- ▶ Lana de vidrio
- ▶ Resonadores
- ▶ Absortores Auralex
- ▶ Piedra
- ▶ Fieltro
- ▶ Esponja
- ▶ Aluminio
- ▶ Vidrio
- ▶ Herramientas de cerrajería y carpintería



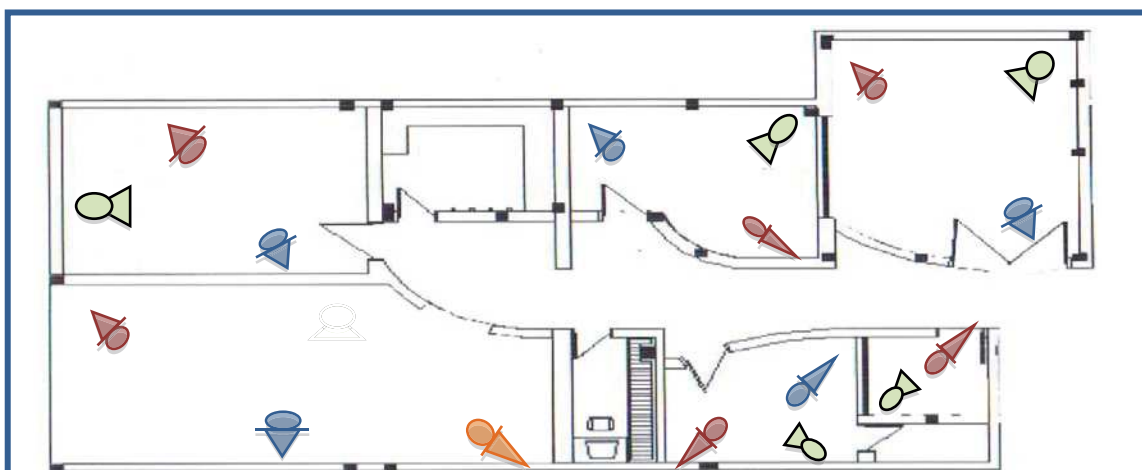
## 5 Evaluación

En la evaluación de las salas ya listas, en su obra gruesa y el acondicionamiento acústico se utilizaron los siguientes equipos:

- ▶ **Computador:** Macbook Pro 13.3"
- ▶ **Interfaz:** MAudioProfire 2626
- ▶ **Interfaz:** MAudio Fast Track Pro
- ▶ **Programa1:** LogicPro (Grabación de Barrido)
- ▶ **Programa2:** Adobe Audition, **Plug In:** Aurora (Procesamiento)
- ▶ **Programa 3:** Spectra Plus (Modos Normales y T60)
- ▶ **Altavoz:** ART 315-A MK III
- ▶ **Micrófono:** Dbx de Medición
- ▶ **Cables:** MonsterCable
- ▶ **Sonómetro:** 01dB **Modelo:** Solo 40207

### 5.1 Medición de Modos Normales de Vibración

Para esta medición se utilizó el programa Spectra Plus, el micrófono de Medición, el altavoz y el sonómetro durante 5 minutos en cada punto de medición con barrido de frecuencias desde 20Hz hasta los 20KHz, ya que necesitamos excitar todas las frecuencias y debe llegar a cada rincón de la sala con suficiente amplitud para poder ser medido y posteriormente evaluado. Los puntos de Medición están detallados en la figura 38:



*Figura 38.* Esquema de los puntos de medición de los modos normales de las salas de Locución y de control del estudio.

a. (Rojo = Punto 1, Azul = Punto 2, Amarillo = Punto3, Verde = Altavoz)

A continuación se detalla los resultados de las mediciones en los diferentes Estudios de Magic Sound & Music.

### 5.1.1 Fi, Sala de músicos

Como observamos en la figura 39, la sala no tiene modos normales de vibración, tiene una buena distribución modal porque describe funciones crecientes aunque no son monotonas desde los 200Hz en adelante. A partir de 20Hz hasta los 63Hz.



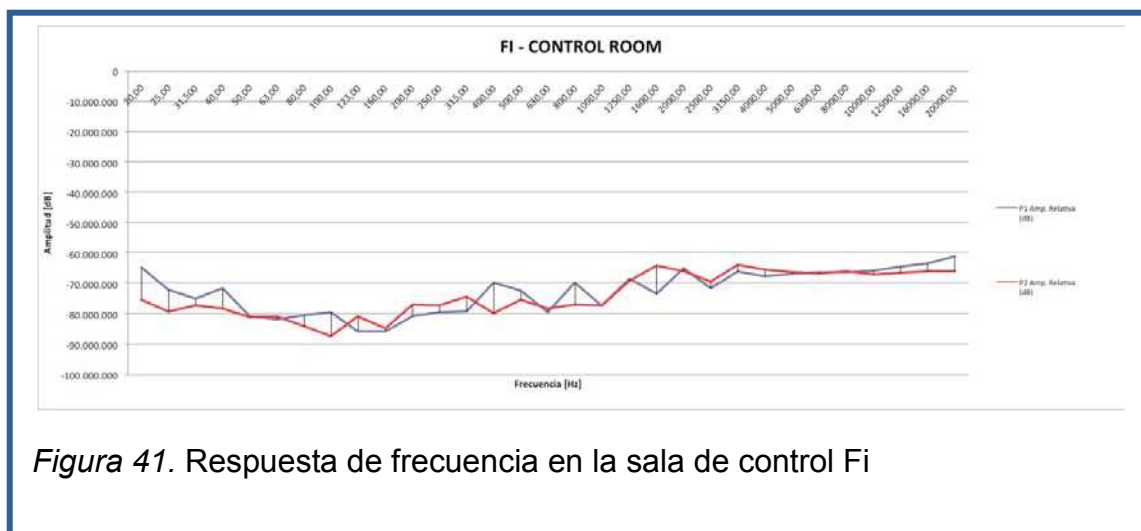
Figura 39. Respuesta de frecuencia en la sala de Músicos Fi, con mínima absorción

En la figura 40, se repite el mismo esquema que en la figura 39, pero con la particularidad que cuando los paneles absorbentes están expuestos, la respuesta baja aproximadamente 10 dB por efecto de absorción, excepto en el punto 3 donde se encuentra la pared del piedra, lo cual nos hace notar que sin importar que los paneles absorbentes estén expuestos, estos no afectan a este lado de la sala. Las curvas están muy equilibradas y homogéneas unas con otras, por lo que la acústica variable del lugar funciona como debe.



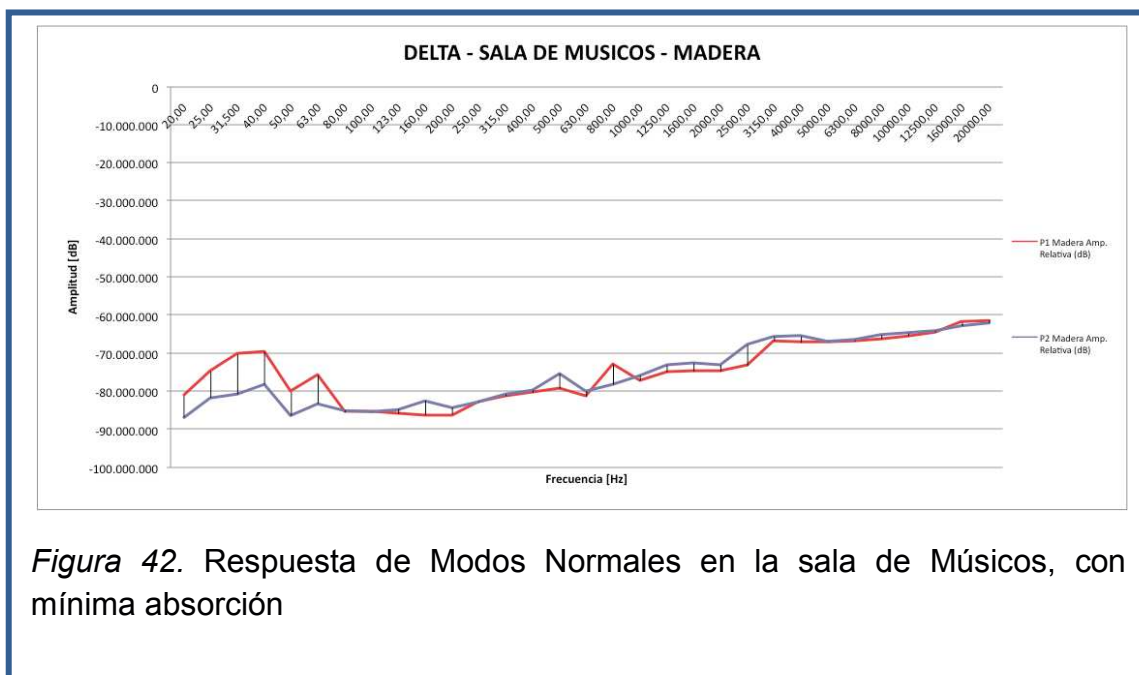
### 5.1.2 Fi, Control room

Encontramos gracias a las curvas anteriores que esta sala no tiene problemas de modos normales de vibración. La curva tiene un modelamiento creciente desde los 200Hz, lo que indica una distribución modal pareja. La diferencia que existe entre las curvas que están entre los 315Hz y 1000 Hz se debe a que los puntos de medición son en lados opuestos de la sala uno es cerca del Sweet Spot y el otro cerca de la puerta (figura 6.1) que es una superficie reflectante de madera.

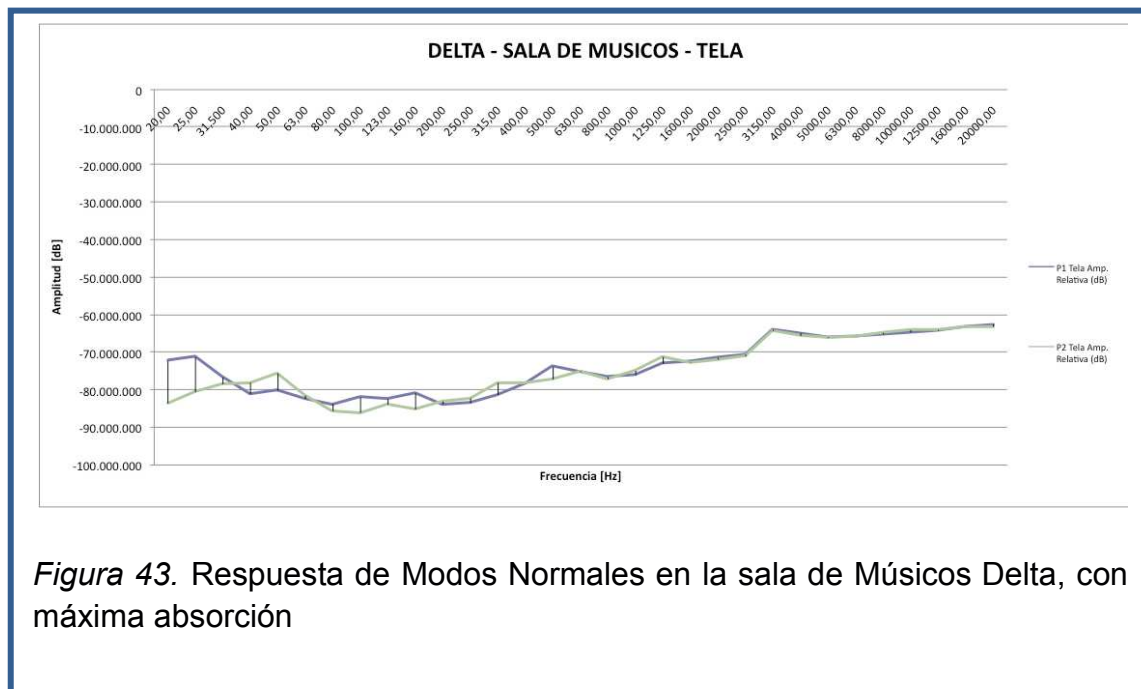


### 5.1.3 Delta, Sala de músicos

En la figura 42 de la sala de músicos del estudio Delta, observamos un problema en las frecuencias desde los 63Hz hasta los 100Hz, esto supone un problema de modos normales de vibración, sin embargo no vemos que los armónicos de estas frecuencias suban de nivel, lo que significa que esto puede ser producto de alguno de los componentes de la cadena de medición. Analíticamente, es una sala regular en función modal a partir de los 100Hz, y encontramos que la absorción fija usada en la misma es apropiada. Los paneles con la parte reflectante expuesta hacen que las altas frecuencias suban y es lo que se quiere lograr con esto.

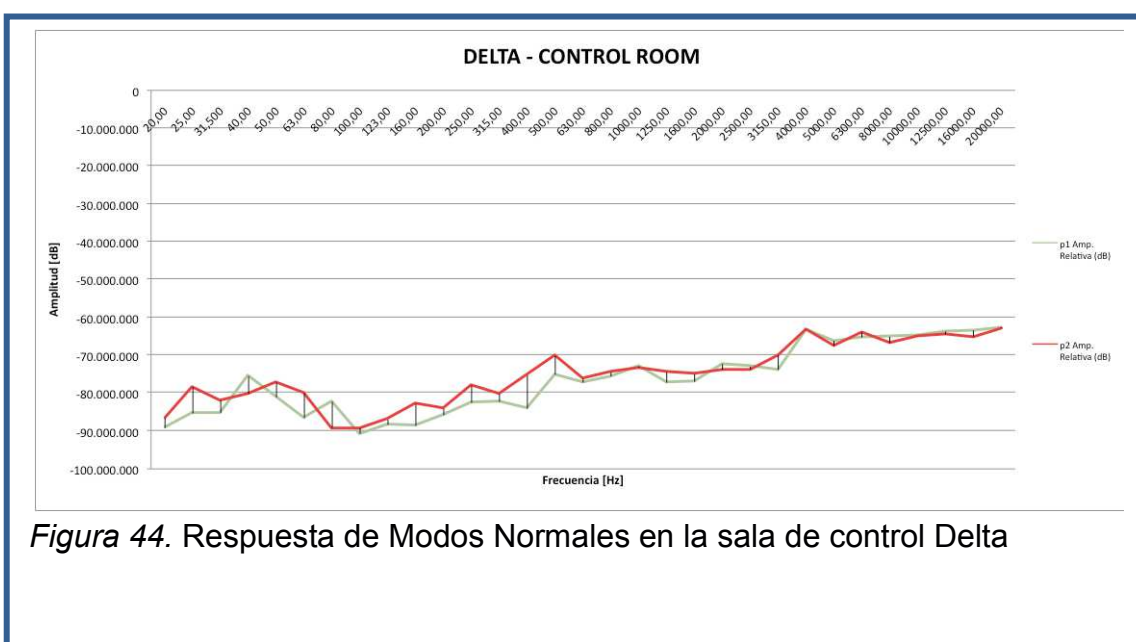


Ahora, La sala con la absorción máxima no presenta ningún tipo de problema, como vemos en la figura 43, con modos normales de vibración, es más, se arregla el problema que teníamos en el gráfico anterior lo que hace que se note una sala muy regular, por la forma de la sala, esta no se comporta como la Fi que hace que en la parte de absorción exista una caída de los niveles. Esto se debe a que la fuente estaba en el vértice de los paneles. En frecuencias medias bajas aún encontramos que hay falta de calidez desde los 63Hz a los 315 Hz pero muy mínima



### 5.1.4 Delta, Control room

En esta sala observamos que tiene falta de calidez como vemos en la figura 44 entre las frecuencias de 63Hz y 315Hz. Los modos normales son regulares y tiende a ser creciente y continua la curva, esta sala usa un ecualizador lo cual sería un arreglo muy fácil para el problema de calidez de la misma. El pico en los 5KHz refiere a falta de absorción que se lo puede arreglar con material en el techo principalmente ya que no habría más espacio estético para ponerlo.



### 5.1.5 Epsilon, Sala de locución

Esta sala por su volumen no necesitaba más de un punto de medición, en la figura 45 encontramos que tenemos un problema de modos normales en las frecuencias de 63Hz y 125Hz, que no son armónicas una de otra así que los problemas son independientes. Aún así, aquí debemos tomar una decisión, que por un lado, necesitamos un emparejamiento de la curva bajando 2dB a cada una y montar un difusor en estas frecuencias, lo cual nos significaría quitar espacio físico a la sala, que no tiene, o, por otro lado, usar un ecualizador para que este problema se atenue digitalmente.

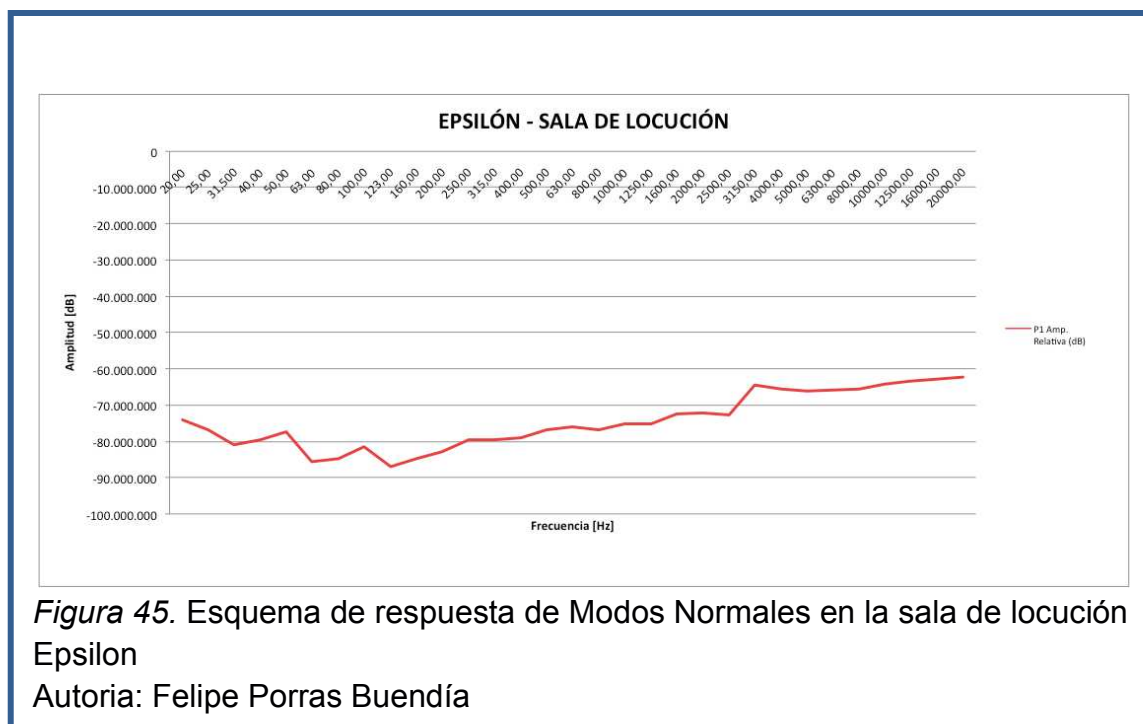
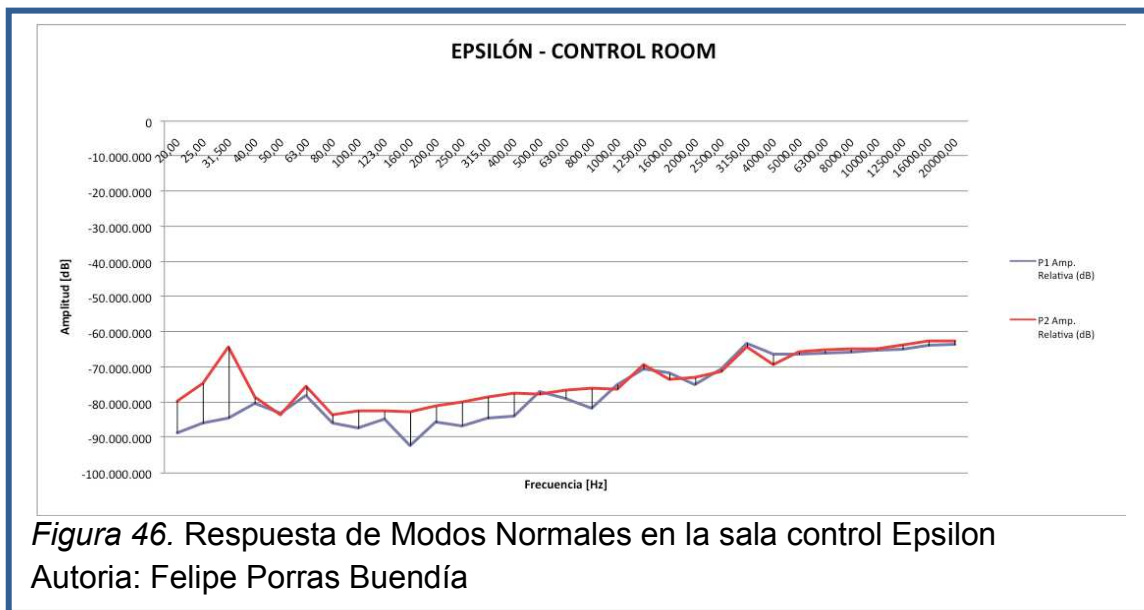


Figura 45. Esquema de respuesta de Modos Normales en la sala de locución Epsilon

Autoria: Felipe Porras Buendía

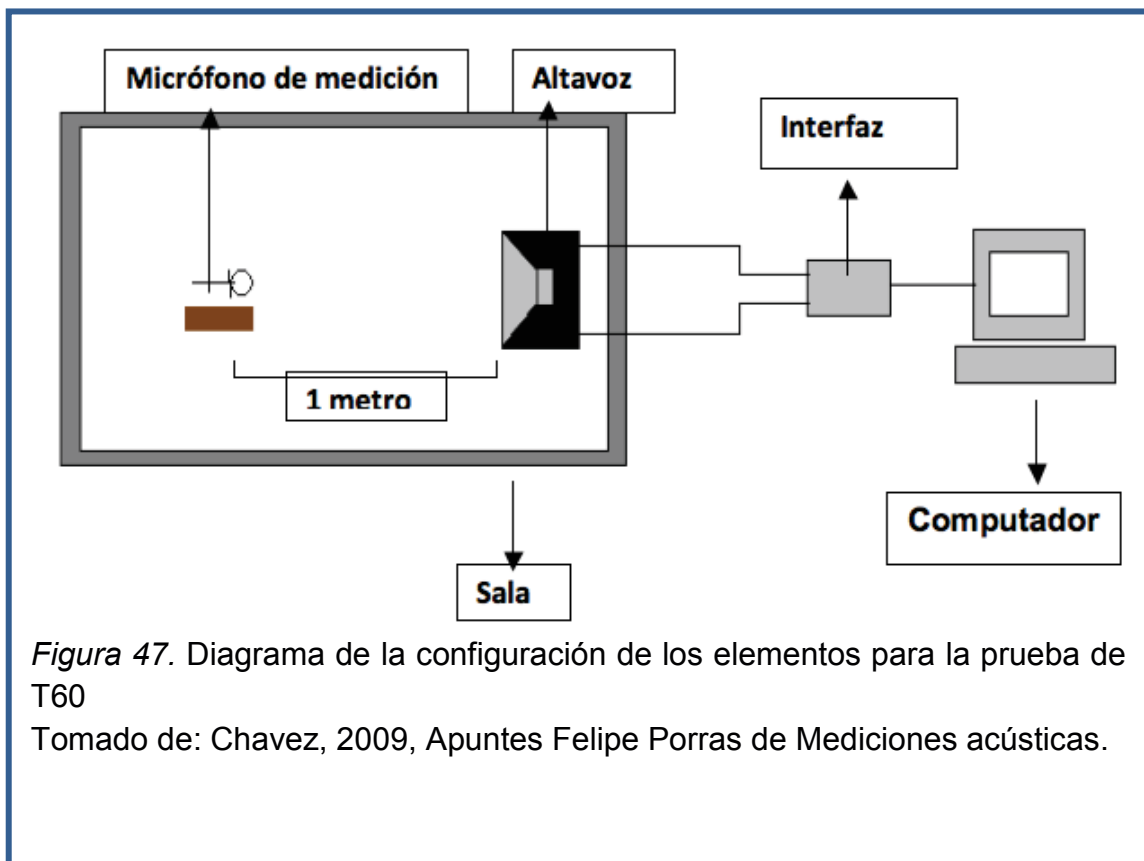
### 5.1.6 Epsilon, Control room

En la figura 46, observamos que hay un pico muy importante de modos normales en el punto 2 de la sala en los 31,5 Hz, pero debemos tener en cuenta que esa frecuencia es muy baja, el arreglo de esa frecuencia tomaría un gran espacio que no tenemos, y la respuesta del altavoz es efectiva después de los 50Hz. Aún así, a los 80 Hz tenemos un modo normal que puede ser atenuado con un ecualizador de sala.

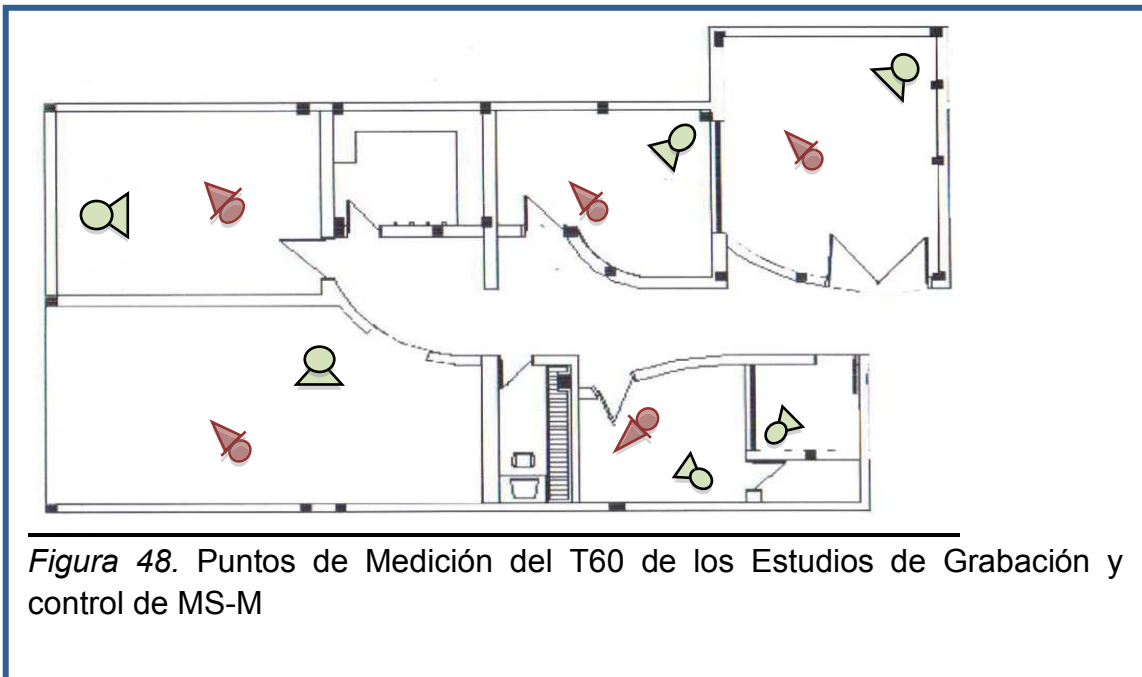


## 5.2 Medición de T60

Las mediciones del tiempo de reverberación de las salas se las relizaron con el programa Spectra Lab 5.0 con ruido rosa a 94dB, a continuación se muestra la configuración de los elementos para realizar esta prueba asi como el procedimiento usado:



1. Primero se sitúa el altavoz dentro de la sala, al igual que el micrófono de medición dbx.
2. Luego se coloca el micrófono de medición dbx a un 1 metro de distancia aproximadamente del altavoz.
3. Posteriormente, por medio del Software "SpectraLAB" instalado en el computador se envía ruido rosa al altavoz, para poder medir el Tiempo de Reverberación (T60) de la sala.
4. Para poder medir el Tiempo de Reverberación, el ruido de fondo tendrá que estar por debajo de los 10 dB. aproximadamente de la señal a medirse.
5. Las mediciones obtenidas del T60 se las deberá grabar en el "Spectra PLUS", una vez conseguidas.



*Figura 48.* Puntos de Medición del T60 de los Estudios de Grabación y control de MS-M

### 5.2.1 Fi, sala de músicos

Como observamos en la figura 49, el T60 promedio de esta sala es 0,62 seg con los paneles reflectantes expuestos y 0,42 seg con los paneles absorbentes expuestos. Las dimensiones de los paneles son: largo 2,05 metros, ancho: 1,3 metros y 0,07 metros de espesor, lo que nos da una frecuencia de corte de 1200Hz lo que en este gráfico se traduce como la caída en la amplitud de la curva en Tela.

También se puede observar una caída de amplitud en las frecuencias entre 80Hz y 315Hz, que corresponden a una falta de calidez de la sala, veamos:  
Para Tela:



$RT(125) = 0,42$   
 $RT(250) = 0,45$   
 $RT(500) = 0,54$   
 $RT(1000) = 0,42$

Aplicando la fórmula 7, se obtiene:

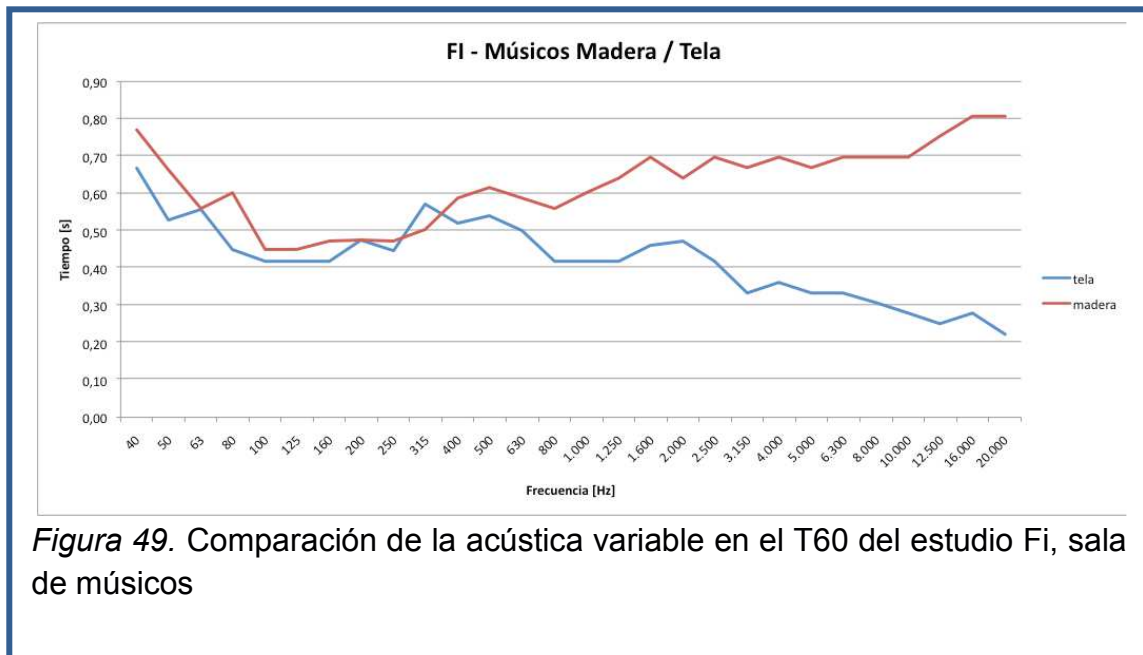
BR = 0,91 lo cual esta debajo de 1,2 recomendado.

Para Madera:

$RT(125) = 0,45$   
 $RT(250) = 0,47$   
 $RT(500) = 0,61$   
 $RT(1000) = 0,60$

Aplicando la fórmula 7, se obtiene:

BR = 0,76 lo cual también esta debajo de 1,2 recomendado.



### 5.2.2 Fi, Sala de Control

Con ayuda de la figura 50 notamos que en esta sala las altas frecuencias son atenuadas muy bien y existe grán contenido de frecuencias medias y medias altas. Las frecuencias entre 160 Hz y 400 tenemos una caída, lo que se solucionará con un resonador (ver anexo 5). Además obsevamos que esta sala no es brillante, pero es una sala de control en la que todas las respuestas deberían ser planas, lo que hace notar que hay exeso de absorción en altas frecuencias. El T60 medio es de 0,41 seg, la falta de calidéz no es importante como verémos en los siguientes cálculos:

$$RT(125) = 0,33$$

$$RT(250) = 0,36$$

$$RT(500) = 0,45$$

$$RT(1000) = 0,50$$

Aplicando la fórmula 7, se obtiene:

BR= 0,72 lo cual esta debajo de 1,2 recomendado.

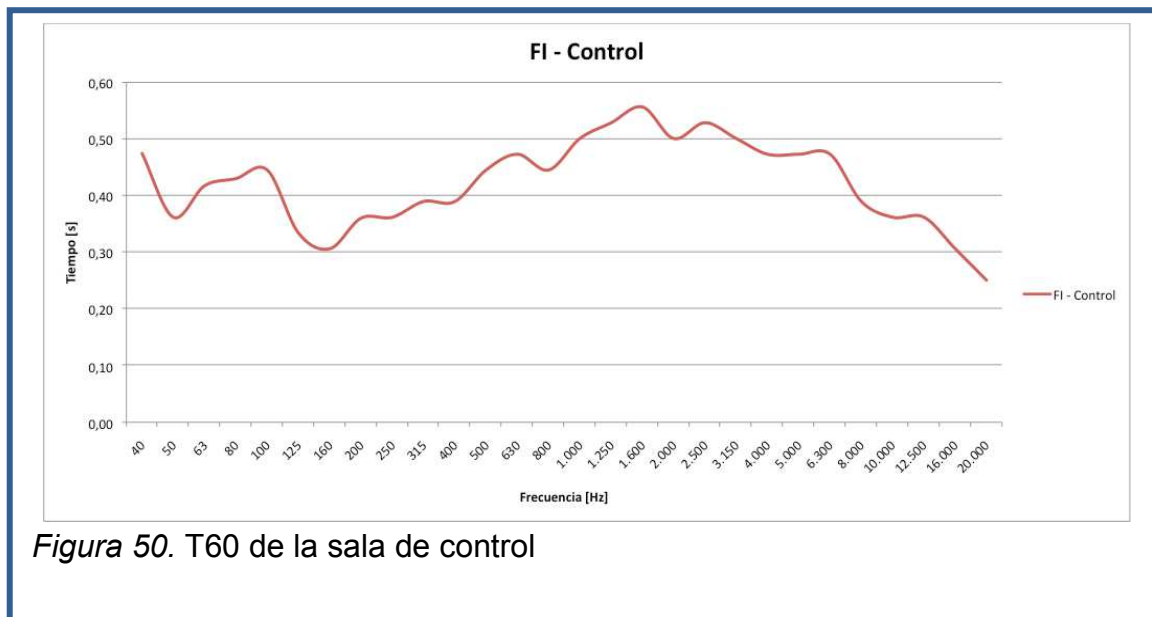


Figura 50. T60 de la sala de control

### 5.2.3 Delta, sala de musicos

En esta sala hay una caída mínima de bajas frecuencias en los 63Hz y 80 Hz, esto es causado por la distancia que hay entre las paredes. Los modos normales en los 40Hz son por causa del altavoz que no es fiable en las frecuencias menores a 50Hz. La respuesta de todas las demás frecuencias es muy plana hasta que los paneles empiezan absorber alrededor de los 1200Hz. Y lo cual nos da como resultado un T60 variable desde: 0,45 seg hasta 0,58 seg. Veamos la calidez de la sala:

Para Tela:

$$RT(125) = 0,56$$

$$RT(250) = 0,47$$

$$RT(500) = 0,52$$

$$RT(1000) = 0,42$$

Aplicando la fórmula 7, se obtiene:

BR = 1,09 lo cual esta un poco por debajo de 1,2 recomendado.

Para Madera:

$$RT(125) = 0,60$$

$$RT(250) = 0,55$$

$$RT(500) = 0,52$$

$$RT(1000) = 0,55$$

Aplicando la fórmula, se obtiene:

BR = 1,07 lo cual también esta ligeramente por debajo de 1,2 recomendado. En los 2 casos, se puede decir que la calidez es normal

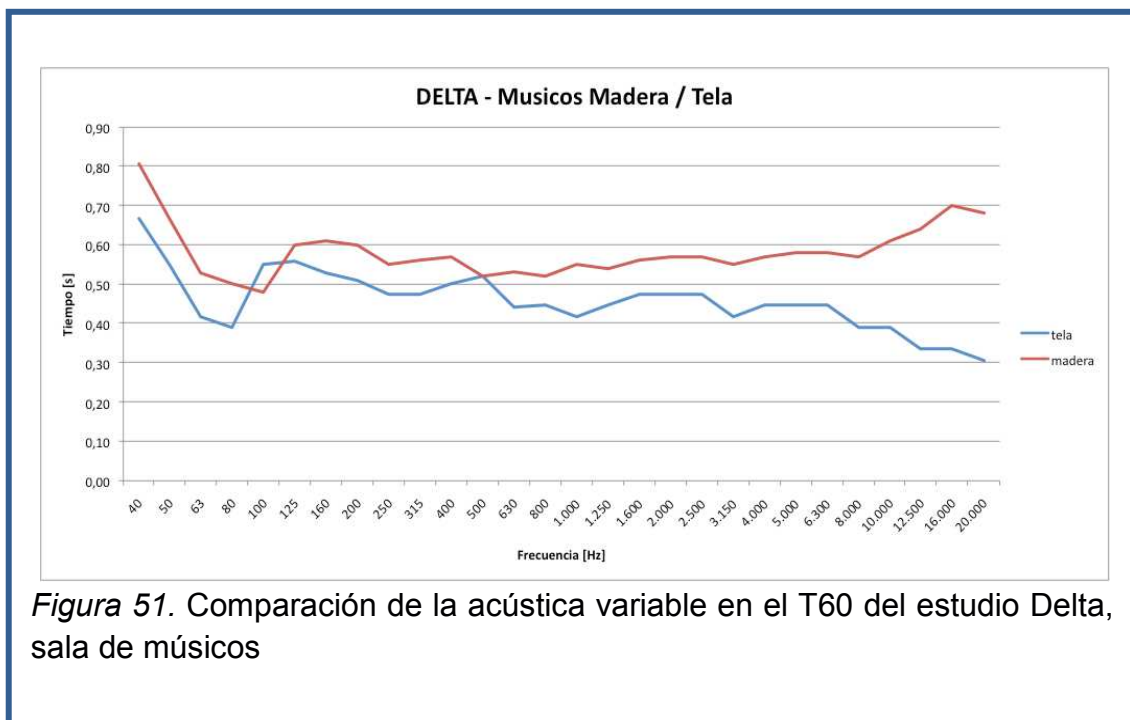


Figura 51. Comparación de la acústica variable en el T60 del estudio Delta, sala de músicos

#### 5.2.4 Delta, sala de control

La respuesta de frecuencia del T60 en esta sala es creciente desde la respuesta del altavoz, lo cual hace notar un sentido de homogeneidad. Tenemos una caída desde los 80 Hz hasta los 250 Hz, lo cual se emparejaría con un resonador (ver Anexo 5). El T60 de esta sala es de 0,29 seg  
Su calidez:

$$RT(125) = 0,25$$

$$RT(250) = 0,27$$

$$RT(500) = 0,27$$

$$RT(1000) = 0,31$$

Aplicando la fórmula, se obtiene:

BR= 0,89 lo cual esta debajo de 1,2 recomendado.

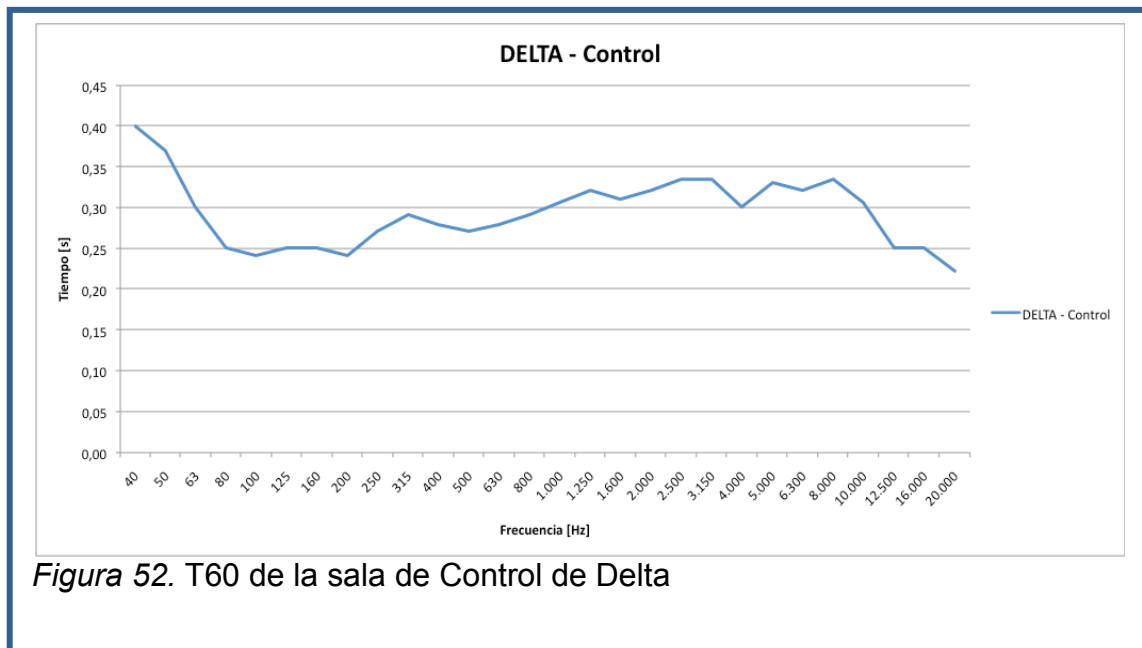


Figura 52. T60 de la sala de Control de Delta

### 5.2.5 Epsilon, sala de locución

Esta sala de locución por su estructura y forma, podía llegar a tener modos normales y en este gráfico resaltan que efectivamente existen en la banda de 63Hz y 80 Hz, y no puede ser un problema del altavoz ya que vemos que se repiten en los armónicos 315Hz y 400Hz, pero se puede usar un resonador de las frecuencias alrededor de 1000 Hz para emparejar la respuesta (ver Anexo 5). El T60 de esta sala es de 0,21 seg. Las frecuencias medias y altas están muy bien tratadas con los elementos que están dentro de la sala. Aquí se debe aplicar un resonador para bajas frecuencias pero el espacio físico no permite eso. La calidez:

$$RT(125) = 0,24$$

$$RT(250) = 0,21$$

$$RT(500) = 0,22$$

$$RT(1000) = 0,19$$

Aplicando la fórmula 7, se obtiene:

BR= 1,10 lo cual equivale al 1,2 recomendado. La sala tiene buena calidez

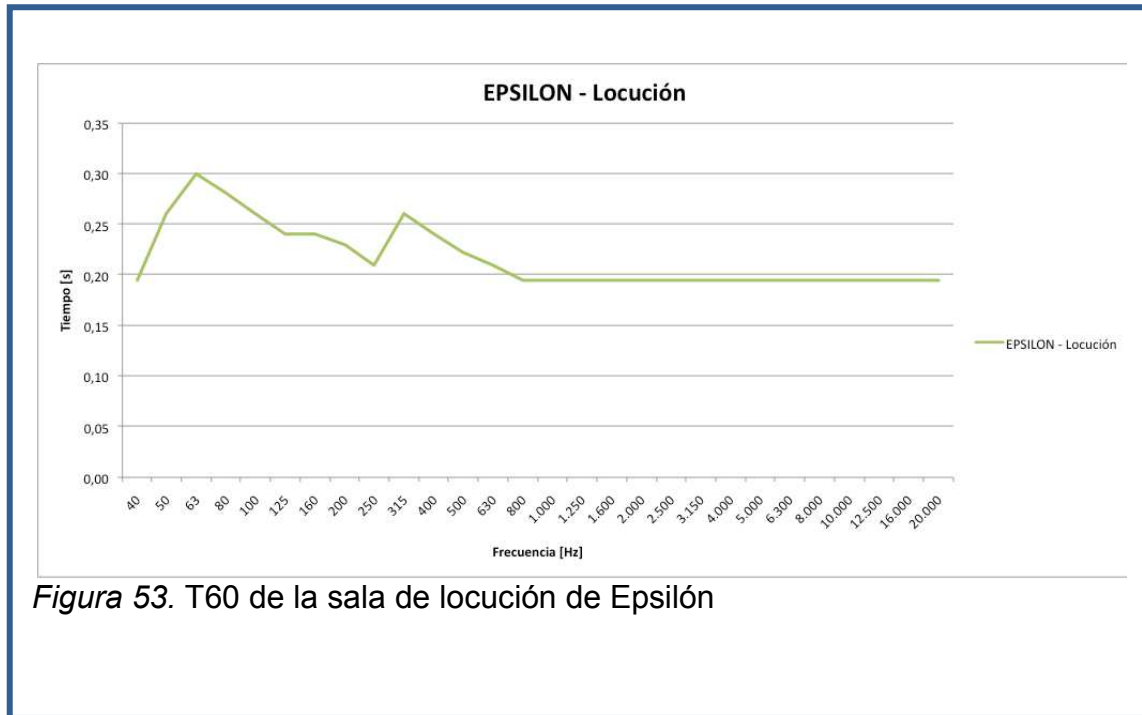


Figura 53. T60 de la sala de locución de Epsilon

### 5.2.6 Epsilon, sala de control

La sala de control de Epsilon tiene molestias de modos normales en 63hz y 80 Hz, obviamente sus armónicos se ven afectados por estos y describen picos, la solución es hacer rsonador en 500 Hz (ver Anexo 5) para que estas frecuencias se emparejen y se obtenga equilibrio en estas bandas. El T60 de esta sala es de 0,24 seg, su calidéz es:

$$RT(125) = 0,25$$

$$RT(250) = 0,19$$

$$RT(500) = 0,19$$

$$RT(1000) = 0,22$$

Aplicando la fórmula7, se obtiene:

BR= 1,07 lo que es muy cercano al 1,2 recomendado.

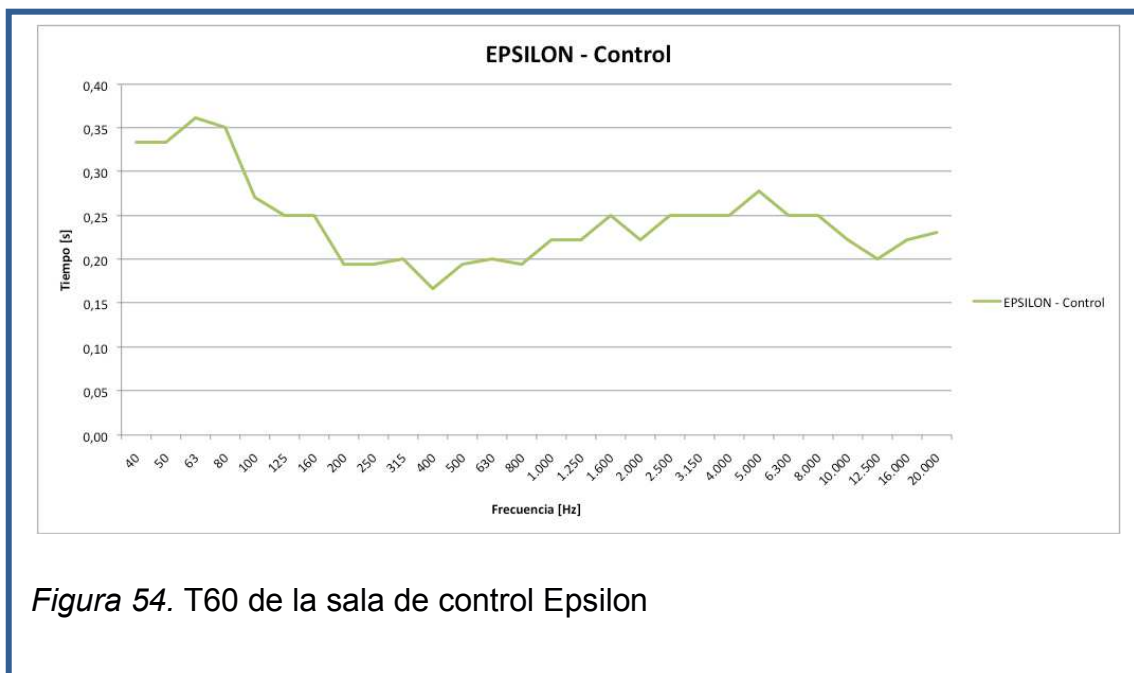


Figura 54. T60 de la sala de control Epsilon

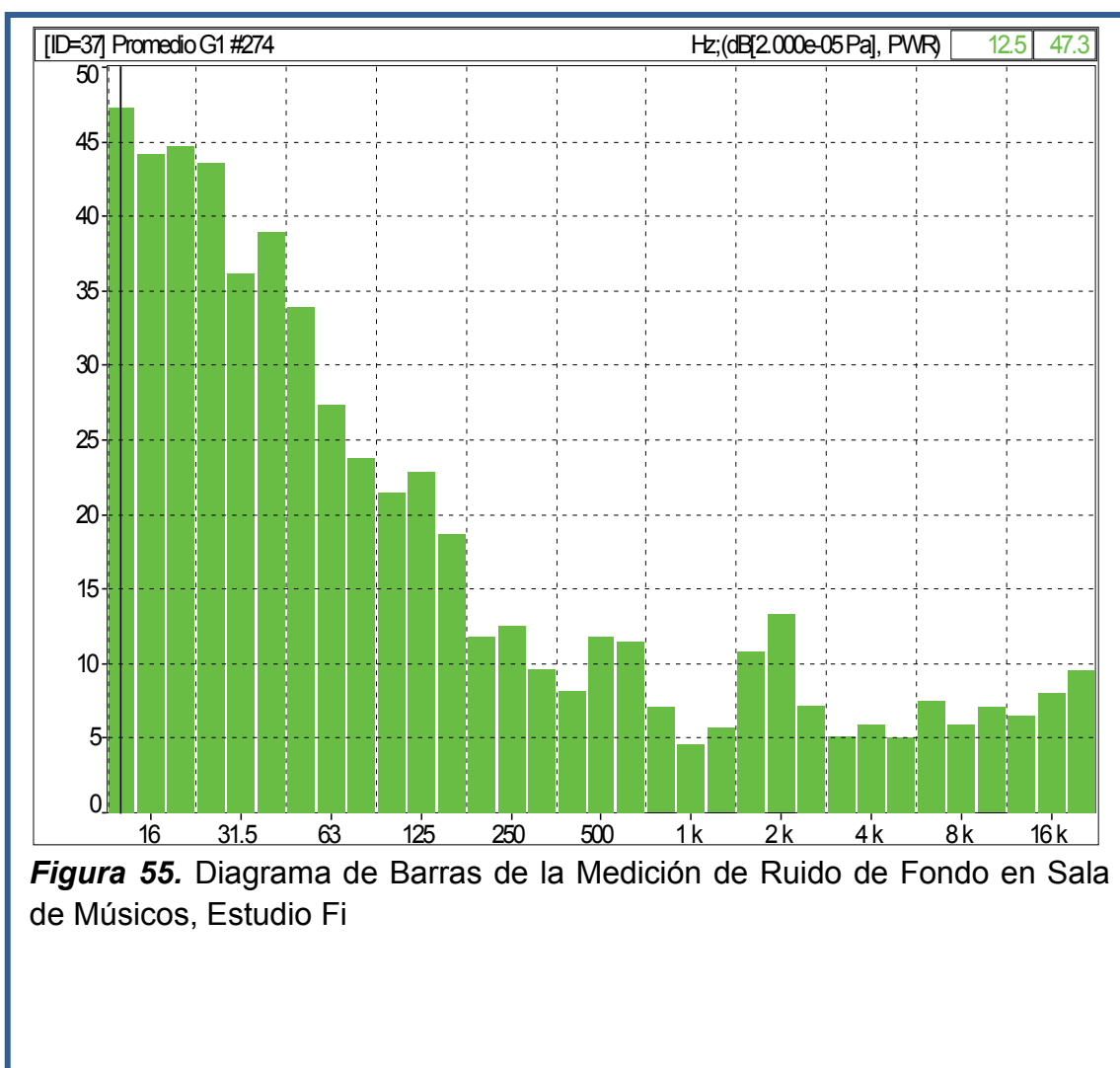
### 5.3 Medición de Ruido de Fondo

En ésta medición se tomó como referencia la sala más representativa del estudio, ya que todas las salas cuentan con el mismo revestimiento y tratamiento. Cabe recalcar que esta medición se la hizo en un día normal de trabajo, con los demás estudios funcionando. Usando el sonómetro, dentro de la sala por 1 minuto en modo slow (por ruido estable). La sala de músicos Fi es la sala que más volumen tiene y se arrojó la siguiente curva, los parámetros individuales los podemos ver en la tabla 19 y la figura 55.

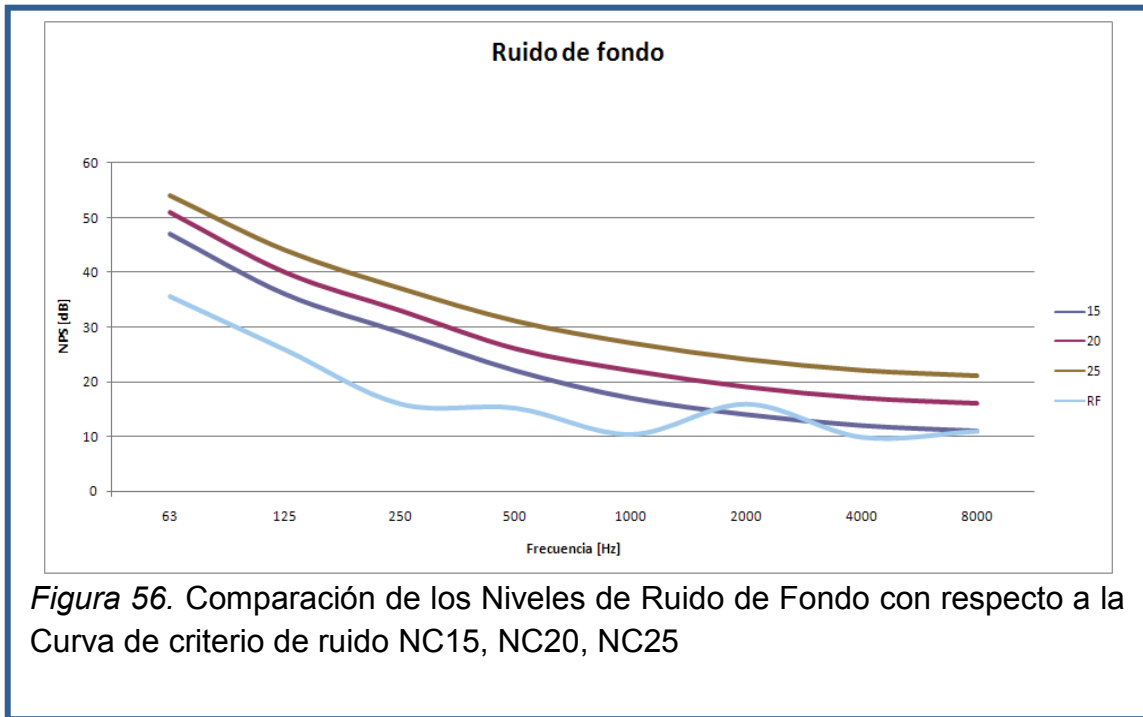
Tabla 19.

Ruido de Fondo Sala de Músicos Fi

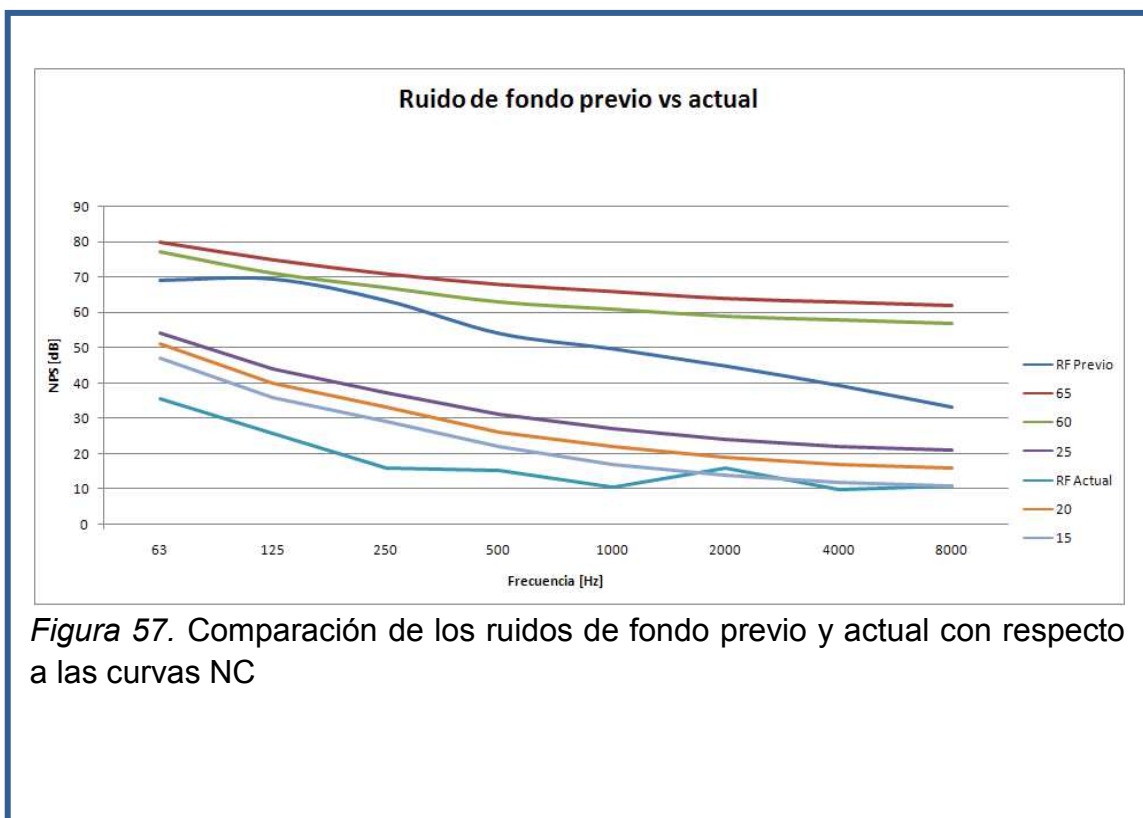
Sonometro en Sala de Músicos A (Ruido de Fondo)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
36	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:51	15/09/2010 17:52	0:01:00	22.7	dB[2.000e-05 Pa]







Como se observa en la Figura 56, la curva propia de la Sala está justo por debajo de la curva NC20.



## 5.4 Medición de TL

La medición del TL de las salas, tanto de músicos, o locución, y de control están realizadas con respecto al pasillo entre ellas, donde se úso un altavoz irradiando 94dB de ruido rosa a 1.2m de distancia entre éste y la partición. En el apartado de Anexos se puede encontrar el gráfico de barras de la tabla 21.

Tabla 21

Resumen TL de las particiones por banda de octava

<b>FRECUENCIAS [Hz] / PARTICIONES / Valor de partición [dB]</b>	<b>31.5</b>	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>	<b>16000</b>
Control EPSILON - S. Loc. EPSILON	38	55	40.5	54	40	33	31	30	29	10
Pasillo - Control EPSILON	44	48	49	52	56	54.5	55.5	54	44	33
Pasillo - S. Loc. EPSILON	33	43	40.5	51	39.5	40	42	40	26	17
Pasillo - S. MusicosDELTA	45	50.5	55	45.5	40	39	49	44	36	24
Pasillo - Control DELTA	33	46	54.5	56	54	54	60	59	48	44
Control B - S. Mus. DELTA	35	43.5	44.5	44	42	42	46	40.5	30.5	24
Pasillo - S. MusicosFI	39	61.0	65.0	55.5	53.5	53	56	54.5	44	44
Pasillo - Control FI	31	44.5	41.5	36.5	44.0	29.0	30.0	27.0	16.0	9
Control A - S. Mus. FI	34.5	40.5	38.5	39.5	38	30	33	30.5	16	9

Resultando así, que las particiones funcionan muy bien en todos los estudios, en unas frecuencias más que en otras tomando en cuenta que la fuente irradiaba ruido rosa a 94dB hacia la partición.

La tabla 22 muestra las mismas particiones con el nivel de presión sonora promedio correspondiente a la suma de los valores de cada frecuencia

Tabla 22

Valores de TL de las particiones

<b>PARTICIONES</b>	<b>TL [dB]</b>
Control EPSILON - S, Loc, EPSILON	55,43
Pasillo - Control EPSILON	61,70
Pasillo - S, Loc, EPSILON	48,94
Pasillo - S, MusicosDELTA	57,68
Pasillo - Control DELTA	64,33
Control DELTA - S, Mus, DELTA	51,39
Pasillo - S, MusicosFI	67,47
Pasillo - Control FI	48,51
Control FI - S, Mus, FI	45,00

La tabla 23 muestra el resultado del TI global para cada sala, sumando los niveles de presión sonora de toda la sala

Tabla 23

TL de cada Sala

<b>TL Global Por Sala</b>	<b>TL [dB]</b>
Epsilon	62,81
Delta	65,36
Fi	67,55

La tabla 24 será la que nos dé una idea de lo que paso con las predicciones de T60 con respecto al medido, así mismo se menciona el Brillo de cada sala. Estas variaciones se dan porque los materiales usados en la construcción no son los mismos a los usados en las predicciones por lo que los coeficientes de absorción también varían. Aún así se ve que los resultados son mucho más satisfactorios que los propuestos en la etapa constructiva.

Tabla 24

Resumen de valores de T60 predichos con los medidos y el Brillo medido

Sala		T60 predicho [s]	T60 Medido [s]	Brillo
Fi - Control		0,32	0,41	0,72
Fi - Músicos	Max. Absorción	0,3	0,42	0,91
	Min. Absorción	0,36	0,62	0,76
Delta - Control		0,29	0,29	0,89
Delta - Músicos	Max. Absorción	0,18	0,45	1,07
	Min. Absorción	0,22	0,58	1,09
Epsilon - Control		0,67	0,24	1,07
Epsilon - Locución		0,12	0,21	1,1

## 6 Conclusiones y Recomendaciones

**6.1** La construcción de estudios de grabación profesional en Ecuador es una realidad y cada vez se está haciendo más frecuente, lo cual favorece al mercado nacional ya que los músicos y las producciones deben ser de mejor calidad para poder competir en el extranjero, ya que el mercado internacional está a la vanguardia de estándares. Por otro lado Ecuador no tiene la suficiente “educación musical” como para valorar una inversión a las cuales los estudios profesionales están sometidos; los músicos y productores no tienen el suficiente respaldo económico para hacer producciones más grandes y pagar lo que se debe pagar en un material profesional, y los pocos que tienen, o prefieren los estudios medianos o prefieren el renombre de Estados Unidos para sus producciones.

No se puede hacer juicios de valor acerca del mercado ecuatoriano, pero es un punto importante dentro de la decisión de hacer o no un estudio de grabación profesional en nuestro país. Así mismo están los que tienen la visión de un Ecuador más “musical” e invierte y apuesta por una calidad competitiva mundial. Es así que Magic Sound & Music han dado todo de ellos para que este proyecto salga adelante y funcione como debe.

Cada día el Ecuador está alimentándose de conocimientos y uno de ellos es el Acústico y hay cada día más personas que prefieren una buena acústica porque tienen una idea de lo que trata. Para este trabajo, los ingenieros y arquitectos que trabajaron en este proyecto tenían ideas básicas de la materia por lo que los ingenieros en sonido y acústica cada día son más esenciales en proyectos estructurales musicales.

**6.2** El diseño del estudio de grabación tuvo inconvenientes en planos lo que dificultó las mediciones iniciales de TL y T60, la estructura principal de la casa estaba dispuesta de cierta forma tal que las paredes no se podían mover (ciertas de ellas), como sería lo esencial para que no existan paralelismos entre las paredes o los espacios sean muy reducidos. Como el caso de la sala de locución de Epsilon, que tiene un espacio muy reducido y los modos normales son evidentes, pero por otro lado, la onda de estos modos son muy grandes para la dimensión de la sala. Se recomienda usar el techo para poner cielo falso inclinado y así evitar el paralelismo, mejoraría de mayor forma la acústica del lugar, no se lo hizo por el presupuesto de la empresa.

Así mismo, en Fi, estructuralmente hablando, las columnas que están en la sala de músicos son incómodas y hasta limita el espacio de movilidad de los instrumentos, en este caso no se puede cambiar la estructura de esto para mejorar la cantidad de espacio de movimiento, tan solo es una limitación de esta sala.

En la sala de control Delta está la estructura cóncava que hace que pueda existir un foco dentro de la misma, lo cual puede ser mejorado haciendo

nichos en el gypsum y colocando material absorbente (propuesta mas económica) ya que si hacemos una pared inclinada entramos en conflicto con la estructura física visual del estudio que es circular y no recto ni inclinado.

**6.3** La predicción de los modos normales de vibración de un recinto con forma de polígono irregular, no es confiable, ya que influye mucho la complejidad de ecuaciones y cálculos necesarios para su estudio, por lo que se uso una herramienta a base de programación en la web que ayudo para acercarnos a lo que podía ser la curva predictiva de los modos normales de las salas del estudio. No pudo ser comparado este resultado con el obtenido mediante medición ya que los términos de los modos predichos estan basados en: número de modos vs frecuencia, y los medidos estan basados en amplitud vs frecuencia. La única forma de comparar estos dos eventos es mediante referencias visuales de las frecuencias en las que puede haber más número de modos y relacionarlas con las medidas para ver si efectivamente existen problemas en dichas frecuencias, mas no una comparación formal entre las dos.

**6.4** El T60 predicho y el T60 real medidos son diferentes ya que cuando se hace la obra gris no sabemos exactamente el mobiliario y el material del mismo para tomar en cuenta la absorción del mismo, ya que aun no se los compran, se puede hacer una estimación con los datos y requerimientos del cliente pero no se puede saber exactamente que tipo de sofá, asientos o acabados (si es en madera o vidrio, forros de cuero, cuerina, acolchado con esponja, pluma o cualquier otro tipo de material), además de los parlantes, el computador, entre otros. Todo esto influye en un porcentaje el error de la predicción, aunque en groso modo es una estimación que hace referencia a lo que puede salir. El porcentaje de error por los efectos de coeficientes de absorción que existe en este trabajo es de 70% lo cual es aceptable, un 50% o 40% de esta efectividad sería error de predicción.

Los T60 de los estudios de grabación son muy buenos y dentro de los estandares mundiales. El T60 es relativo a la audición del ingeniero que necesita de mas o menos resonancia de su cuarto, muchos pueden decir que este T60 es bajo y otros que es demasiado alto, por eso en esta tesis se presentó 2 valores un máximo y un mínimo de T60 para los estudios Delta y Fi en sus salas de músicos para que el ingeniero de sonido pueda escoger que paneles abrir y cuales cerrar para obtener el T60 deseado.

Se recomienda hacer un análisis de cada combinación de paneles posible dentro de los estudios para que exista un “mapa” de la acústica en términos del T60.

- 6.5** El objetivo de bajar el ruido de fondo de NC65 a Nc20 fue logrado con éxito, gracias a las particiones que tienen todas las salas, como las paredes exteriores no podían ser quitadas para hacerlas con materiales de densidad superficial más altas por el costo económico que significaba, se buscó la solución para que el “sánduche” acústico sea lo más económico y eficiente posible. Bajar todo esto significa que dentro de ellas el ruido de fondo es bajo, lo que permite manejar toda clase de música sin que interfiera los ruidos exteriores. Dentro del pasillo se recomienda poner absorción ya que los dB que existen en este puede interferir a la parte administrativa del estudio, no se hizo esta medición ya que la Tesis no contempla este punto, pero sería importante hacerlo en futuras mediciones, porque la influencia del ruido en el trabajo de las personas que no pertenecen al área musical y/o producción puede ser causa de fatiga, cansancio y stress.
- 6.6** Con respecto a los resultados de T60 y Modos normales de vibración de las salas, estas presentan una caída de calidez entre 100Hz hasta 500Hz, eso quiere decir que las salas necesitan un reflector de bajas frecuencias y nivelar las amplitudes. En los anexos de esta tesis se encuentran las medidas para ser tomadas en cuenta y suprimir estas deficiencias, se realizó cálculos para difusores, las matrices con los valores de profundidades en cm se encuentran detalladas así como las dimensiones de los paneles.

## 7 Referencias:

Arau, H. (1999). *ABC de la Acústica Arquitectónica*. Lima, Perú: CEAC. Págs. 176, 224, 226, 227, 262, 263. 265, 266.

Carreño, J. (2008). Cuaderno de apuntes asignatura Acústica Arquitectónica tomados por Felipe Porrás Buendía. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas

Carrión, A. (1998). *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. 1ra ed. Barcelona, España: Editions UPC. Págs. 43, 49, 123

Chavez, M. (2009). Cuaderno de apuntes asignatura Mediciones Acústicas tomados por Felipe Porrás Buendía. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas

Miyara, F. (2006). *Acústica y Sistemas de Sonido*. 3ra. ed. Rosario, Argentina, Universidad nacional de Rosario. Págs. 44 – 46, 49, 52

Recuero, M. (1990 – 1993). *Ingeniería Acústica*. 2da ed. Madrid, España, IORTV. Págs. 504, 511

Internet:

Autor desconocido, recuperado el 5 de diciembre de 2011 de:  
[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_08\\_09/io3/public\\_html/MaterialesI.html](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_08_09/io3/public_html/MaterialesI.html)

Autor desconocido, recuperado el 15 de Enero 2012 de:  
[http://www.labc.usb.ve/EC4514/AUDIO/ACUSTICA\\_ARQUITECTONICA/Recintos\\_pequenos.html](http://www.labc.usb.ve/EC4514/AUDIO/ACUSTICA_ARQUITECTONICA/Recintos_pequenos.html).

Autor desconocido, recuperado el 2 de Febrero de 2012 de:  
[http://elrincondelaudioylaacustica.blogspot.com/2010/04/las-famosas-curvas-nc\\_19.html](http://elrincondelaudioylaacustica.blogspot.com/2010/04/las-famosas-curvas-nc_19.html). Acceso. 2 feb 2012

Autor desconocido, recuperado el 15 de diciembre de 2011 de:  
<http://maps.google.es/ref.-0.18345,-78.494305>.

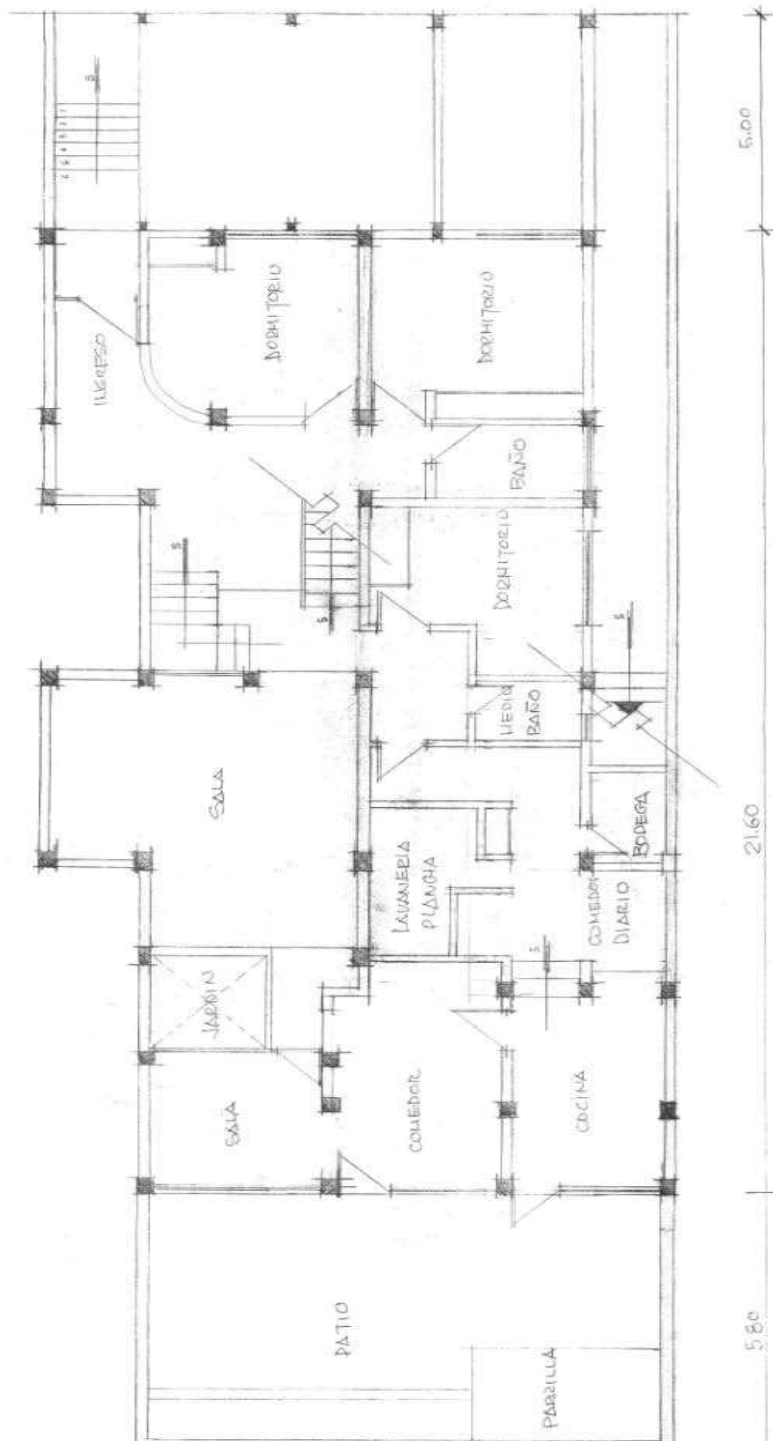
Autor desconocido, recuperado el 5 de enero de 2013 de: <http://is.gd/nzDfP5>



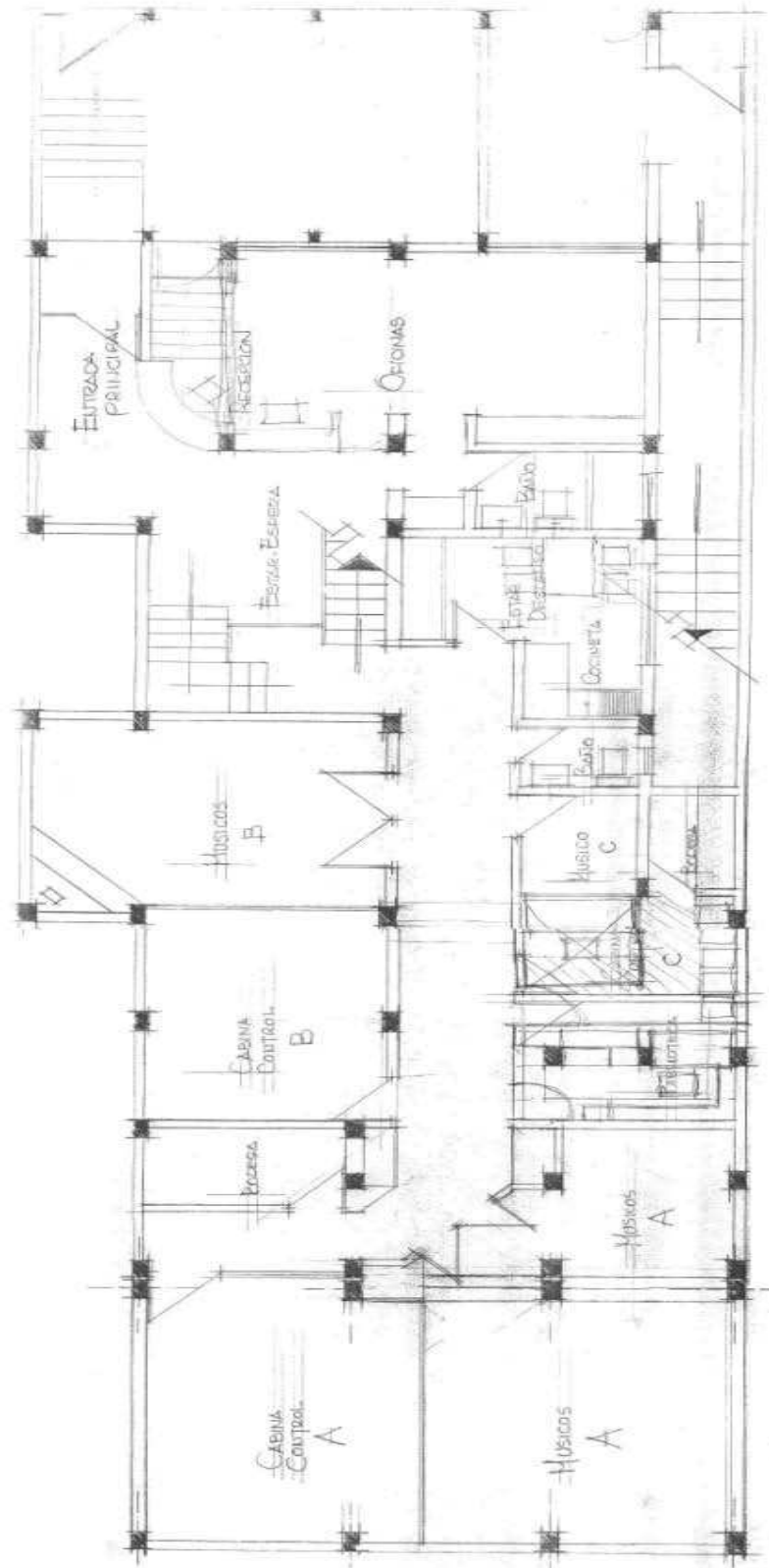
## 8 Anexos:

### Anexo 1

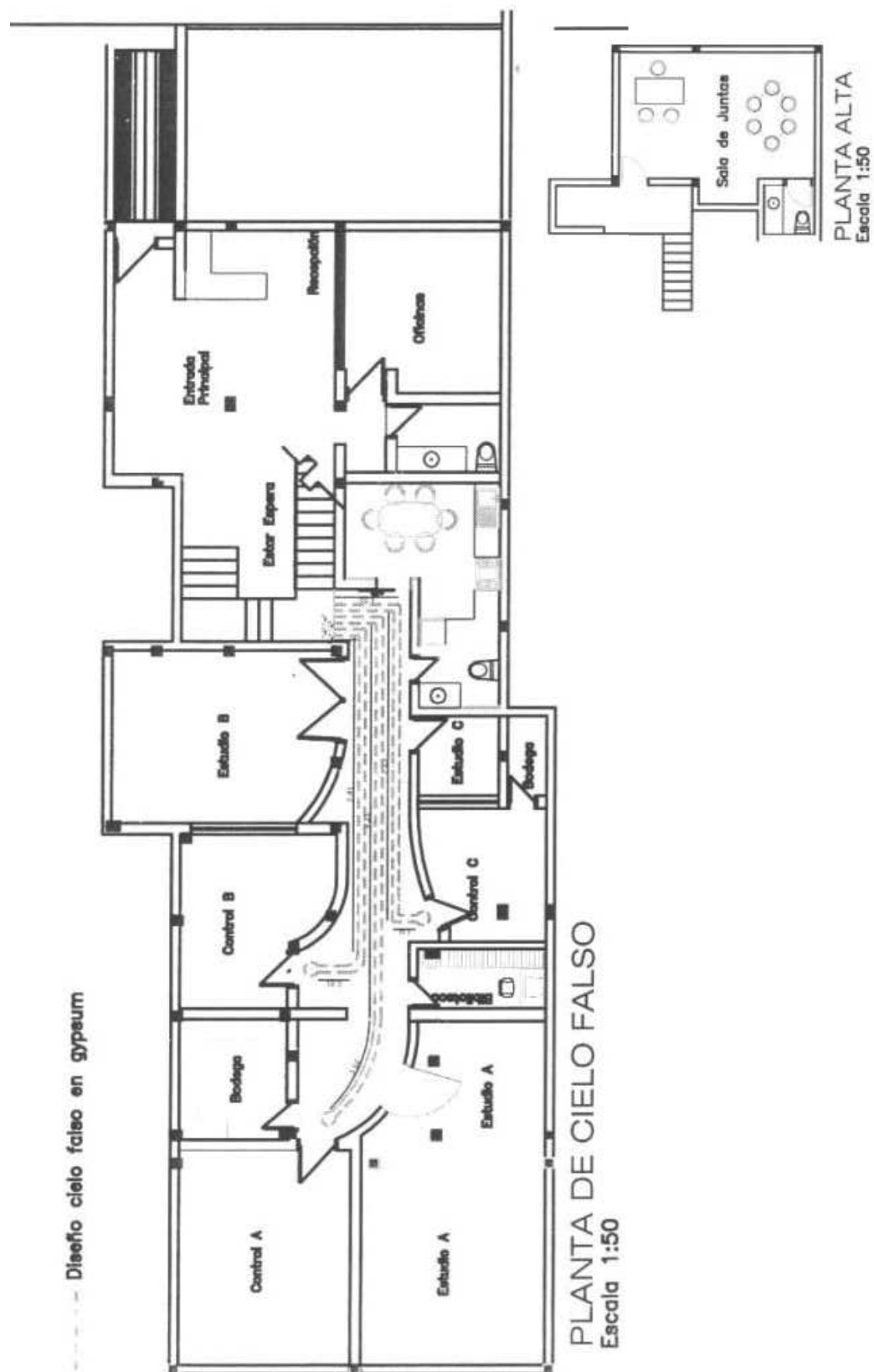
Diseño Previo (casa)



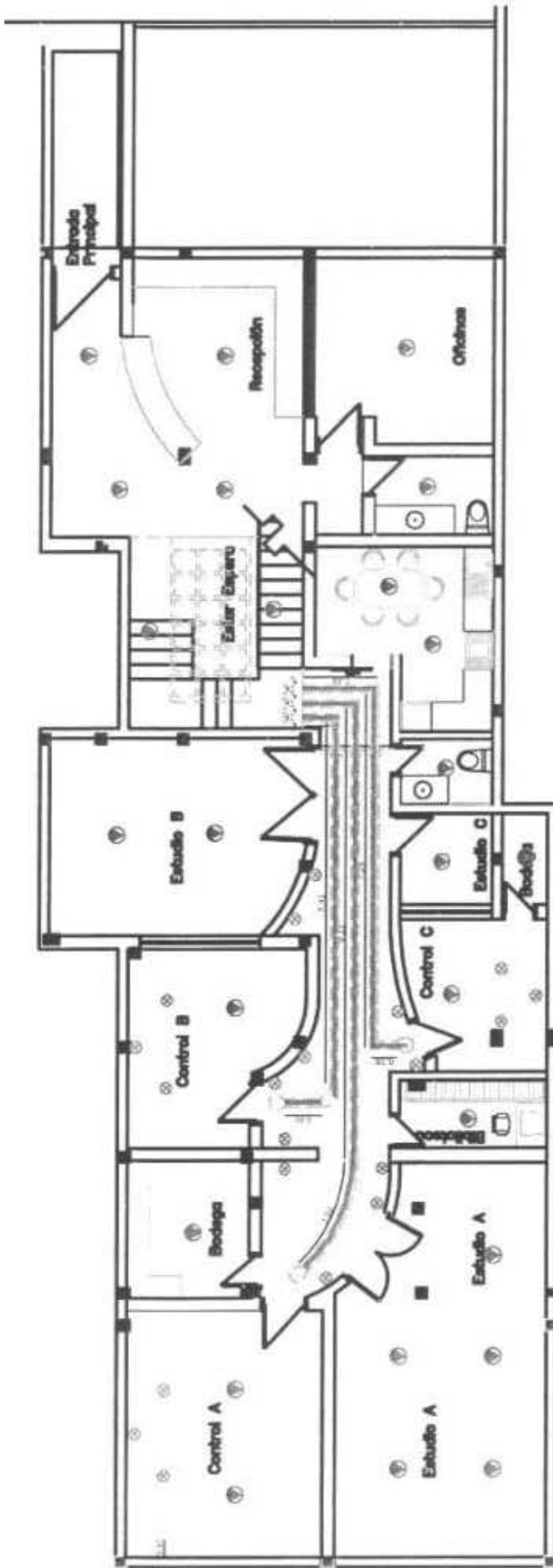
## Diseño actual del estudio



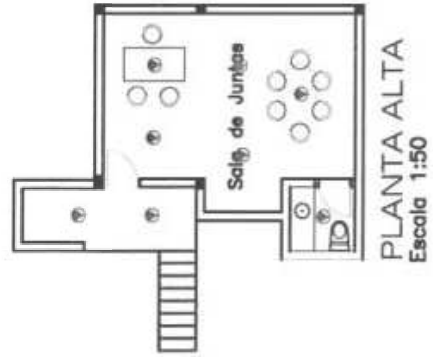
## Diseño del cielo falso



Diseño de Iluminación



PLANTA DE PUNTOS DE ILUMINACION  
Escala 1:50



PLANTA ALTA  
Escala 1:50

## Anexo 2

### Carta de Magic Sound & Music a Felipe Porras Buendía



Quito, 21 septiembre de 2012

SEÑOR  
FELIPE PORRAS BUENDIA  
Presente.-

Estimados señor:

Por medio de la presente autorizo al señor FELIPE PORRAS BUENDIA, CI: 1715208623, a realizar las mediciones acústicas de todos los estudios de MAGIC SOUND MUSIC Cia. Ltda. que serán publicadas en su Tesis de Grado, previa a la obtención de su título.

Así mismo, y por motivos de seguridad y confidencialidad de las inversiones realizadas por los accionistas, es imposible que el mencionado señor tenga acceso a la información financiera de la compañía. Es por eso que dentro de la tesis que realiza el Señor FELIPE PORRAS podrá encontrarse toda la información técnica más no la información financiera.

Particular que informo a ustedes para los fines pertinentes.

Atentamente,



*Pablo Esteban Aguinaga Buendía*  
Pablo Esteban Aguinaga Buendía  
GERENTE GENERAL  
MAGIC SOUND MUSIC Cia. Ltda.

[www.magicoundandmusic.com](http://www.magicoundandmusic.com)

Ulloa N34-53 y Rumipamba  
Telf.: (593-2) 3316318 / 2433889  
Telf. Móvil: (593-9) 9164933  
e-mail: [info@magicoundandmusic.com](mailto:info@magicoundandmusic.com)  
Quito-Ecuador

### Anexo 3

Medición de TL de las particiones de los estudios

#### Estudio EPSILON

Fuente 94dB en Estudio C - Sonometro en Sala de Locucion C (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
0	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:13	15/09/2010 17:14	0:01:00	50.7	dB[2.000e-05 Pa]

LeqA TL Partición Sala de locución – Control, Estudio Epsilon

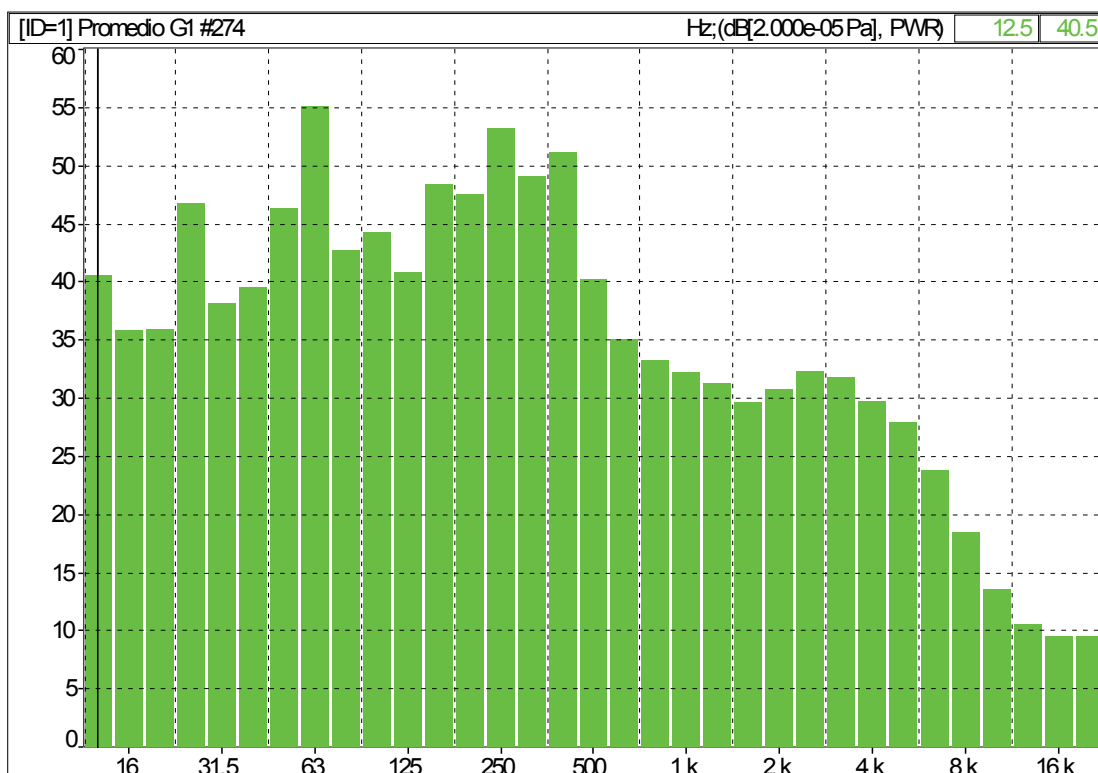


Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Sala de locución – Control, Estudio Epsilon

Fuente 94dB en Pasillo - Sonometro en Control Room C (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
4	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:20	15/09/2010 17:21	0:01:00	65.9	dB[2.000e-05 Pa]

LeqA TL Partición Control – Pasillo, Estudio Epsilon

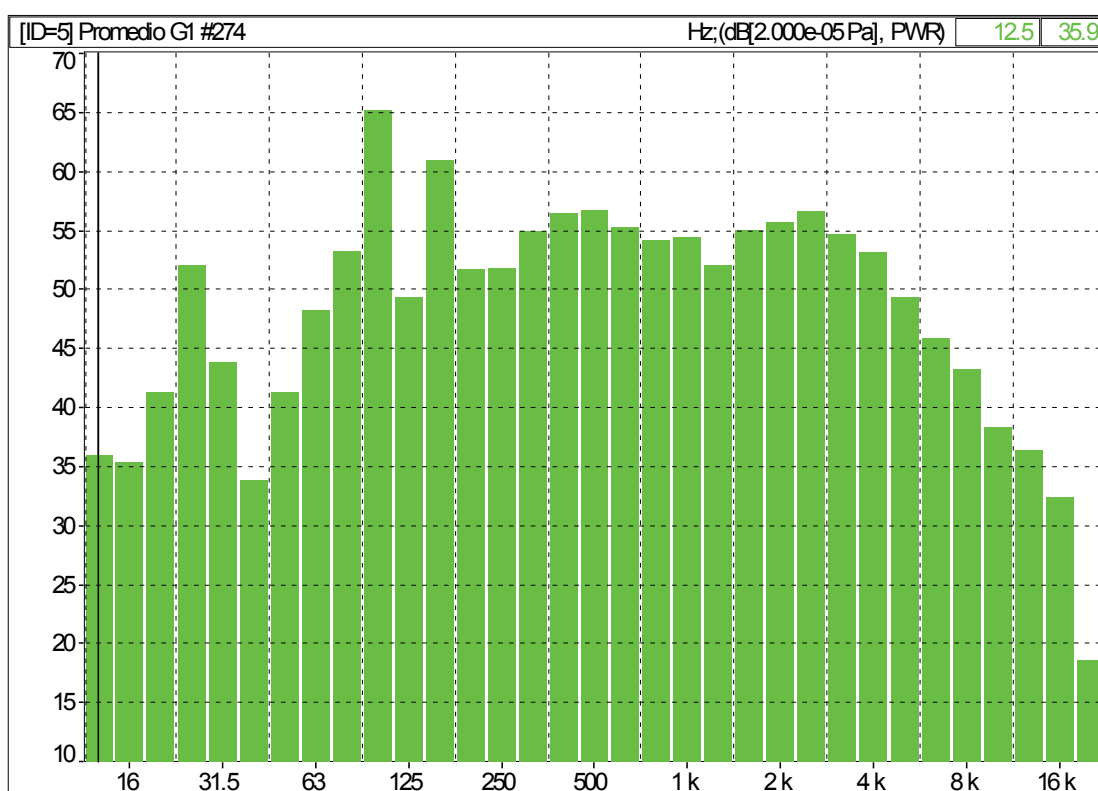


Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Control – Pasillo, Estudio Epsilon

Fuente 94dB en Pasillo - Sonometro en Sala de Locución C (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
8	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:22	15/09/2010 17:23	0:01:00	53.0	dB[2.000e-05 Pa]

LeqA TL Partición Sala locución – Pasillo, Estudio Epsilon

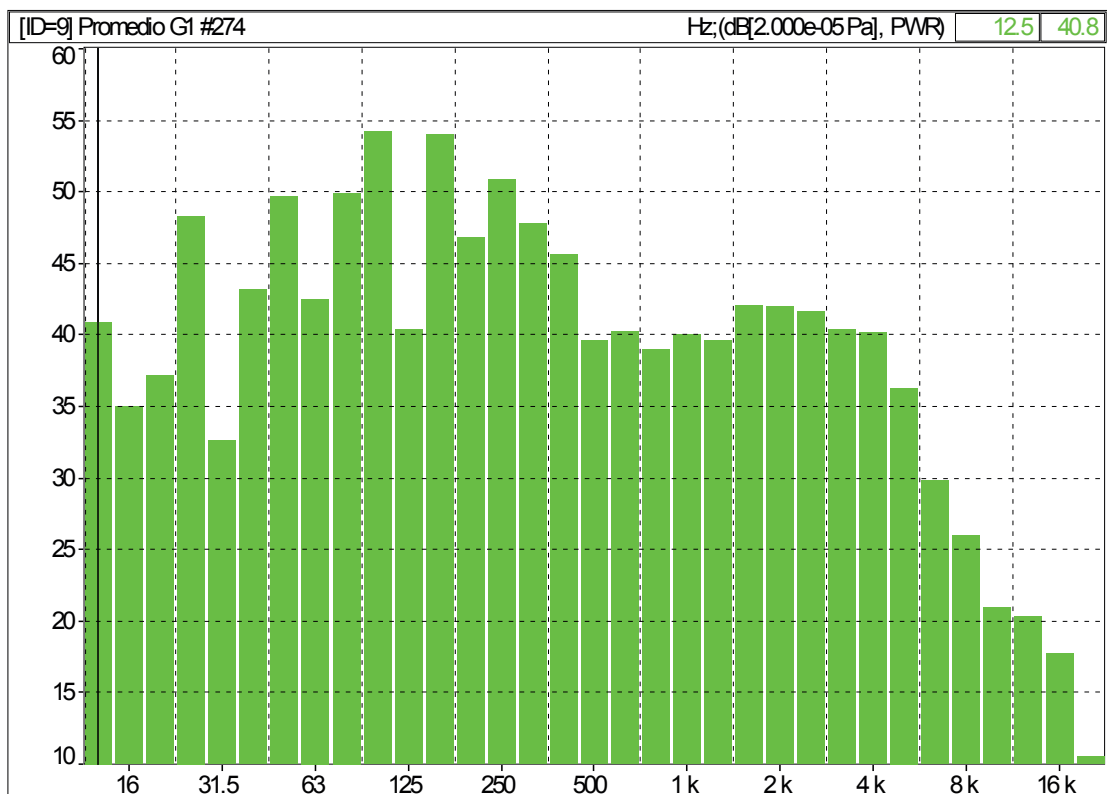


Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Sala locución – Pasillo, Estudio Epsilon



## Estudio Delta

Fuente 94dB en Pasillo - Sonometro en Sala de Músicos B (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
12	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:23	15/09/2010 17:24	0:01:00	56.6	dB[2.000e-05 Pa]

### LeqA TL Partición Sala Músicos – Pasillo, Estudio Delta

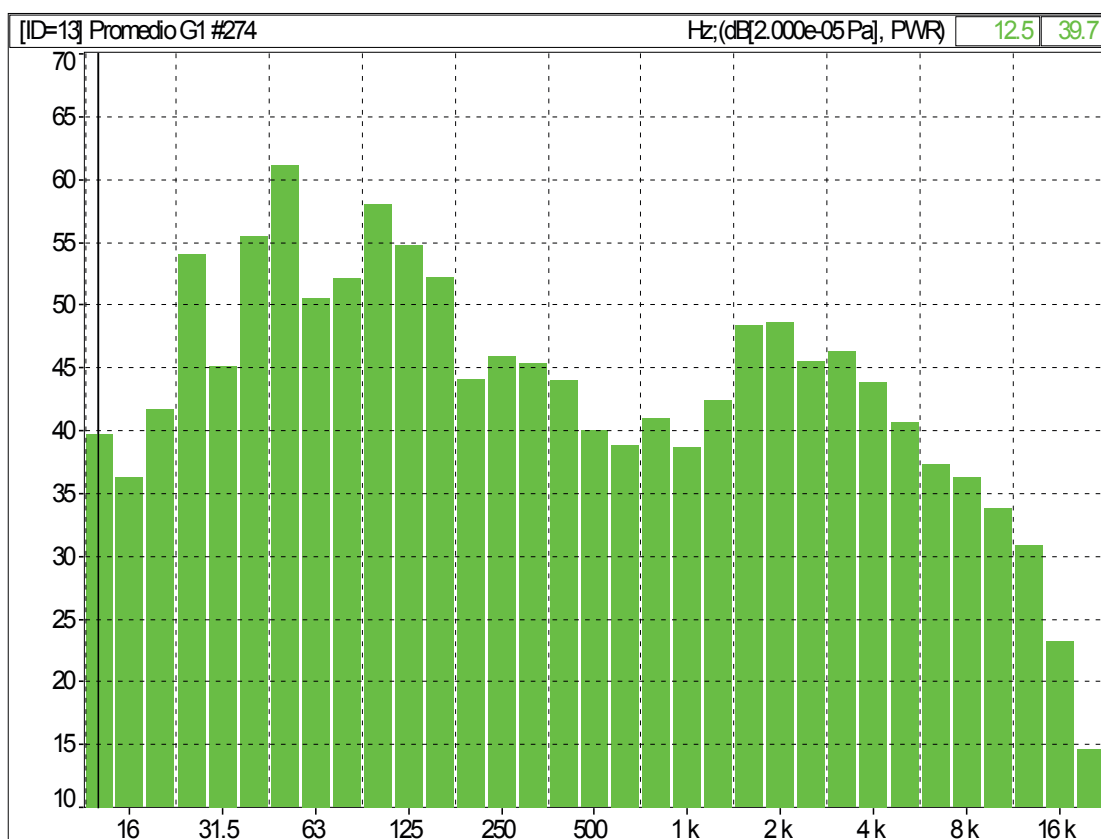


Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Músicos – Pasillo, Estudio Delta

Fuente 94dB en Pasillo - Sonometro en Control Room B (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
16	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:32	15/09/2010 17:33	0:01:00	68.6	dB[2.000e-05 Pa]

LeqA TL Partición Control – Pasillo, Estudio Delta

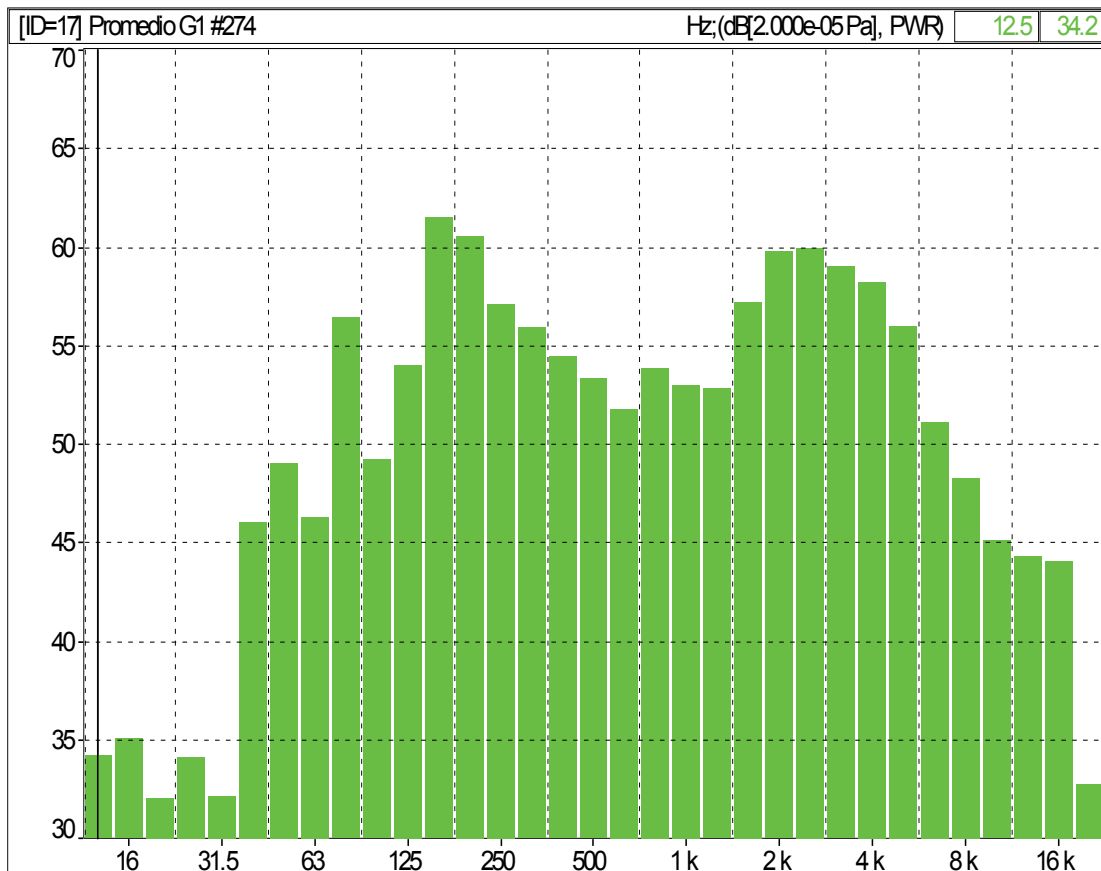


Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Control – Pasillo, Estudio Delta

Fuente 94dB en Control Room B - Sonometro en Sala de Músicos B (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
24	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:39	15/09/2010 17:40	0:01:00	42.9	dB[2.000e-05 Pa]

LeqA TL Partición Control – Sala de Músicos, Estudio Delta

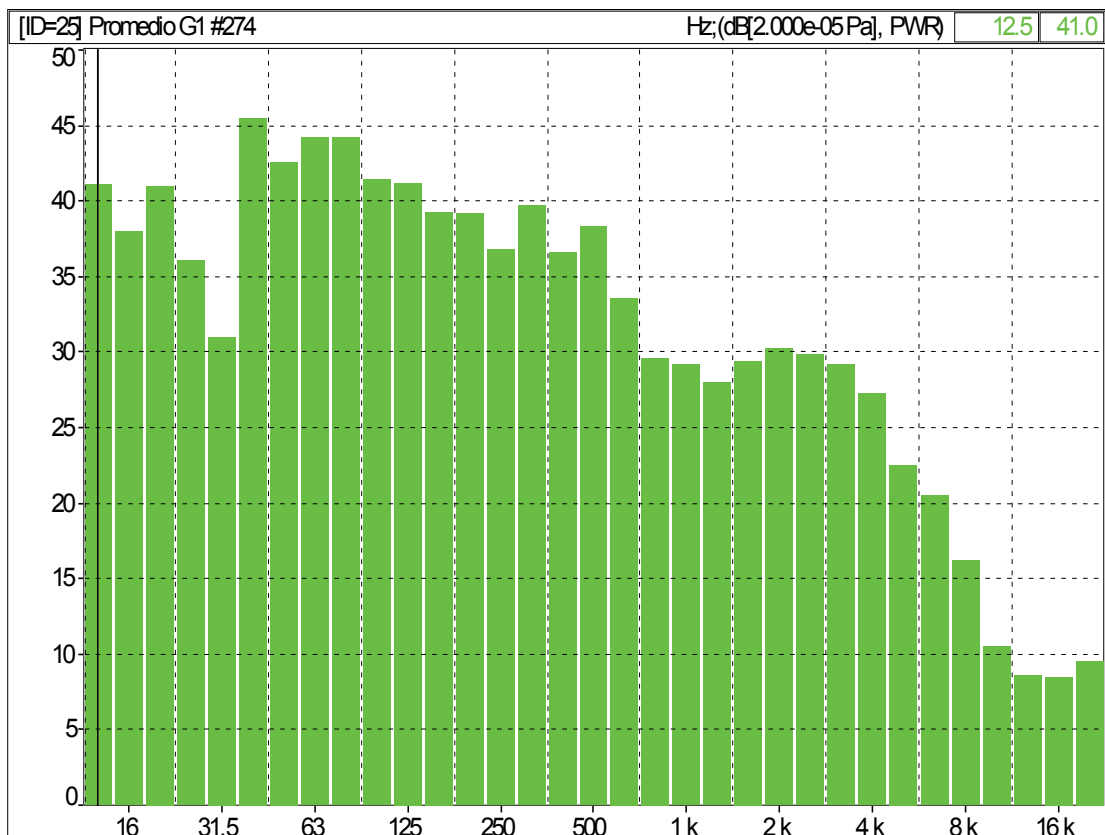


Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Control – Sala de Músicos, Estudio Delta

## Estudio Fi

Fuente 94dB en Pasillo - Sonometro en Sala de Músicos A (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
20	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:35	15/09/2010 17:36	0:01:00	54.3	dB[2.000e-05 Pa]

### LeqA TL Partición Pasillo – Sala de Músicos, Estudio Fi

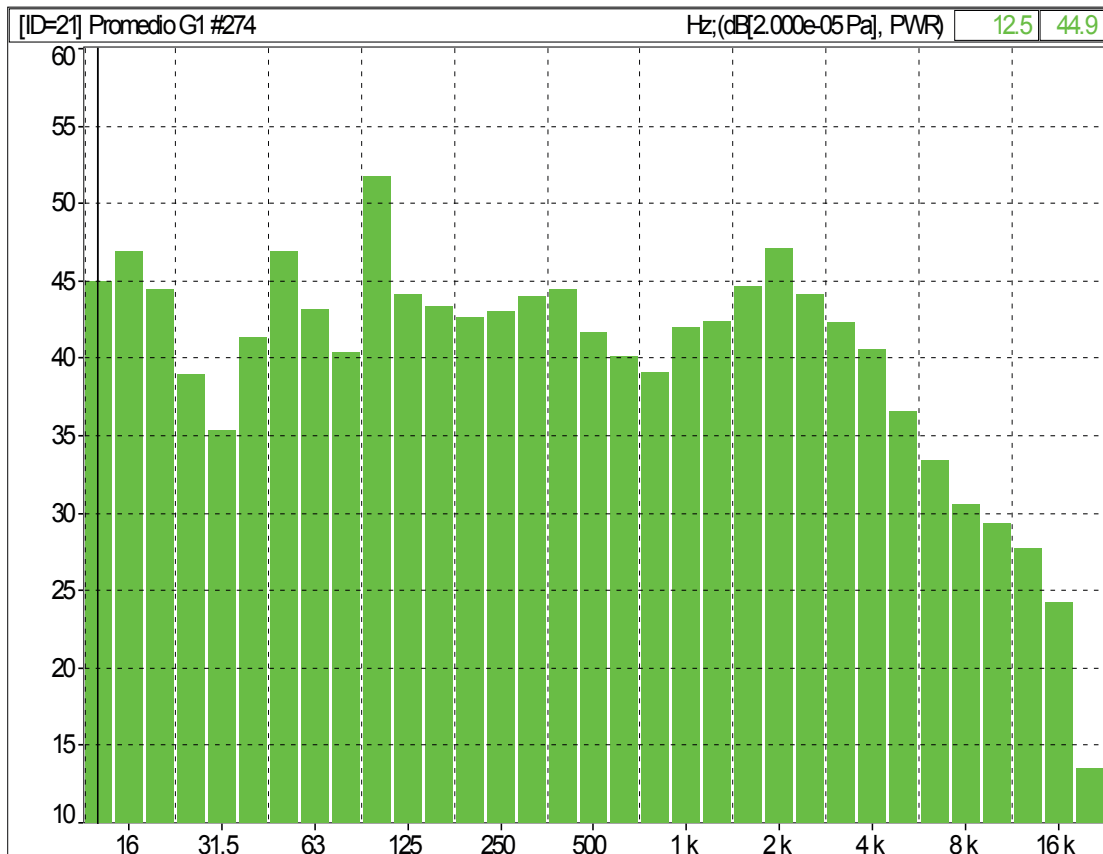


Diagrama de barras de la Medición de la partición Pasillo – Sala de Músicos, Estudio Fi

Fuente 94dB en Pasillo - Sonometro en Control Room A (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
28	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:46	15/09/2010 17:47	0:01:00	66.3	dB[2.000e-05 Pa]

LeqA TL Partición Pasillo – Control, Estudio Fi

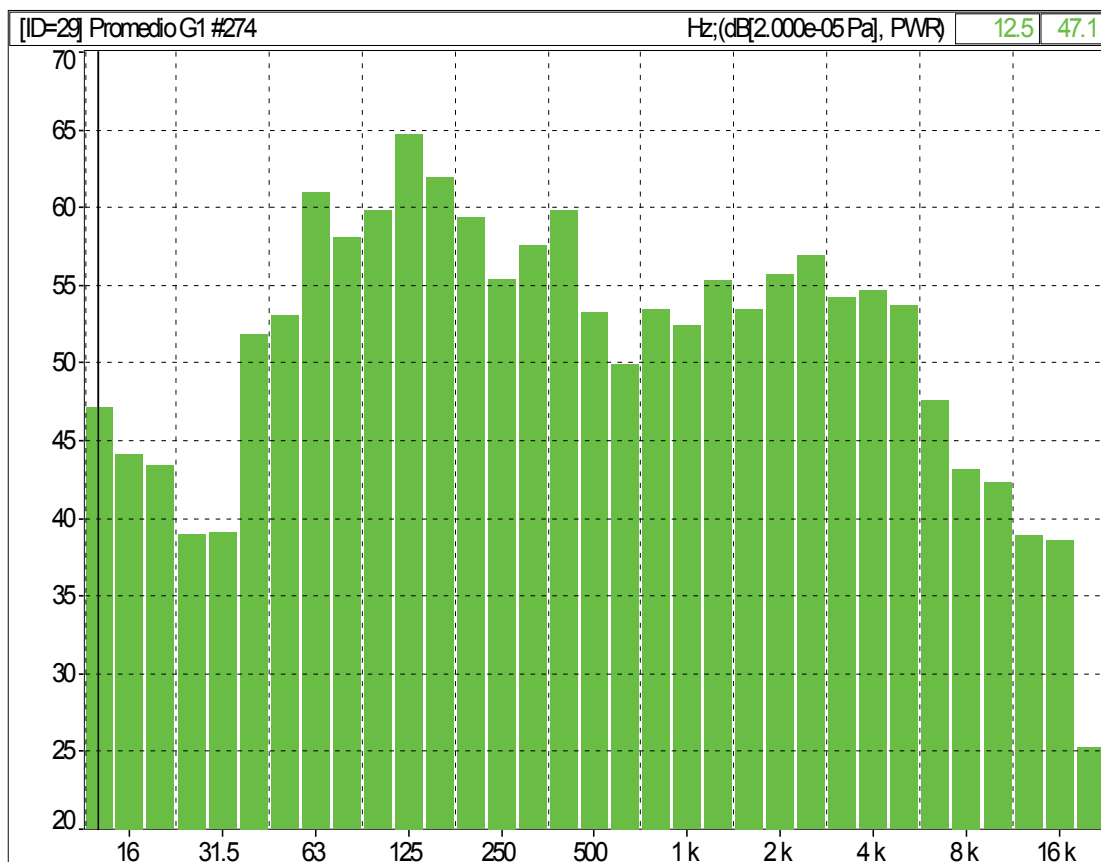


Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Pasillo – Control, Estudio Fi

Fuente 94dB en Control Room A - Sonometro en Sala de Músicos A (TL)										
ID	Familia	Tipo	Tipo de datos	Ponderación	Situación	Comienzo	Fin	Duración	Valor	Unidad
32	Leq		Leq	A	#274	15/09/2010 17:49	15/09/2010 17:50	0:01:00	44.5	dB[2.000e-05 Pa]

LeqA TL Sala de Músicos – Control, Estudio Fi

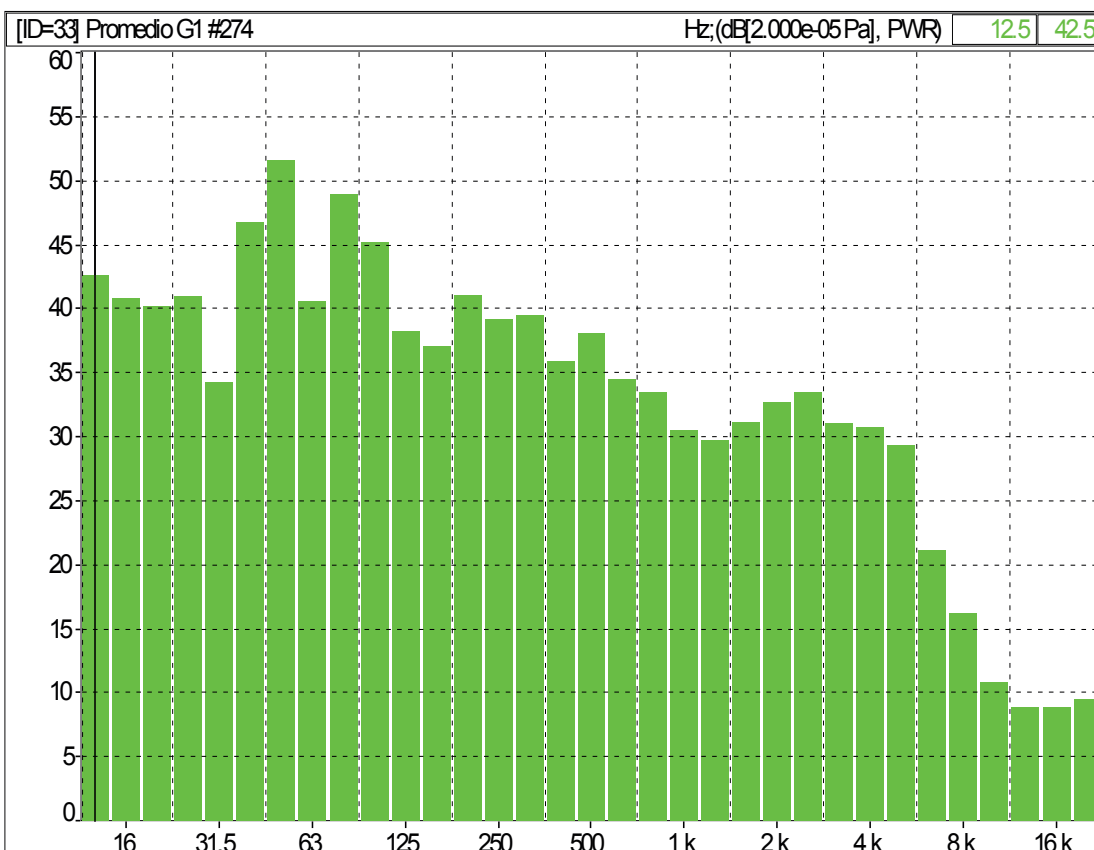
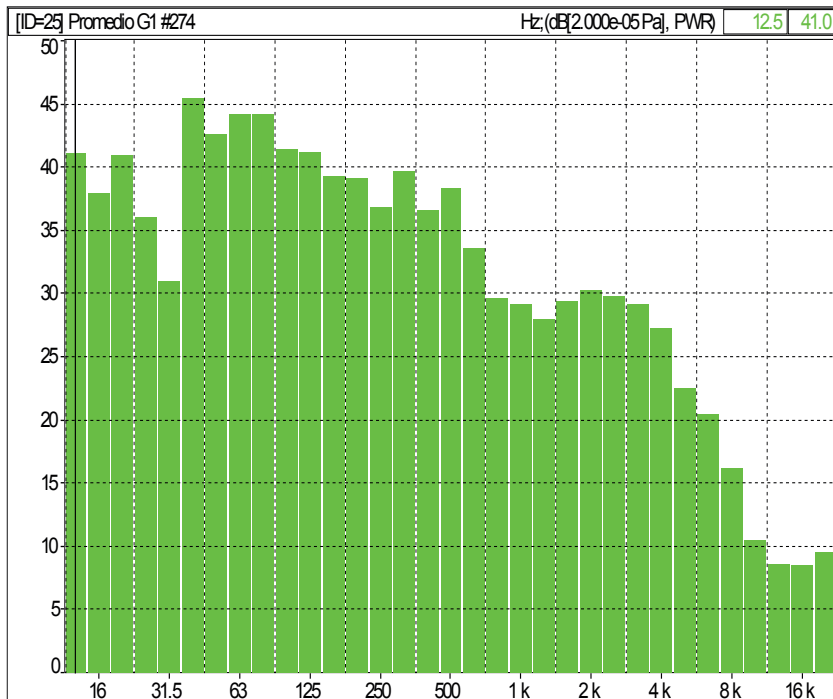


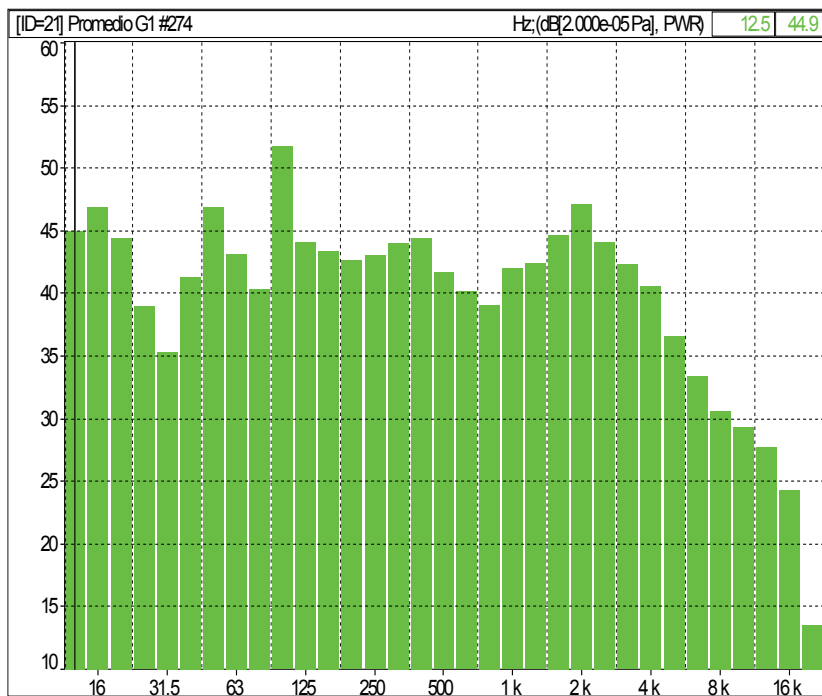
Diagrama de barras de la Medición de la partición  
Sala de Músicos – Control, Estudio Fi

## Anexo 4: Mediciones T60

FI, sala de músicos

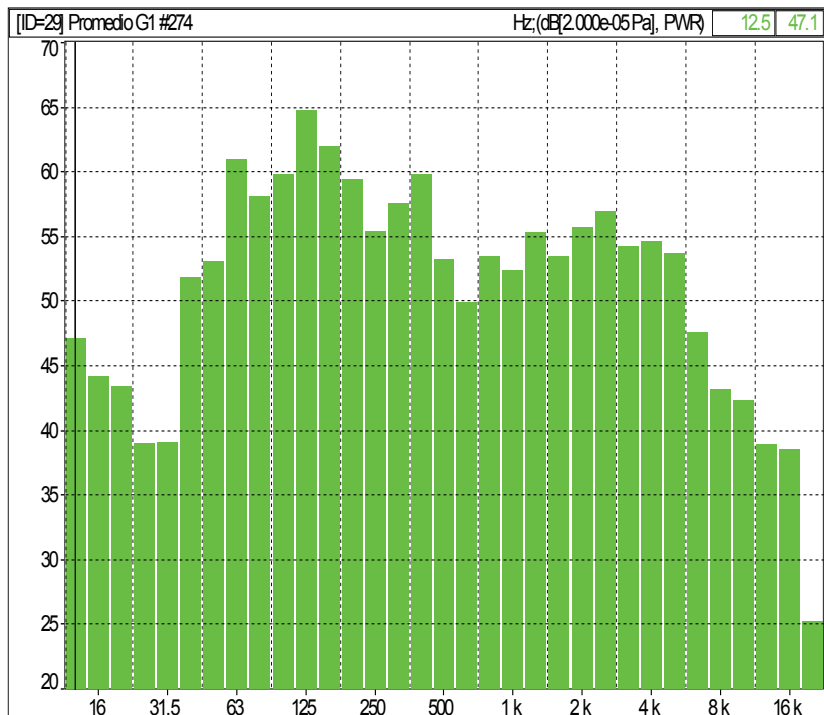


T60 de la sala de músicos, estudio Fi, Tela



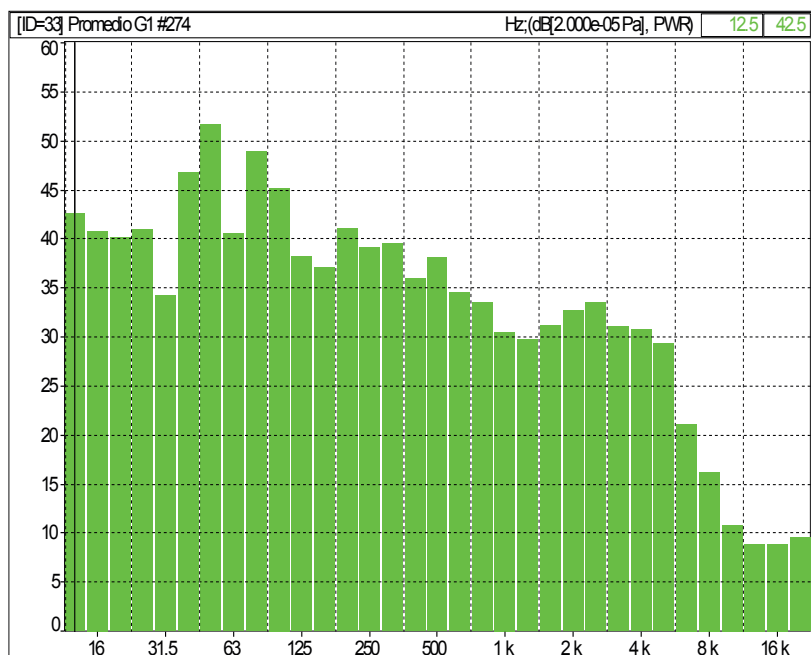
T60 de la sala de músicos, estudio Fi, Madera

FI, sala de control



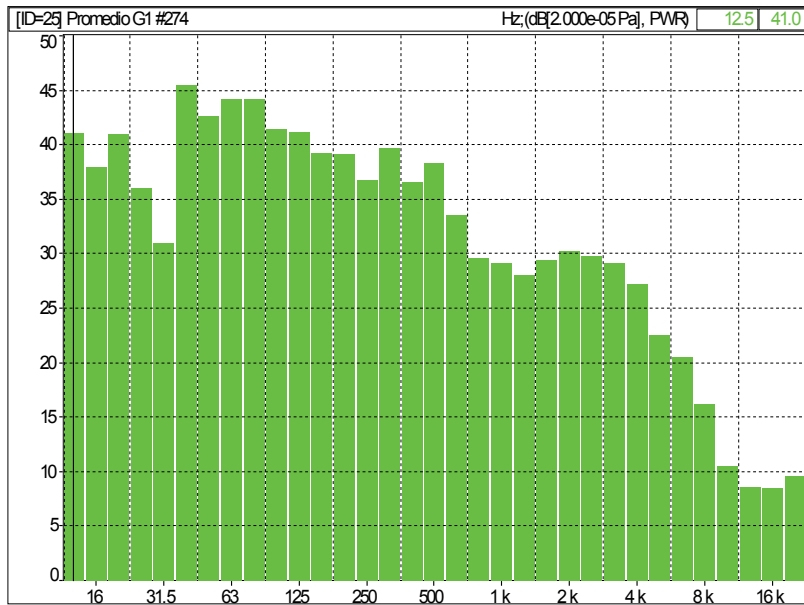
T60 de la sala de Control, estudio Fi.

Delta, Sala de Músicos



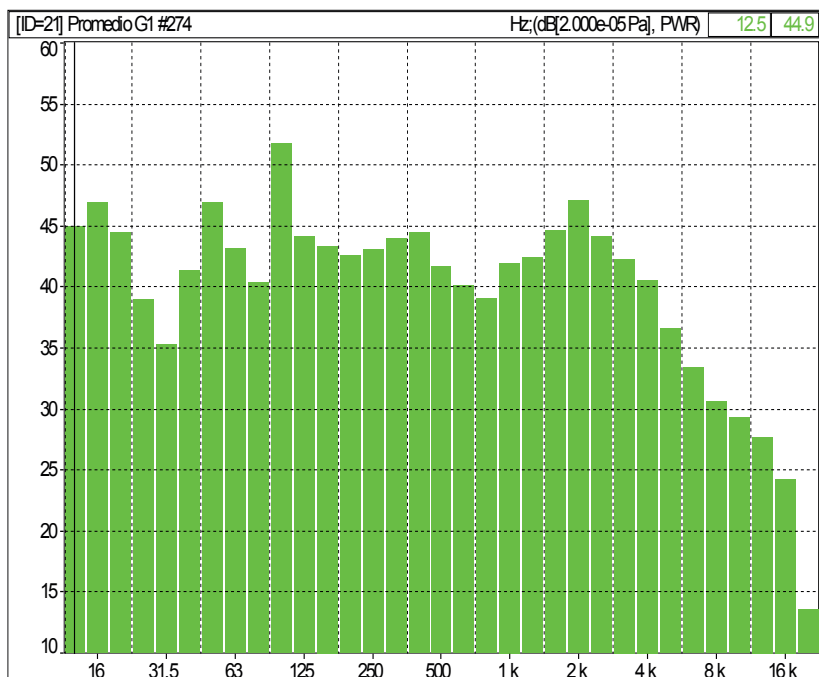
T60 de la sala de músicos, estudio Delta, Tela.





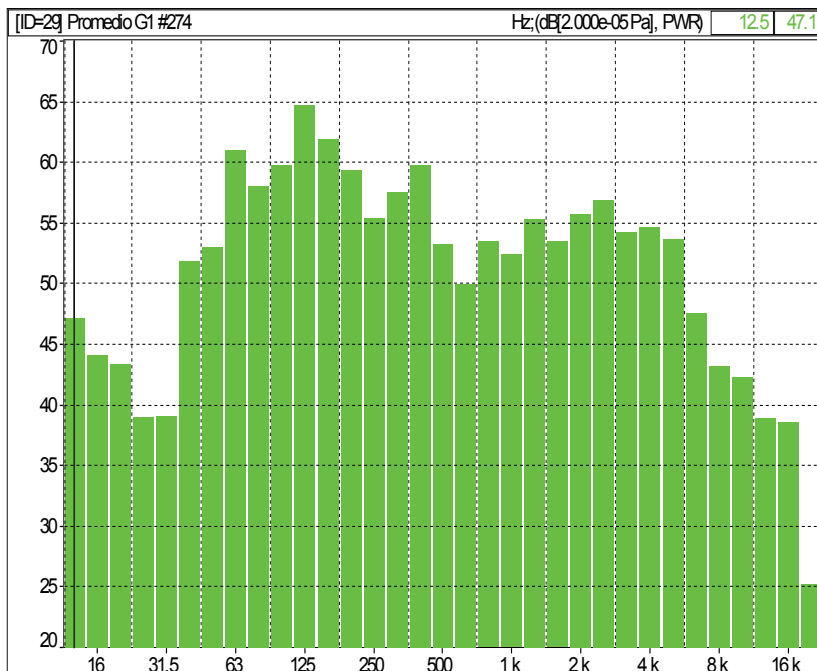
T60 de la sala de músicos, estudio Delta, Madera

Delta, sala de control



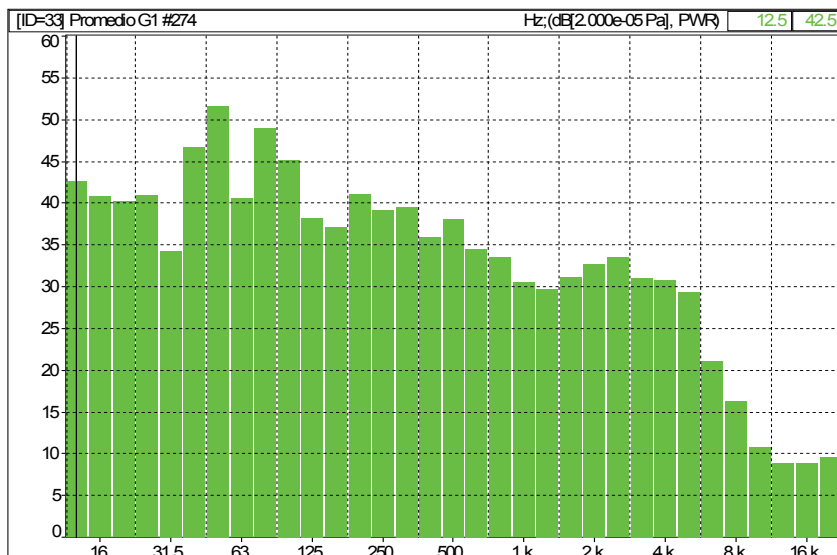
T60 de la sala de control, estudio Delta.

## Epsilon, sala de locución



T60 de la sala de locución, estudio Epsilon.

## Epsilon, sala de control



T60 de la sala de control, estudio Epsilon.

## Anexo 5

### Resonadores

#### Cálculo del resonador Fi, Sala de Control

Disufor

fo = 200 Hz  
 fmax = 1600 Hz  
 p= 17  
 T= 0 m  
 w= 0,108 m 10,75 cm  
 wt= 182,8 cm

Distribución

d 0	=	0	0,0 cm
d 1	=	0,051	5,1 cm
d 4	=	0,202	20,2 cm
d 9	=	0,455	45,5 cm
d 16	=	0,809	80,9 cm
d 8	=	0,405	40,5 cm
d 2	=	0,101	10,1 cm
d 15	=	0,759	75,9 cm
d 13	=	0,658	65,8 cm

ordenando y haciendo asignación inversa:

d 16	=	0	0,0 cm
d 15	=	0,051	5,1 cm
d 13	=	0,101	10,1 cm
d 9	=	0,202	20,2 cm
d 8	=	0,405	40,5 cm
d 4	=	0,455	45,5 cm
d 2	=	0,658	65,8 cm
d 1	=	0,759	75,9 cm
d 0	=	0,809	80,9 cm

Valores de d para las asignaciones de alturas:

0	1	4	9	16	8	2	15	13
1	2	5	10	0	9	3	16	14
4	5	8	13	3	12	6	2	0
9	10	13	1	8	0	11	7	5
16	0	3	8	15	7	1	14	12
8	9	12	0	7	16	10	6	4
2	3	6	11	1	10	4	0	15
15	16	2	7	14	6	0	13	11
13	14	0	5	12	4	15	11	9

## Cálculo del resonador Delta, Sala de Control

Disufor

fo = 160 Hz

fmax = 1280 Hz

p= 17

T= 0 m

w= 0,134 m 13,44 cm

wt= 228,4 cm

Distribución

d 0	=	0	0,0 cm
d 1	=	0,063	6,3 cm
d 4	=	0,253	25,3 cm
d 9	=	0,569	56,9 cm
d 16	=	1,012	101,2 cm
d 8	=	0,506	50,6 cm
d 2	=	0,126	12,6 cm
d 15	=	0,949	94,9 cm
d 13	=	0,822	82,2 cm

ordenando y haciendo asignación inversa:

d 16	=	0	0,0 cm
d 15	=	0,063	6,3 cm
d 13	=	0,126	12,6 cm
d 9	=	0,253	25,3 cm
d 8	=	0,506	50,6 cm
d 4	=	0,569	56,9 cm
d 2	=	0,822	82,2 cm
d 1	=	0,949	94,9 cm
d 0	=	1,012	101,2 cm

Valores de d para las asignaciones de alturas:

0	1	4	9	16	8	2	15	13
1	2	5	10	0	9	3	16	14
4	5	8	13	3	12	6	2	0
9	10	13	1	8	0	11	7	5
16	0	3	8	15	7	1	14	12
8	9	12	0	7	16	10	6	4
2	3	6	11	1	10	4	0	15
15	16	2	7	14	6	0	13	11
13	14	0	5	12	4	15	11	9

## Cálculo del resonador Epsilon, Sala de locución

Disufor

fo = 1000 Hz

fmax = 8000 Hz

p= 17

T= 0 m

w= 0,022 m 2,15 cm

wt= 36,6 cm

Distribución

d 0	=	0	0,0 cm
d 1	=	0,01	1,0 cm
d 4	=	0,04	4,0 cm
d 9	=	0,091	9,1 cm
d 16	=	0,162	16,2 cm
d 8	=	0,081	8,1 cm
d 2	=	0,02	2,0 cm
d 15	=	0,152	15,2 cm
d 13	=	0,132	13,2 cm

ordenando y haciendo asignación inversa:

d 16	=	0	0,0 cm
d 15	=	0,01	1,0 cm
d 13	=	0,02	2,0 cm
d 9	=	0,04	4,0 cm
d 8	=	0,081	8,1 cm
d 4	=	0,091	9,1 cm
d 2	=	0,132	13,2 cm
d 1	=	0,152	15,2 cm
d 0	=	0,162	16,2 cm

Valores de d para las asignaciones de alturas:

0	1	4	9	16	8	2	15	13
1	2	5	10	0	9	3	16	14
4	5	8	13	3	12	6	2	0
9	10	13	1	8	0	11	7	5
16	0	3	8	15	7	1	14	12
8	9	12	0	7	16	10	6	4
2	3	6	11	1	10	4	0	15
15	16	2	7	14	6	0	13	11
13	14	0	5	12	4	15	11	9

## Cálculo del resonador Epsilon, Sala de control

Disufor

fo = 500 Hz

fmax = 4000 Hz

p= 17

T= 0 m

w= 0,043 m 4,3 cm

wt= 73,1 cm

Distribución

d 0	=	0	0,0 cm
d 1	=	0,02	2,0 cm
d 4	=	0,081	8,1 cm
d 9	=	0,182	18,2 cm
d 16	=	0,324	32,4 cm
d 8	=	0,162	16,2 cm
d 2	=	0,04	4,0 cm
d 15	=	0,304	30,4 cm
d 13	=	0,263	26,3 cm

ordenando y haciendo asignación inversa:

d 16	=	0	0,0 cm
d 15	=	0,02	2,0 cm
d 13	=	0,04	4,0 cm
d 9	=	0,081	8,1 cm
d 8	=	0,162	16,2 cm
d 4	=	0,182	18,2 cm
d 2	=	0,263	26,3 cm
d 1	=	0,304	30,4 cm
d 0	=	0,324	32,4 cm

Valores de d para las asignaciones de alturas:

0	1	4	9	16	8	2	15	13
1	2	5	10	0	9	3	16	14
4	5	8	13	3	12	6	2	0
9	10	13	1	8	0	11	7	5
16	0	3	8	15	7	1	14	12
8	9	12	0	7	16	10	6	4
2	3	6	11	1	10	4	0	15
15	16	2	7	14	6	0	13	11
13	14	0	5	12	4	15	11	9