FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE UN HANGAR PARA UN SET O ESTUDIO DE TV

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

Profesora Guía:
Ing. Yolanda Carreño Pozo

Autor:
Juan Carlos Falconí Salvador

Año
2012

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“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.”

_____

Yolanda Carreño Pozo
Ingeniera
C.I.: 1721694642-2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA 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”.

Juan Carlos Falconí Salvador
C.I.: 171554940-6

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis abuelos, hermana y padre, por todo el apoyo que me han brinda; a mis compañeros y amigos de clase por estar siempre juntos durante toda la carrera; a mis profesores y en especial a Yolanda Carreño, por tener el honor de ser su último tesista y por todo el apoyo que me ha brindado.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre Mónica Salvador, por ser mi guía y mi pilar fundamental, en mi vida y en mi carrera junto con Dios.

RESUMEN

El siguiente trabajo trata de la creación de un estudio de TV, para la grabación exclusiva de comerciales para medios de comunicación masiva, como es la televisión.

Para esta tesis se usó un hangar abandonado el cual será medido y evaluado para este propósito, con normas internacionales de dimensiones, aislamiento y acondicionamiento acústico para estudios de TV.

El factor primordial a considerar en estos estudios, es la voz humana por lo que la inteligibilidad y el Tiempo de Reverberación (T_{60}), serán parámetros muy importantes a considerar dentro del acondicionamiento del recinto.

La cadena electroacústica es muy importante, ya que el video y el sonido son capturados y grabados en dispositivos distintos para su posterior manipulación y sincronización en estudios de postproducción especializados en el tema.

Los objetivos planteados al realizar este proyecto se lograron cumplir, también dejando recomendaciones para futuras expansiones del estudio y conclusiones sobre las mejoras de los problemas encontrados.

ABSTRACT

The following work is the creation of a TV studio for the exclusive recording of commercials for the mass media as television.

For this work we used an abandoned hangar which will be measured and evaluated for this purpose, with international standards for dimensions, insulation and acoustic treatment for TV studios.

The primary factor to consider in these studies is the human voice so the intelligibility and the Reverberation Time (T_{60}), will be very important parameters to consider in the preparation of the compound.

Electroacoustic chain is very important because video and sound are captured and recorded on separate devices, for further manipulation and synchronization in post-production studios which are specialized in the subject.

The objectives in making this project managed to meet, also making recommendations for future expansions of the study and conclusions about the improvements of the problems encountered.

ÍNDICE

1 CAPÍTULO I. ANTECEDENTES GENERALES 1

1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 ALCANCE 2
1.3 JUSTIFICACIÓN 2
1.4 FUENTES DE INFORMACIÓN 3
1.5 OBJETIVO GENERAL 3
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
1.7 METODOLOGÍA A UTILIZAR 4
1.8 HIPÓTESIS 4

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 5

2.1 AISLAMIENTO ACÚSTICO 5
2.1.1 Ruido de Fondo 5
2.1.2 Curvas NC 5
2.1.3 Pérdida por Transmisión TL (Transmition Loss) 6
2.1.4 Clase de Transmisión Sonora (STC: Sound Transmission Class) 7
2.1.5 Partición Doble 7
2.1.6 Frecuencia de Resonancia 8
2.1.7 Ley de Masa 8
2.2 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO 8
2.2.1 Respuesta de Frecuencias de la Sala 8
2.2.2 Modos Normales de Vibración 9
2.2.3 Reverberación 10
2.2.4 Campo Libre 11
2.2.5 Campo Cerrado 11
2.2.6 Campo Difuso 11
2.2.7 Ley del Inverso Cuadrático 11
2.2.8 Tiempo de Reverberación (RT, T60) 11
2.2.9 Eco Flotante 12
2.2.10 Reflexiones Regulares 13
2.2.11 Reflector 13
2.2.12 Difusión Sonora 14
2.2.13 Difusor 15
2.2.14 Absorción Sonora 15
2.2.15 Materiales Absorbentes 15
2.2.16 Resonadores 16
2.2.17 % Alcons 17
2.2.18 STI/RASTI 18
2.3 SONIDO PARA TELEVISIÓN 18
2.3.1 Sonido Directo 18
2.3.2 Sistema Simple 18

2.3.3 Sistema Doble 19
2.3.4 Boom 19
2.3.5 Corbateros 20
2.4 OTROS 20
2.4.1 Claqueta 20
2.4.2 Triángulo Básico de Iluminación 21
2.4.3 Ciclorama 22

3 CAPÍTULO III. SITUACIÓN ACTUAL 23

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL 23
3.2 AISLAMIENTO ACTUAL 24
3.3 ACONDICIONAMIENTO ACTUAL 26
3.4 MEDICIONES 27
3.4.1 Equipo de Medición 27
3.4.2 Mediciones para Aislamiento Acústico 29
3.4.2.1 Ruido de Fondo 29
3.4.3 Mediciones para Acondicionamiento Acústico 31
3.4.3.1 Respuesta de la Sala 31
3.4.3.2 Modos Normales de Vibración MNV 31
3.4.3.3 T60 31
3.5 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES 32
3.5.1 Ruido de Fondo 32
3.5.2 Mediciones T60 33
3.6 MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN (MNV) Y RESPUESTA DE FRECUENCIAS 34

4 CAPÍTULO IV. PROPUESTA 36

4.1 PROPUESTA DE DISEÑO 36
4.1.1 Espacio Actual 36
4.1.2 Distribución, Geometría y Dimensiones del Estudio de Tv 37
4.1.2.1 Distribución 38
4.1.2.2 Geometría y Dimensiones del estudio de TV 38
4.1.3 Diseño del Aislamiento Acústico 40
4.1.3.1 Techo 42
4.1.3.2 Piso 43
4.1.3.3 Paredes 44
4.1.3.4 Puertas 48
4.1.3.5 Comparación de TL 50
4.1.4 Diseño del Acondicionamiento Acústico 51
4.1.4.1 Tiempo de Reverberación 52
4.1.4.2 MNV y Respuesta de Frecuencias 54
4.1.4.3 Inteligibilidad de la Palabra 56
4.2 CADENA ELECTROACÚSTICA 58
4.2.1 Dispositivos de la Cadena Electroacústica 60
4.2.2 Sistemas de Microfonía y Micrófonos 60

4.2.2.1 Boom 60
4.2.2.2 Corbateros 60
4.2.3 Grabadora Portátil 60
4.2.4 Audífonos 61
4.2.5 Transferencia de Datos 61
4.2.6 Cables 61

5 CAPÍTULO V. INVESTIGACIÓN DE MERCADOS 63

5.1 PRESUPUESTO 63
5.2 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO 65

6 CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67

6.1 RECOMENDACIONES 67
6.1.1 Planificación Futura 67
6.1.2 Parrilla de Luces y Fases 67
6.1.3 Iluminación 67
6.1.4 Ciclorama 68
6.1.5 Aire Acondicionado 68
6.2 CONCLUSIONES 69

Referencias 72

Glosario 73

Anexos 75

Formulario 112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mediciones de ruido de Fondo. 32
Tabla 2 Comparación entre MNV medidos, calculados y Respuesta de Frecuencias. 35
Tabla 3 Dimensiones recomendadas en estudios de TV. 39
Tabla 4 Dimensiones recomendadas de a cuerdo con el volumen. 39
Tabla 5 Curvas de NC recomendadas para diferentes recintos. 40
Tabla 6 Valores de la curva NC 20 por banda de octava. 41
Tabla 7 Valores de NR mínimos para el set de TV. 41
Tabla 8 Valores de TL por octava del techo. 43
Tabla 9 Valores de TL por octava de la partición A. 46
Tabla 10 Valores de TL por octava de la partición A´. 46
Tabla 11 Valores de TL por octava de la partición B. 47
Tabla 12 Valores de TL por octava de la partición C. 47
Tabla 13 Valores de TL por octava de la puerta interior. 48
Tabla 14 Valores de TL por octava de la puertas exteriores. 49
Tabla 15 Comparación de TL requeridos para curva NC con TL de particiones diseñadas. 51
Tabla 16 Comparación con los MNV calculados con el nuevo volumen. 54
Tabla 17 Dimensiones de Resonador de Helmholtz. 56
Tabla 18 Coeficientes de absorción y área Total Sabine por bandas de octava. 57
Tabla 19 T_{60} Sabine por bandas de octava 58
Tabla 20 Cables utilizados en la cadena electroacústica. 62
Tabla 21 Cotización de Set de TV. 64
Tabla 22 Cotización de materiales y dispositivos extras. 65
Tabla 23 Análisis costo beneficios de Set de TV. 66
Tabla 24 Valor máximo de la velocidad en los conductos [m/s] para un estudio de TV. 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curvas de NC de ruido de Fondo (Noise Criteria) 5
Figura 2 Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo 6
Figura 3 Analogía de partición doble y sistema masa-resorte-masa 8
Figura 4 Gráfico de respuesta de frecuencias 9
Figura 5 Eco flotante aparecido al clocar la fuente sonora entre dos paredes paralelas, lisas y muy reflectantes 12
Figura 6 Reflexiones regulares en superficie donde la longitud de onda (λ) es mucho mayor a las irregularidades de la superficie irregularidades (b). 13
Figura 7 Diagrama de rayos con reflectores 14
Figura 8 Difusión Sonora en una superficie irregular 14
Figura 9 Proceso de disipación de energía en el interior de un material poroso situado delante de una pared rígida 15
Figura 10 Evolución de la amplitud de la velocidad “u” de las partículas de aire en función de la distancia a la pared rígida (D= λ/4) 16
Figura 11 Obtención del %Alcons a partir de RT y de L_D - L_R 17
Figura 12 Elementos que conforman un “Boom” 19
Figura 13 Imagen de claqueta 20
Figura 14 Esquema del triángulo básico de iluminación 22
Figura 15 Ciclorama en un estudio de TV. 22
Figura 16 Mapa de ubicación de sector 23
Figura 17 Mapa de ubicación detalle 24
Figura 18 Vista Frontal Galpón 25
Figura 19 Detalle de separación techo- pared 25
Figura 20 Interior del hangar. 27
Figura 21 Esquema de conexión de equipos 29
Figura 22 Puntos medición del ruido de fondo 30
Figura 22 Puntos medición de MNV, RT, T_{60}, Respuesta de Sala 32

Figura 23 Aislamiento de los muros del hangar. 32
Figura 24 Promedio de mediciones del T_{60} del hangar 34
Figura 25 Plano planta baja, situación actual del hangar 36
Figura 26 Plano perspectiva, situación actual del hangar 37
Figura 27 Plano del hangar adecuado para estudio de TV. 38
Figura 28 Aislamiento del techo de zinc 42
Figura 29 Montaje cielo falso y parrilla de luces 43
Figura 30 Piso flotante de Neopreno 44
Figura 31 Vista del antes y después del tratamiento paredes exteriores..... 45
Figura 32 Vista superior de particiones del estudio de TV. 45
Figura 33 Corte Transversal de la puerta de pasillo. 48
Figura 34 Dimensiones de puerta principal del estudio. 50
Figura 35 Corte Transversal de puerta con cierre automático de émbolo..... 50
Figura 36 Ubicación de materiales absorbente en las paredes de estudio. 53
Figura 37 Ubicación y dimensiones de los bafles absorbentes en el techo. 53
Figura 38 Especificación de dimensiones del Resonador Prisma. 55
Figura 39 Esquema de conexiones de cadena electroacústica para sonido directo. 59

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 2.1 Coeficiente de Pérdida por Transmisión TL 6

Fórmula 2.2 Coeficiente de Pérdida por Transmisión TL partición mixta 6

Fórmula 2.3 Coeficiente de transmisión de la n-ésima partición 7

Fórmula 2.4 Modos Normales de Vibración 9

Fórmula 2.5 Frecuencia máxima de MNV 10

Fórmula 2.6 Tiempo de Reverberación 12

1 CAPÍTULO I. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

En el Ecuador los estudios de televisión son necesarios para la producción de comerciales y programas de televisión, que en su gran mayoría se efectúan en las ciudades de Quito y Guayaquil.

En este país existen dos clases de estudios: los de propiedad de los canales de televisión, que son los mejores acondicionados (acústica, arquitectónica, eléctrica y electrónicamente), con el propósito de grabar su propia programación, y los privados, que muchas veces no tienen nada de criterio desde el punto de vista acústico y sólo se enfocan en lo visual (espacio, luces, ciclorama, etc.). A pesar de ello, estos sets son los únicos disponibles para las productoras interesadas en alquilar un espacio para desarrollar comerciales.

Actualmente en la ciudad de Quito, existen aproximadamente 10 sets de TV disponibles para la renta, según datos proporcionados por Fernando Grijalva, Gerente General de la productora Lagenda.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el diseño de un set o estudio de TV, con buenas prestaciones acústicas, es esencial para el mejoramiento del sonido directo captado en las grabaciones y del producto final.

Para efectos de este trabajo de tesis, se va a utilizar el hangar que está ubicado en el barrio Iñaquito Alto; sector que se encuentra en las faldas del Pichincha, rodeado por bosque y lejos del ruido de la ciudad. Es una estructura de metal, con paredes de bloque de hormigón y techo de zinc.

El galpón realmente fue construido para ser una bodega, que después se convirtió en una procesadora de pollos, por último una fábrica de químicos para el agro y en la actualidad el hangar se encuentra abandonado.

Como el recinto no fue creado con la finalidad de ser un estudio o un lugar acústicamente acondicionado, nos encontramos con muchas superficies reflejantes, simetría de las paredes y materiales que no son los mejores para el aislamiento.

Antes de proponer el aislamiento y acondicionamiento de este lugar, se deben realizar mediciones que arrojen resultados reales de respuesta de frecuencias, T_{60} y ruido de fondo del hangar, para poder evaluar la situación actual y con estos datos, determinar el diseño más eficiente desde el punto de vista del aislamiento y acondicionamiento acústico.

Para la implementación del aislamiento acústico de este recinto, primero se deben modelar las particiones que lo componen, así como también hacer un estudio de costos de los materiales que se vaya a utilizar en el diseño y de los equipos que se propongan.

Con esto se espera tener como resultado, uno de los mejores estudios privados que estén al alcance de todas las productoras de la ciudad y que cumpla con los estándares y referencias para sets de televisión.

1.2 ALCANCE

Este hangar está ubicado en la ciudad de Quito, en el sector de Iñaquito Alto y está enfocado a ofrecer sus servicios a las distintas productoras de la ciudad y de otros lugares que requieran el servicio en Quito.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Con el Set de TV debidamente tratado, se espera mejorar la calidad del sonido directo, capturado en el momento en que se realiza la grabación de los comerciales o programas de TV, obteniendo un producto final de excelente calidad, ya que en la gran mayoría de los casos, las condiciones son tan malas,

que se debe volver a realizar la grabación de las voces, en estudios de grabación de audio profesionales.

1.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

Páginas y documentos de empresas constructoras y diseñadoras de Sets de televisión que se encuentren en el internet, entrevistas a usuarios de sets y libros de acústica arquitectónica y aislamiento.

1.5 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar, aislar y acondicionar un hangar para un set o estudio de TV.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar ruido de fondo, campo reverberante y respuesta de frecuencias (incluidas sus resonancias o modos normales), para el diseño del aislamiento y acondicionamiento del estudio.

- Aislar el estudio de fuentes externas para que no se filtre ningún ruido extraño a la grabación.

- Llegar a un T_{60} óptimo para los estudios de TV, siguiendo normas de referencia.

- Obtener una valoración “excelente” de inteligibilidad de la palabra utilizando los parámetros %ALCons y STI/RASTI.

- Lograr una distribución óptima de los modos normales del lugar, sin afectar a su estética.

- Presentar una propuesta técnica sobre el equipo a usar para la grabación de sonido en el lugar.

- Realizar un estudio de costos que considere todo lo propuesto en el diseño.

1.7 METODOLOGÍA A UTILIZAR

Metodología experimental, debido a que la evaluación estará realizada con datos reales de mediciones, los mismos que serán comparados con datos calculados, e inductiva, ya que los datos medidos van a servir como base para la propuesta del diseño de aislamiento y acondicionamiento acústico.

1.8 HIPÓTESIS

Generar una propuesta óptima en base a los resultados obtenidos de las mediciones, usando normativas y criterios de referencia para aislar y acondicionar acústicamente, un set de TV.

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 AISLAMIENTO ACÚSTICO

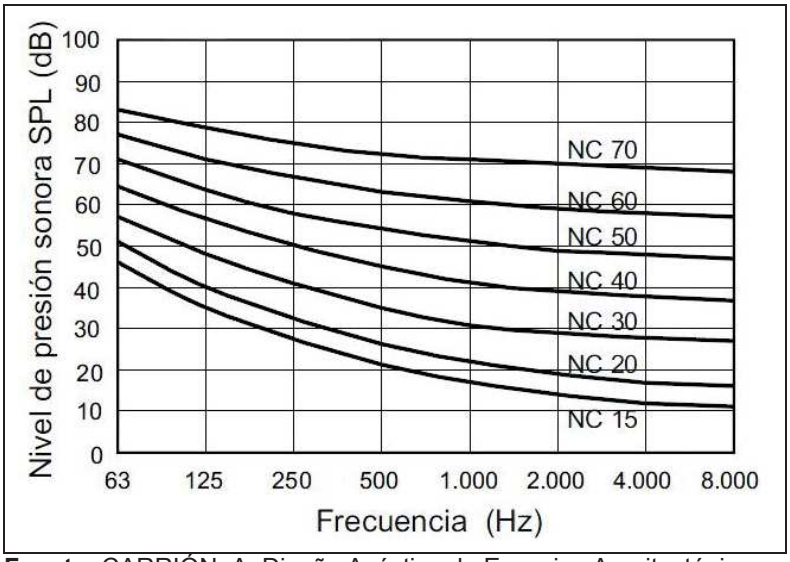
2.1.1 Ruido de Fondo

Es el nivel procedente de todas las fuentes del entorno o ambiente del lugar donde se encuentra la fuente a ser medida y analizada.

2.1.2 Curvas NC

Las Curvas NC (Noise Criteria) como sus siglas en inglés lo indican, son criterios para la evaluación de los niveles de ruido de fondo máximos que debe haber en un recinto según la funcionalidad de éste (hospitales, estudio de grabación, aulas, sets de TV, etc.) y así se determina el nivel de ruido de fondo medido para las bandas de octava comprendidas entre 63 [Hz] a 8 [kHz], cuyos niveles deben estar debajo de la curva NC correspondiente.

Figura 1 Curvas de NC de ruido de Fondo (Noise Criteria)

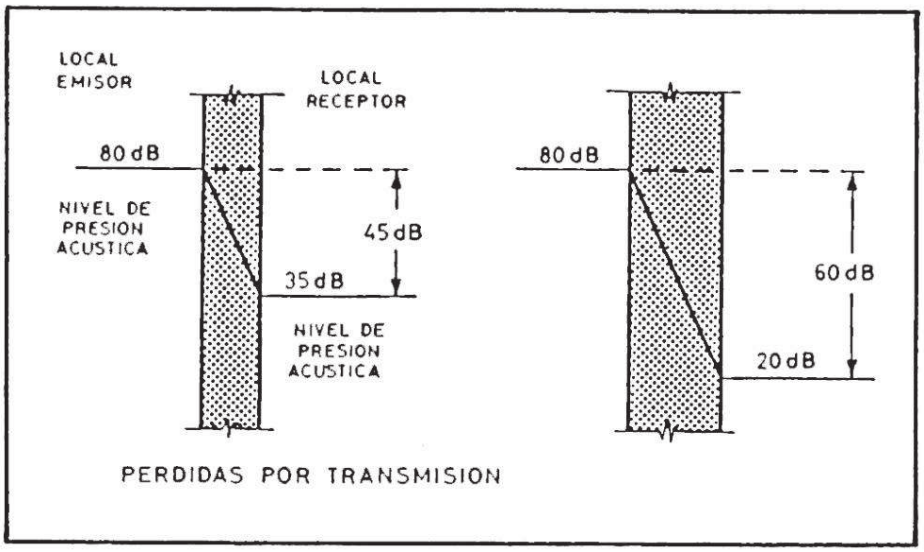


Fuente: CARRIÓN, A. Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos

2.1.3 Pérdida por Transmisión TL (Transmition Loss)

Representa a la cantidad de energía que una onda sonora pierde en una determinada octava o tercio de octava, en decibeles [dB], al atravesar una partición. Este fenómeno depende del tipo y densidad del material del que está hecha la partición.

Figura 2 Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo



Fuente: RECUERO, Manuel, "Acústica de Estudios para Grabación Sonora".

$$TL = 10\ log\left(\frac{I_i}{I_t}\right) \text{ [dB]} \quad \textbf{(2.1)}$$

Donde:

I_i: energía sonora incidente, [W/m^2]
I_t: energía sonora transmitida [W/m^2].

Para particiones mixtas, la fórmula de TL es:

$$TL = 10\ log\left(\frac{S_T}{\Sigma_n S_n T_n}\right) \text{ [dB]} \quad \textbf{(2.2)}$$

Donde:

TL: TL de la partición mixta por banda de octava [dB].
S_T: Superficie total de la partición mixta [m^2].
S_n: Superficie de la n-ésima partición [m^2].
T_n: coeficiente de transmisión de la n-ésima partición.

Donde el T_n es igual a:

$$T_n = 10^{\left(-\frac{TL_n}{10}\right)} \quad (2.3)$$

Donde:

TL_n: TL por banda de octava de la n-ésima partición [dB].

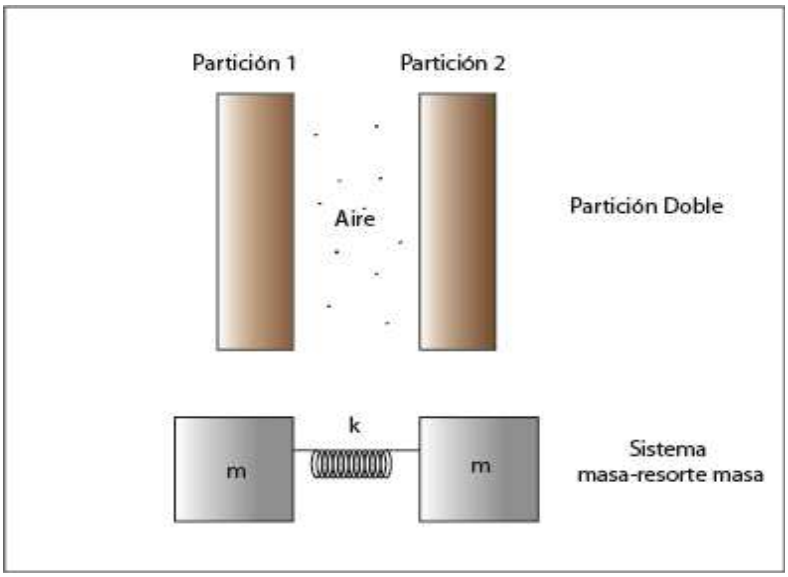
2.1.4 Clase de Transmisión Sonora (STC: Sound Transmission Class)

Es un descriptor que muestra qué tan efectiva es una partición para aislar. Constituye una especificación de un solo número, obtenido de acuerdo al método establecido en la norma ASTM E-413, “10 Classification for Rating Sound Insulation”.

2.1.5 Partición Doble

Las particiones dobles están conformadas por dos superficies aquella cuyas caras externas no están mecánicamente conectadas y están separadas entres ellas por una cámara de aire con o sin relleno de material absorbente, de tal forma que se mueven en forma independiente, sin embargo, para la frecuencia de resonancia, ocurrirá que el sistema responde a la ley masa-resorte-masa donde las particiones corresponden a las masas y la cámara de aire como el resorte.

Figura 3 Analogía de partición doble y sistema masa-resorte-masa



Elaborado por: El Autor

2.1.6 Frecuencia de Resonancia

Es el fenómeno que se produce cuando coincide una frecuencia propia de un sistema con una frecuencia de excitación externa (frecuencia de resonancia), y esta da como resultado un descenso en la respuesta del sistema.

2.1.7 Ley de Masa

Ley que indica que cuando se duplica la densidad superficial de una partición simple, el TL de la misma aumenta en 6 [dB]. También establece que para una densidad superficial fija, el TL de la partición aumenta 6 [dB] cada vez que se duplica la frecuencia del sonido emitido por la fuente.

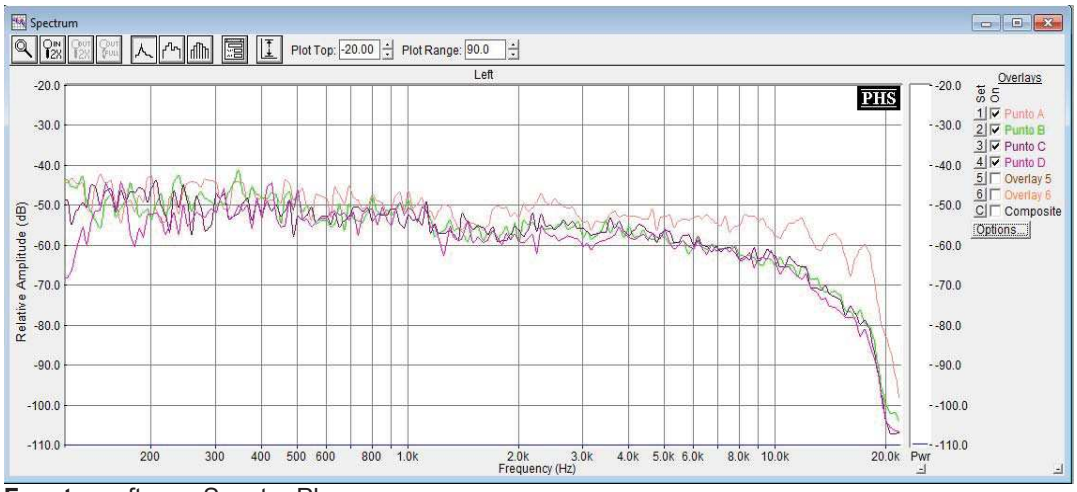
2.2 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

2.2.1 Respuesta de Frecuencias de la Sala

La respuesta de frecuencias de una sala es una representación de la energía sonora contenida en cada banda de frecuencia, casi siempre en el rango

audible para el ser humano, que abarca desde 20 [Hz] a 20 [kHz] y se representa como un gráfico de NPS versus frecuencia.

Figura 4 Gráfico de respuesta de frecuencias



Fuente: software Spectra Plus

2.2.2 Modos Normales de Vibración

Los Modos Normales de Vibración son ondas estacionarias características de la sala, que se presentan cuando una fuente emite frecuencias similares a éstas, las cuales se excitan creando múltiples resonancias en el recinto y así produciendo realces en la presión sonora del recinto y por lo tanto, irregularidades en la respuesta de frecuencias de éste.

Estas ondas o modos dependen de las dimensiones del recinto, y su fórmula para un recinto rectangular, viene dada por la siguiente ecuación:

$$fo(n_x, n_y, n_z) = \left(\frac{C}{2\pi}\right)\sqrt{\left[\left(\frac{n_x^2}{l_x^2}\right)+\left(\frac{n_y^2}{l_y^2}\right)+\left(\frac{n_z^2}{l_z^2}\right)\right]} \qquad \textbf{(2.4)}$$

Donde:

l_x *: altura del recinto [m]*

l_y *: ancho del recinto [m]*

l_z *: largo del recinto [m]*

C: velocidad del sonido; 344 $\left[\frac{m}{seg}\right]$

n_x, n_y, n_z *: coordenadas rectangulares en el espacio.*

Los modos normales se dividen en tres tipos, dependiendo de la incidencia y de la trayectoria del frente de onda, y estos son: Axiales, Tangenciales y Oblicuos.

Con la siguiente ecuación se puede determinar las frecuencias máximas a partir de las cuales el efecto de los modos normales va a ser nulo en la sala.

$$\mathbf{f_{max} = 1849\sqrt{\frac{RTmid}{V}}} \text{ [Hz] } \mathbf{(2.5)}$$

Donde:

RT_{mid} *= Es el promedio de* T_{60} *entre las bandas de octava de 500 [Hz] y 1000 [Hz]*

V = volumen del recinto $[m^3]$

2.2.3 Reverberación

Es el sonido que persiste en un espacio total o parcialmente cerrado, después de que la fuente de sonido ha cesado. La persistencia, como resultado de las

repetidas reflexiones que decaen simultáneamente con mayor o menor rapidez, dependiendo del volumen y absorción de la sala.

2.2.4 Campo Libre

Es un campo sonoro en un medio isotrópico homogéneo cuyos límites ejercen una influencia insignificante sobre las ondas sonoras. En la práctica, es un campo en el que los efectos de los límites son insignificantes para la frecuencia de interés.

2.2.5 Campo Cerrado

Por lo contrario del campo libre, en el campo cerrado la onda acústica encuentra obstáculos en su propagación, y se dan fenómenos como la difracción y reflexión.

2.2.6 Campo Difuso

Es un campo sonoro que tiene la densidad de energía estadísticamente uniforme y en que las direcciones en que se propaga el sonido se distribuye al azar.

2.2.7 Ley del Inverso Cuadrático

Establece, para la propagación de ondas planas en campo libre, que al duplicar la distancia desde la fuente, el NPS decae 6 [dB],

2.2.8 Tiempo de Reverberación *(RT, T_{60})*

El Tiempo de Reverberación (T_{60}), es el tiempo requerido para que el nivel de presión sonora dentro de un recinto cerrado, decaiga en una millonésima parte, una vez que la fuente se haya apagado. La siguiente ecuación, propuesta por

W. C. Sabine que sirve para calcular este decaimiento de energía en un campo difuso:

$$T_{60} = 0{,}161 \frac{V}{A} \quad [s] \qquad (2.6)$$

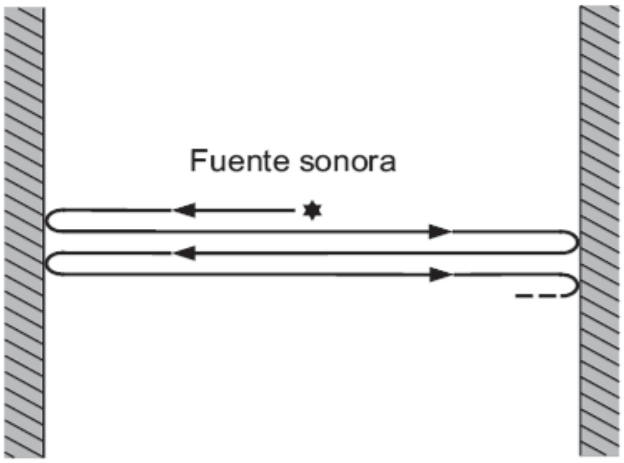
Donde:

V: Volumen del recinto [m^3].
A: Absorción del recinto [m^2 *sabine*].

2.2.9 Eco Flotante

El eco flotante o “flutter echo” se da entre dos superficies paralelas, que sean lisas y reflectantes, donde el sonido generado por una fuente sonora entre estas superficies, se repite múltiples veces en un breve intervalo de tiempo.

Figura 5 Eco flotante aparecido al clocar la fuente sonora entre dos paredes paralelas, lisas y muy reflectantes

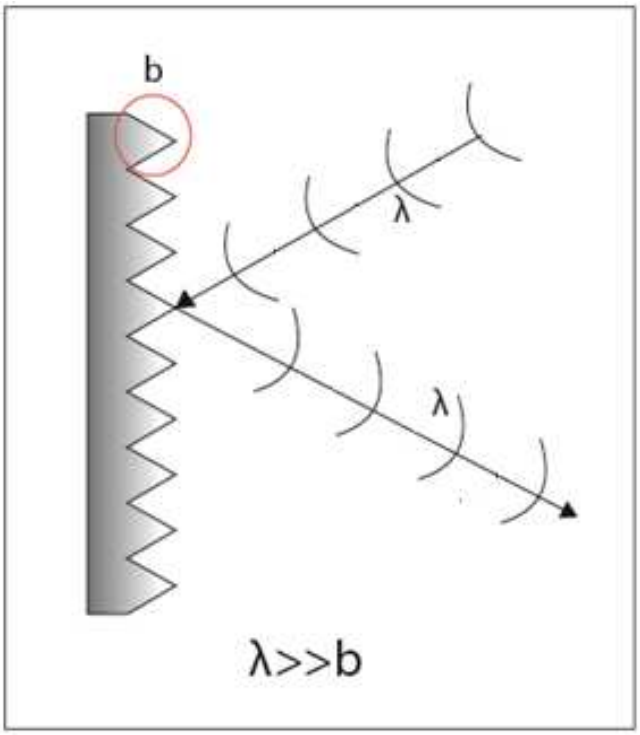


Fuente: Carrión, A. Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos

2.2.10 Reflexiones Regulares

Cuando un frente de onda incide en una superficie lisa y reflectante, donde las dimensiones de la superficie, son mucho mayores a la longitud de onda (λ) del frente, este se reflejará de manera regular, es decir, el rayo incidente y el rayo reflejado forman el mismo ángulo con la normal.

Figura 6 Reflexiones regulares en superficie donde la longitud de onda (λ) es mucho mayor a las irregularidades de la superficie irregularidades (b)

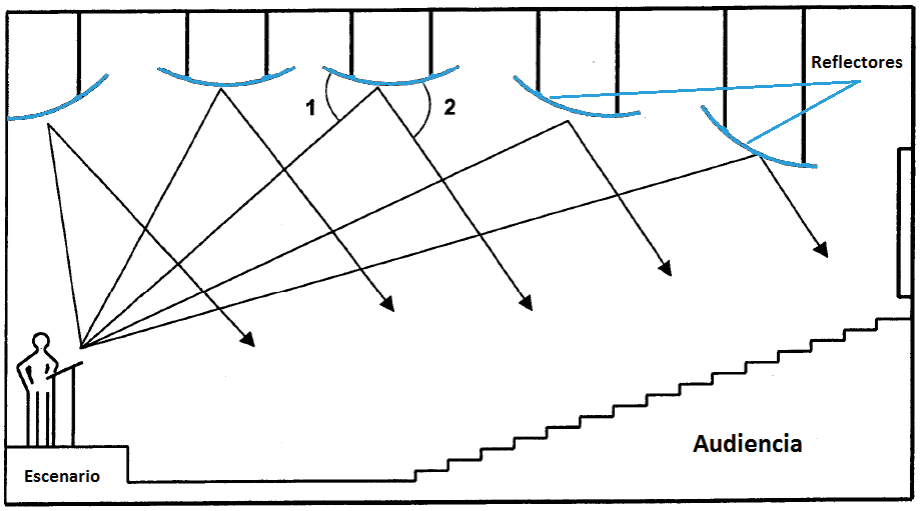


Elaborado por: El Autor

2.2.11 Reflector

Dispositivo acústico que refleja el sonido en forma regular, a un punto determinado de la sala. Son hechos de material reflectante y de dimensiones mucho mayores a las longitudes de onda (λ) de las frecuencias a reflejar, caso contrario se produce el efecto de difracción y/o difusión sonora.

Figura 7 Diagrama de rayos con reflectores

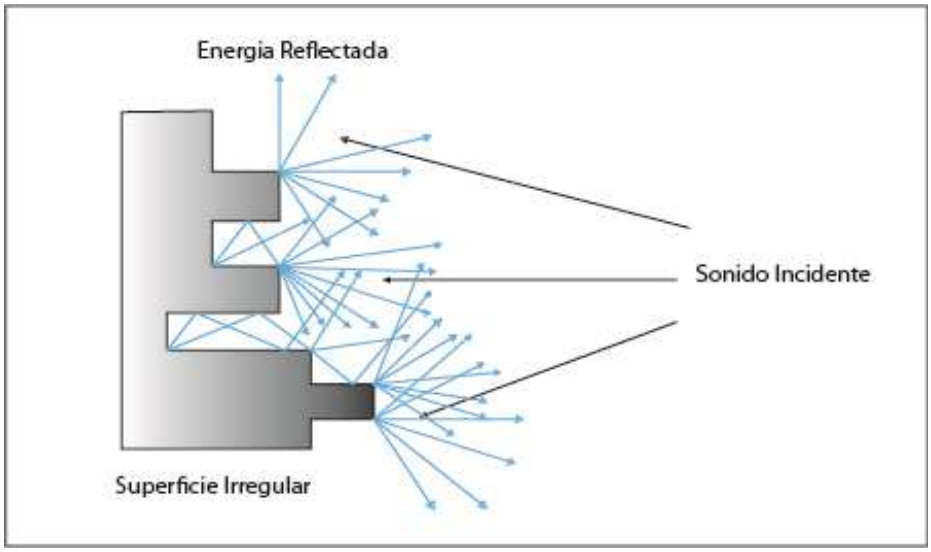


Fuente: www.kineticsnoise.com "Ovation Layaout"

2.2.12 Difusión Sonora

La difusión sonora se produce cuando una superficie irregular reflectante (con entrantes y salientes), rompe el frente de onda de un rayo incidente y lo dispersa en varias direcciones, distribuyéndose homogéneamente la energía sonora temporal y espacialmente, mejorando la sensación de espacialidad de la sala y homogenizando el nivel espectral de la misma.

Figura 8 Difusión Sonora en una superficie irregular



Elaborado por: El Autor

2.2.13 Difusor

Son superficies irregulares que producen reflexiones difusas y cumplen con la función de distribuir la energía en el tiempo y el espacio.

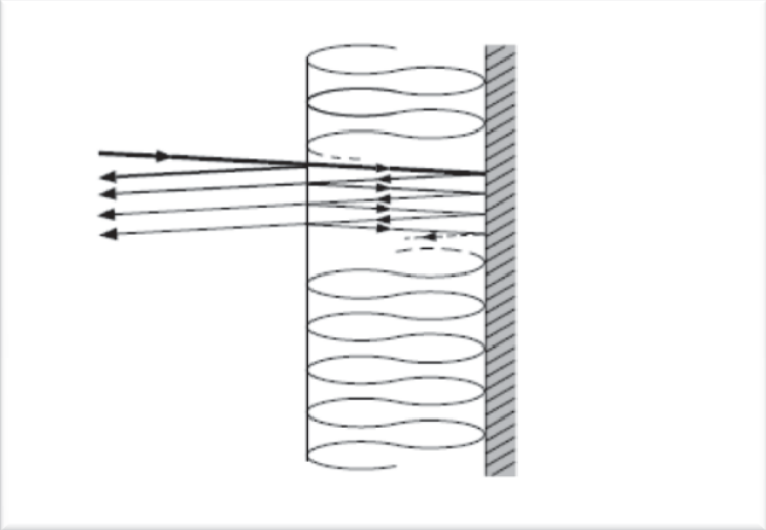
2.2.14 Absorción Sonora

Es la capacidad de una superficie determinada de transformar energía acústica en calor [3]

2.2.15 Materiales Absorbentes

Son materiales que tienen un gran número de cavidades o canales por los cuales la onda sonora puede penetrar y al entrar en contacto con las paredes de los canales, la energía se disipa en calor debido al roce. La propiedad de absorción de frecuencia, varía de un material a otro.

Figura 9 Proceso de disipación de energía en el interior de un material poroso situado delante de una pared rígida

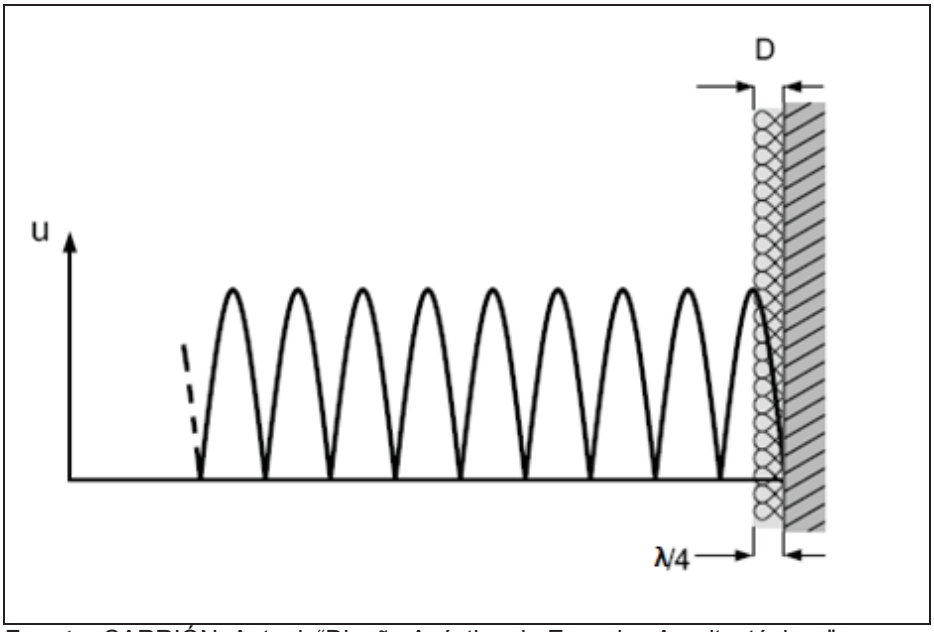


Fuente: CARRIÓN, A. Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos.

Otro factor importante a considerar en estos materiales es el espesor, sobre todo para frecuencias medias y bajas, ya que su longitud de onda (λ) es mayor que las frecuencias altas, por lo que al aumentar su espesor aumenta la absorción para aquellas frecuencias.

La absorción máxima de un material se alcanza cuando el espesor de este es igual a λ/4, en este punto las partículas alcanzan su velocidad máxima dentro material, por lo que las partículas entran en fricción y se convierten en calor. En la figura 2.10 se explica la variación de la velocidad de las partículas en función de la distancia a la pared rígida, para una frecuencia tal que D= λ/4, donde "D" es el espesor del material absorbente y "λ" la longitud de onda.

Figura 10 Evolución de la amplitud de la velocidad "u" de las partículas de aire en función de la distancia a la pared rígida (D= λ/4)



Fuente: CARRIÓN, Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos".

2.2.16 Resonadores

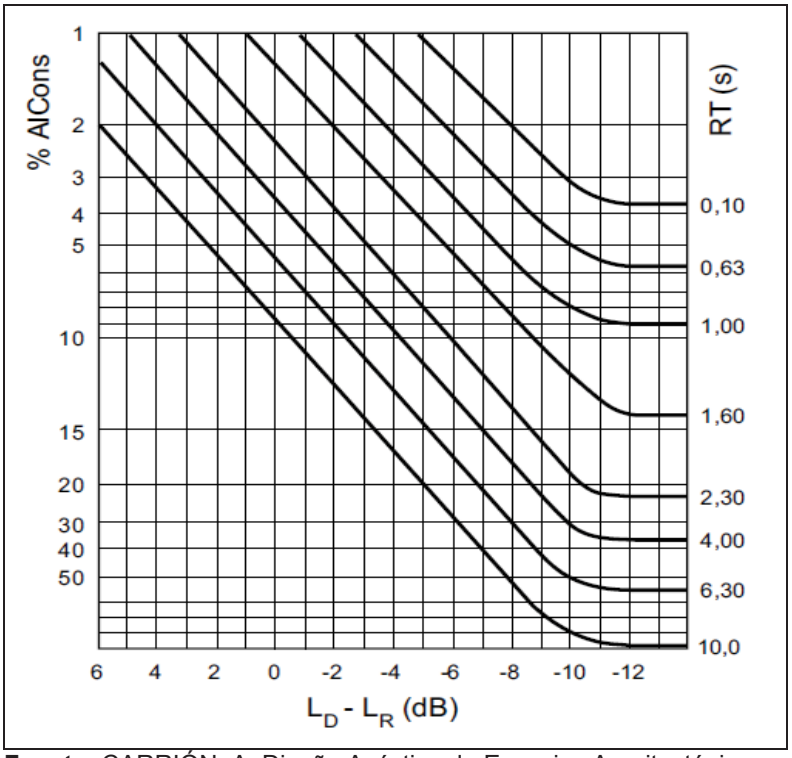
Son elementos acústicos construidos especialmente para absorber la energía sonora en una frecuencia específica, ya que los materiales absorbentes no son muy efectivos para las bajas frecuencias. Estos dispositivos ayudan a

ecualizar la sala y actúan como filtros para bajas frecuencias. Su máxima absorción se presenta en la frecuencia de resonancia y generalmente es por debajo de los 500 [Hz].

2.2.17 % Alcons

Es un parámetro que determina el porcentaje de pérdida de articulación de consonantes, por lo que se le da el nombre de %Alcons ("Articulation Loss of Consonants") y sirve para calcular la inteligibilidad de la palabra en una sala. Este indicador se lo determina a partir del tiempo de reverberación de la sala RT y de la diferencia de los niveles de presión sonora del campo directo L_D y del campo reverberante L_R.

Figura 11 Obtención del %Alcons a partir de RT y de L_D - L_R



Fuente: CARRIÓN, A. Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos.

2.2.18 STI/RASTI

El STI ("Speech Transmission Index") es también otro parámetro que nos ayuda a cuantificar el grado de inteligibilidad de la palabra, mediante la reducción de los diferentes índices de modulación "m" debido a la existencia de reverberación y ruido de fondo en una sala. Se cuantifica entre los valores 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima).

El índice RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*) es una versión simplificada del STI, que consiste en reducir el número de frecuencias de modulación.

2.3 SONIDO PARA TELEVISIÓN

En el campo del sonido directo para comerciales de televisión, cabe aclarar algunos términos que se utilizan así como también los dispositivos dentro de la cadena electroacústica que se vaya a utilizar.

2.3.1 Sonido Directo

Es la captación del sonido en su gran mayoría de voz humana, mediante técnicas de microfoneo, tales como el boom y el corbatero para cine o TV.

2.3.2 Sistema Simple

Un sistema simple es cuando la cámara de video viene adecuada o equipada con micrófonos para captar el audio y el video en el mismo dispositivo, esto es muy poco profesional ya que la cámara busca el mejor ángulo visual pero no siempre este es el más propicio para la captación de sonido.

2.3.3 Sistema Doble

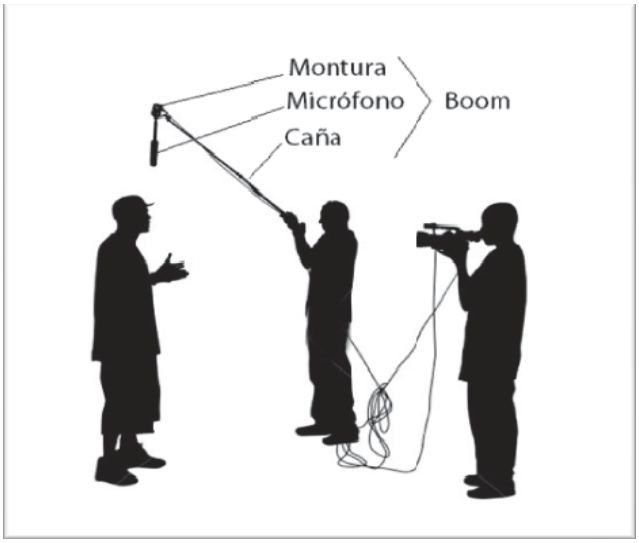
El sistema doble es el más utilizado en producciones profesionales y es la captura del audio e imagen en diferentes dispositivos, ya que esto es favorable para su posterior manipulación en postproducción.

En el caso del audio, se pueden usar diferentes técnicas para captar lo mejor posible las fuentes sonoras.

2.3.4 Boom

Es la forma más común de llamar al conjunto de la caña, montura o araña y el micrófono con anti viento. La caña debe ser de un material liviano ya que es el brazo que sostiene al micrófono y éste se debe colocar todo el tiempo por encima de los actores o locutores que están hablando en la escena. En el extremo de la caña va la montura que sujeta al micrófono, y ésta elimina las vibraciones transmitidas por efectos de la manipulación de la caña y por último el micrófono tiene que tener puesto un anti viento de goma-espuma que evita ruidos indeseados que se producen al rozar el viento con la membrana del micrófono.

Figura 12 Elementos que conforman un "Boom"



Fuente: http://oxidoproducciones.blogspot.com/p/trabajos

2.3.5 Corbateros

Otra opción son los micrófonos corbateros o lavalier que van conectados a un sistema inalámbrico de transmisión-recepción por FM, que se utiliza en tomas mas abiertas donde los booms no tienen buena recepción o porque debido a la iluminación, se puede ver la sombra del boom en la toma. Estos micrófonos tienen la desventaja de que se deben esconder en la ropa lo que causa pérdidas en altas frecuencias y puede haber ruido por el roce con la ropa; otro problema es que no hay naturalidad en los planos sonoros, ya que siempre el locutor o actor va a estar en primer plano sonoro, debido a la cercanía del micrófono a la fuente.

2.4 OTROS

2.4.1 Claqueta

Es un dispositivo de suma importancia aunque no es un elemento que conste dentro de la cadena electroacústica en sí, pero es muy importante en un sistema doble.

La claqueta es una doble tabla con bisagra que sirve para anotar datos de escena, toma, audio, y con ella se produce un sonido de impulso que ayuda a sincronizar el audio con la imagen.

Figura 13 Imagen de claqueta

Fuente: http://www.regaletes.com

2.4.2 Triángulo Básico de Iluminación

La iluminación siempre depende del director, de la toma a realizarse y de qué objeto o individuo se desee resaltar dentro de la toma, pero siempre se recomienda un triángulo básico de iluminación, el mismo que consta de:

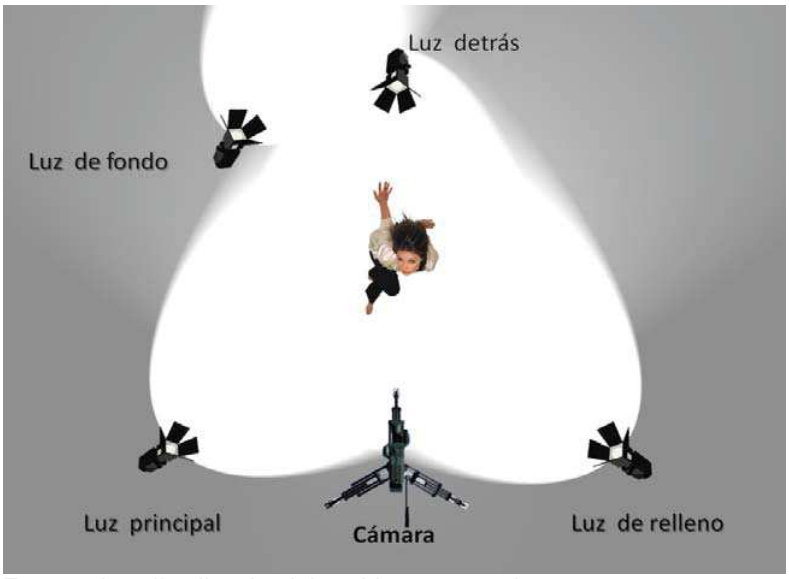
- Luz principal: Es la más importante y es la que ilumina al sujeto. Esta luz es un término medio entre luz dura (luz proveniente de una sola fuente, que provoca sombras muy marcadas) y luz difusa (luz que incide sobre los objetos desde múltiples ángulos, proporcionando una iluminación más homogénea y haciendo que las sombras sean menos marcadas). Se ubica formando un ángulo entre 30º y 45º con el eje que forma la cámara.

- Luz de Relleno: Su función es suavizar las sombras causadas por la luz principal. Es una fuente de luz difusa, y se coloca a 90º con el eje que forma la luz principal con el sujeto.

- Luz detrás: Esta luz separa al sujeto del fondo, creando un sutil halo de luminoso alrededor del mismo; la contraluz debe colocarse justo detrás del objeto o sujeto iluminado. Para esta luz es conveniente utilizar fuentes pequeñas y de menor potencia que las anteriores.

- Luz de fondo: Ilumina los fondos para añadir profundidad y diferencia entre los elementos de la escena.

Figura 14 Esquema del triángulo básico de iluminación



Fuente: http://codigosluminicos.blogspot.com/

2.4.3 Ciclorama

Ciclorama o sinfín son dispositivos que sirven para dar espacialidad al set de tv ya que unen la pared y el suelo sin que se perciba la división entre estos dos, son fabricados de varios materiales, siendo los más comunes los de tela y de fibra de vidrio.

Figura 15 Ciclorama en un estudio de TV

Fuente: http://www.canonistas.com/foros/estudio-electronicos-y-otros/80810-fondos.html

3 CAPÍTULO III. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Originalmente, el hangar empezó como una bodega de químicos, después funcionó como una procesadora avícola, y por último pasó a ser una fábrica de químicos para el agro. Por esta razón, claramente se ve que no fue construido con la finalidad de ser un estudio de televisión, y por lo tanto, nunca se tomaron en cuenta criterios acústicos o la utilización de materiales aislantes en su construcción, ya que desde un inicio las actividades realizadas dentro de éste, fueron de diferente índole.

El galpón está ubicado en el sector de Iñaquito Alto, calle sin nombre (cerca del camino que va hacia las antenas), en zona residencial 1, de acuerdo al plano regulador del Distrito Metropolitano de Quito.

Figura 16 Mapa de ubicación de sector

Fuente: Google Earth

Figura 17 Mapa de ubicación detalle

Fuente: Google Earth

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad el galpón se encuentra totalmente abandonado, carece de los servicios básicos de agua y luz, su acceso es complicado debido a la falta de transporte público y sus calles circundantes no son pavimentadas. Por otro lado, esta ubicación se puede considerar como una ventaja para el estudio de televisión, debido a que está rodeada de bosque, en un sector muy poco transitado, lo que favorece para que el ruido de fondo del lugar sea bajo.

Situándose muy cerca del centro económico de la ciudad, pero a la vez de difícil acceso sin vehículo particular, debido a la larga distancia dentro de la montaña.

3.2 AISLAMIENTO ACTUAL

Como se mencionó anteriormente, este lugar no fue construido con la finalidad de ser estudio de T.V. por lo que se pueden evidenciar serios problemas en el aislamiento acústico y prácticamente un acondicionamiento acústico nulo.

Desde el punto de vista del aislamiento, el principal problema es el techo de zinc, que al llover, incrementa el NPS producido por los golpes de las gotas en las planchas que lo conforman. Esto, sumado a la gran altura de 6,15 [m] en lo más alto y 4,15 [m] a los costados, hace que el sistema funcione como una caja de resonancia del techo.

Además se evidencian problemas como puertas de metal con separaciones de hasta 20 centímetros de la pared, ventanales de 3.5 [m^2], ubicados en los costados y por último, la separación que hay desde techo a las paredes, donde sólo hay vidrio templado para ventana de 5 mm de ancho.

Las siguientes fotos nos muestran dichos problemas con más claridad:

Figura 18 Vista Frontal Galpón

Elaborado por: El Autor

Figura 19 Detalle de separación techo- pared

Elaborado por: El Autor

3.3 ACONDICIONAMIENTO ACTUAL

En la actualidad el galpón no cuenta con ningún tipo de acondicionamiento acústico, su geometría es de un paralelepípedo (paralelismo en las paredes), donde se producen ondas estacionarias dentro del lugar, por lo que puede afectar a la distribución de los modos normales y así alterar el espectro de la misma, también se puede originar ecos flotantes debido a los materiales reflectantes de sus paredes.

El piso y la parte inferior de las paredes, están recubiertos de material reflectante, el cual aumenta el tiempo de reverberación del hangar.

La siguiente foto nos indica las superficies del interior del hangar:

Figura 20 Interior del hangar

Elaborado por: El Autor

3.4 MEDICIONES

Para la evaluación acústica del set, el primer paso son las mediciones, tanto dentro como fuera del hangar, para cuantificar los problemas antes mencionados y detectar otros que no fueran tan fáciles de percibir. Asimismo, las mediciones nos entregarán datos concretos sobre la situación actual, que nos permitirán modelar el comportamiento del campo sonoro dentro de este recinto, para su posterior manipulación para la obtención de los objetivos planteados.

3.4.1 Equipo de Medición

El equipo usado para medir, fue:

- Micrófono Dbx, micrófono de medición.

- Caja Activa RCF ART 315A.

- Interface M-AUDIO Fast Track Pro.

- Laptop Compaq-PC con Windows 7 de 32 bits.

- Spectra Plus, software utilizado para emitir señales (tonos puros, barrido de frecuencias, ruido rosa, etc.), grabar la señal de entrada del micrófono y para posteriormente analizar los datos captados en el recinto.

- Pedestal para micrófono.

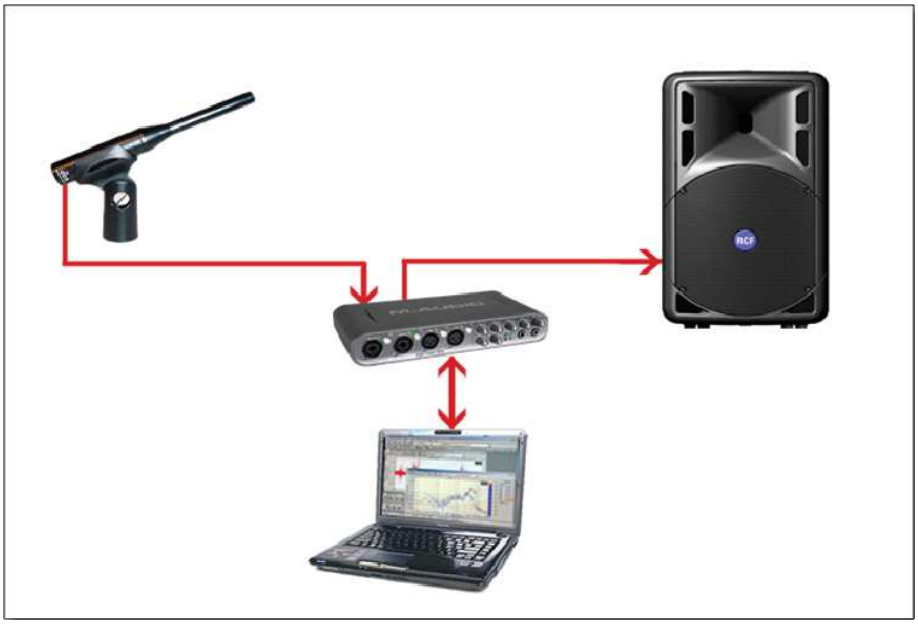
- Sonómetro 01dB Solo dB, utilizado para medir el ruido de fondo, y calibrar el nivel de señal emitido por la caja acústica, para esto se lo coloca a 1m de distancia de la caja y a 1.5m del piso, se emite ruido rosa de la fuente, hasta que el sonómetro mida los 94 dB.

- Calibrador de nivel acústico Cal 21- 01dB, el cual genera una señal de 1kHz a 94dB de presión sonora, que fue utilizado para calibrar el sonómetro y la señal de entrada del micrófono Dbx.

- Cables de micrófono.

- Generador de energía eléctrica Lincoln Electric 110/120 V 60 Hz, situado a 20m de distancia del hangar, debido a que este carecía de energía eléctrica para las mediciones respectivas.

Figura 21 Esquema de conexión de equipos



Elaborado por: El Autor

Una vez calibrado el equipo se procede a la medición de los siguientes parámetros:

3.4.2 Mediciones para Aislamiento Acústico

3.4.2.1 Ruido de Fondo

Para medir el ruido de fondo se tomó como referencia 2 puntos: uno en el centro del recinto y el otro en la parte de afuera, como se muestra en la figura 22.

Figura 22 Puntos medición del ruido de fondo

Elaborado por: El Autor

El sonómetro se ubicó a 1,5 metros del piso en cada punto y se grabó el ruido por 10 minutos con el sonómetro “Solo” previamente calibrado. En el punto 1 el ruido de fondo se midió tres veces, la primera vez en condiciones “normales” (climáticas y sin fuentes extrañas al lugar), la segunda oportunidad con el generador de electricidad encendido, ya que el galpón se encuentra abandonado y carece del servicio eléctrico; y la tercera y última, con lluvia torrencial, ya que el techo es de zinc y es uno de los problemas más críticos que se observó.

Hay que resaltar que el punto medido con lluvia, fue un caso fortuito que nos arruinó un día entero de grabaciones ya que con lluvia, el NPS dentro del hangar se eleva tanto, que enmascaraba a la caja acústica a su máximo nivel con ruido rosa.

3.4.3 Mediciones para Acondicionamiento Acústico

3.4.3.1 Respuesta de la Sala

Para medir la respuesta de la sala, primero se colocó el micrófono a 1,5 metros del piso en los puntos señalados en la figura 22, después se reprodujo ruido rosa por 1 minuto y se grabó con el programa Spectra Plus. Se midió hasta 4 veces por punto debido al ruido que emitía el motor del generador y así, poder comparar las mediciones el momento de su respectivo análisis.

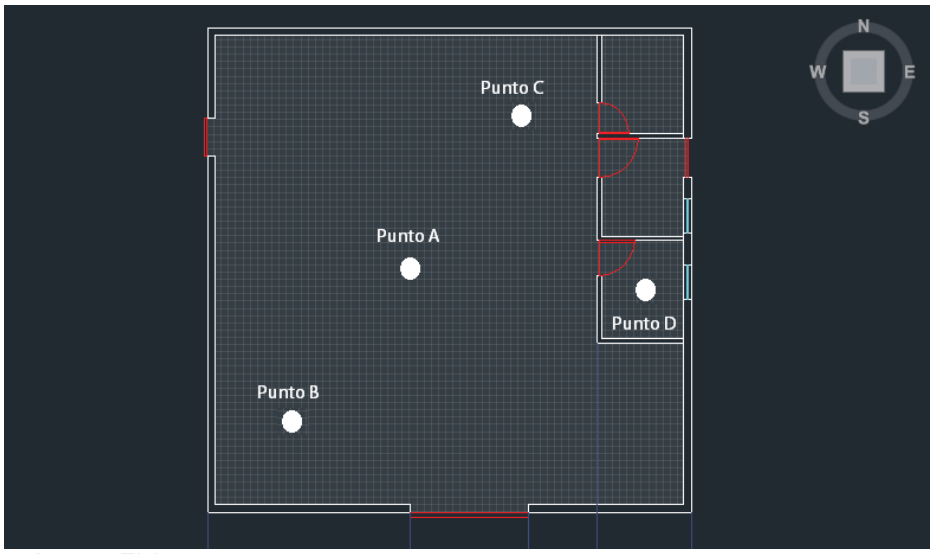
3.4.3.2 Modos Normales de Vibración MNV

Para medir MNV primero se colocó el micrófono a 1,5 metros del piso en los puntos señalados en la figura 22, después se reprodujo un barrido de frecuencia desde 50 [Hz] hasta 10000 [Hz] durante 10 minutos y se grabó con el programa Spectra Plus.

3.4.3.3 T_{60}

Para medir el T_{60} primero se colocó el micrófono a 1,5 metros del piso en los puntos señalados en la figura 22. Luego se configuró al Spectra Plus para que mida el T_{60} con ruido rosa durante un minuto. Al igual que la respuesta de la sala se midió 4 veces por punto debido a que el ruido del generador causaba interferencia en las mediciones ya que presentaba niveles significativos, todo el tiempo que duraron las mediciones.

Figura 23 Puntos medición de MNV, RT, T_{60}, Respuesta de Sala



Elaborado por: El Autor

3.5 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

3.5.1 Ruido de Fondo

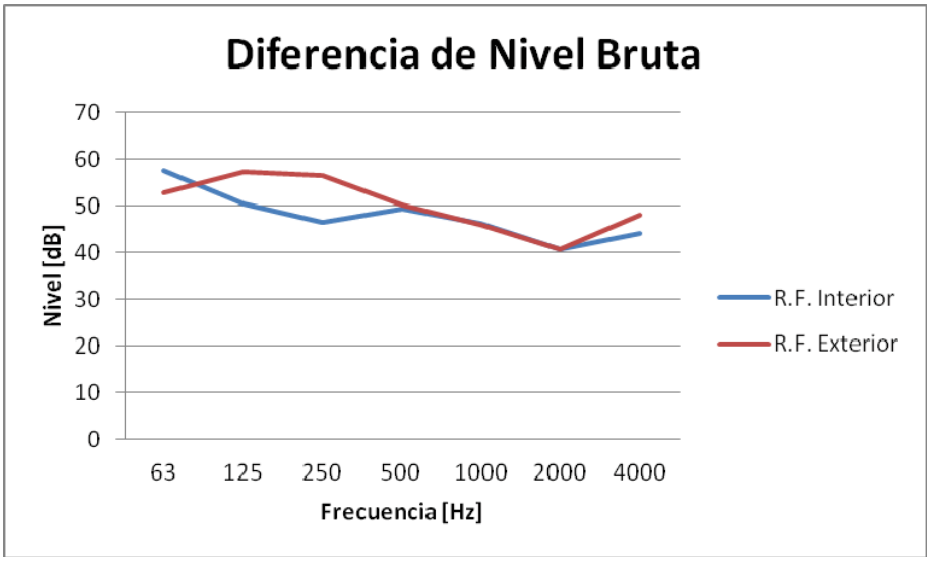
Para analizar estos datos, tenemos que considerar los valores medidos dentro y fuera del hangar, para así conocer los valores de TL que actualmente poseen los muros del hangar, por banda de octava. Los resultados son los siguientes:

Tabla 1 Mediciones de ruido de Fondo

Puntos Medidos	Frecuencia [Hz]						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS Punto 1 (interior) [dB]	57,5	50,5	46,6	49,3	46,1	40,7	44,1
NPS Punto 2 (exterior) [dB]	52,7	57,4	56,5	50,2	45,9	40,8	48

Elaborado por: El Autor

Figura 24 Aislamiento de los muros del hangar



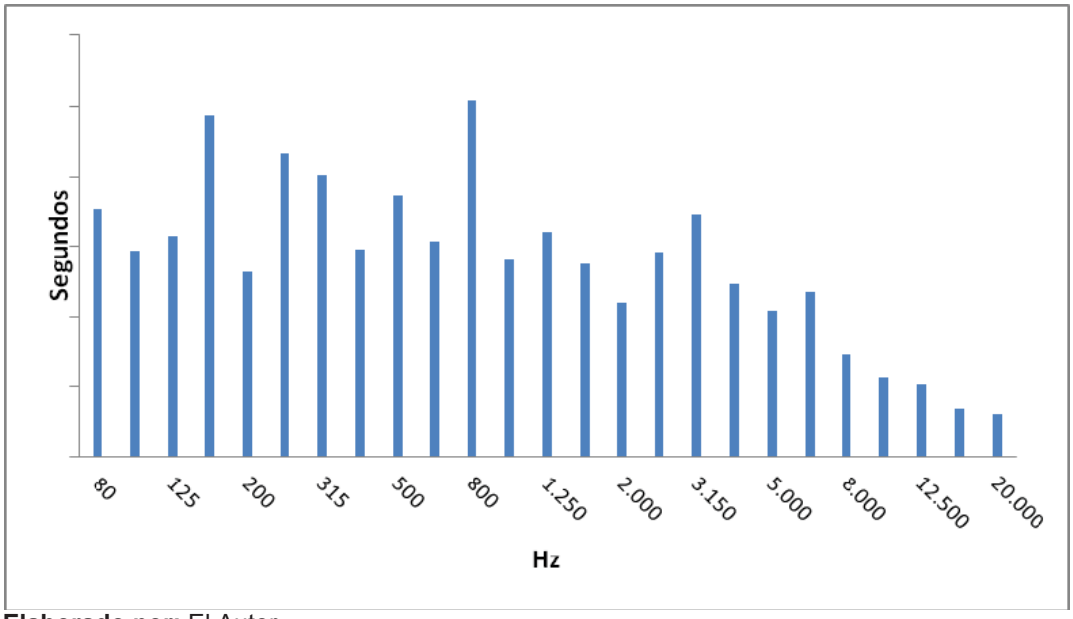
Elaborado por: El Autor

Con los valores obtenidos se puede apreciar que el TL de la partición es casi nulo para algunas bandas de octava sobre todo en frecuencias medias altas, esto se debe a la gran cantidad de ventanas que hay en el recinto y a que el 90% de las mismas están rotas debido al abandono haciendo que el STC del recinto sea mínimo. Para el aislamiento del recinto se debe sellar todas las ventanas que dan al estudio de TV, otra característica general de los estudios de TV es que no puede entrar luz natural ya que las luces que se situaran en la parrilla crean un ambiente artificial propicio para las exigencias de la producción.

3.5.2 Mediciones T_{60}

Los resultados obtenidos al medir el T_{60} de los 4 puntos en el hangar muestran valores elevados en algunas frecuencias.

Figura 25 Promedio de mediciones del T_{60} del hangar



Elaborado por: El Autor

Los tiempos de reverberación del hangar son altos en las frecuencias 160 [Hz], 250 [Hz], 315 [Hz] y 800 [Hz] sobrepasan los 2 segundos hasta un máximo de 2,55 segundos, estos resultados pueden variar debido a las condiciones antes expuestas. El tiempo de reverberación desde los 80 [Hz] hasta los 3150 [Hz] varía desde 1,10 [s] hasta 1,86 [s] y después se nota que empiezan a decaer desde los 4000 [Hz] en adelante. El promedio total es de 1,36 segundos, no es un T_{60} es bajo para un lugar que no tiene nada de acondicionamiento principalmente se debe al hecho que no se encuentra cerrado, para alcanzar el tiempo de reverberación óptimo para estudios de TV, este debe estar entre 0,4 [s] y 0,6 [s], para un 85% de inteligibilidad de la palabra. [8].

3.6 MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN (MNV) Y RESPUESTA DE FRECUENCIAS

Para el estudio de los MNV y la respuesta de frecuencia de la sala, se hace una tabla comparativa de estas dos mediciones, como se muestra en el Anexo 1 y adicionalmente comparamos con los MNV calculados, que se encuentran en el Anexo 2. Esta tabla servirá para darse cuenta en qué frecuencia o rango

de frecuencias está el problema y así diseñar el o los resonadores adecuados para este recinto.

Tabla 2 Comparación entre MNV medidos, calculados y Respuesta de Frecuencias

Puntos Medidos	Frecuencias [Hz]		
	MNV Medidos	Respuesta de Frecuencias	Calculados
Punto A	60 - 96 - 123 -150 - 196 - 253 - 285	59 - 95 - 123 - 150 - 196 - 255 - 278 - 373	45 - 55 - 68 - 84 - 94 - 124 - 128 - 132 - 136 - 142 - 158 – 248
Punto B	60 - 86 - 118 - 154 - 172 - 211 - 236	59 - 85 - 118 - 128 - 152 - 172 - 208 - 235 - 342	
Punto C	59 - 135 - 204 - 247 - 270 - 300	59 - 140 - 205 - 246 - 270 - 301	
Punto D	59 - 76 -150 - 166 - 198	60 - 114 - 150 - 165 - 195 - 309	

Elaborado por: El Autor

Al revisar la tabla se ve que muchas frecuencias se repiten en las mediciones y en el cálculo de los MNV por lo que podemos concluir que hay problemas en los 60 [Hz] y sus armónicos al igual que en los 90 [Hz]. Estos resultados son referenciales para el diseño que se va a proponer debido a que el estudio o set de TV va a tener diferentes dimensiones por lo que sus MNV y su respuesta de frecuencia varían.

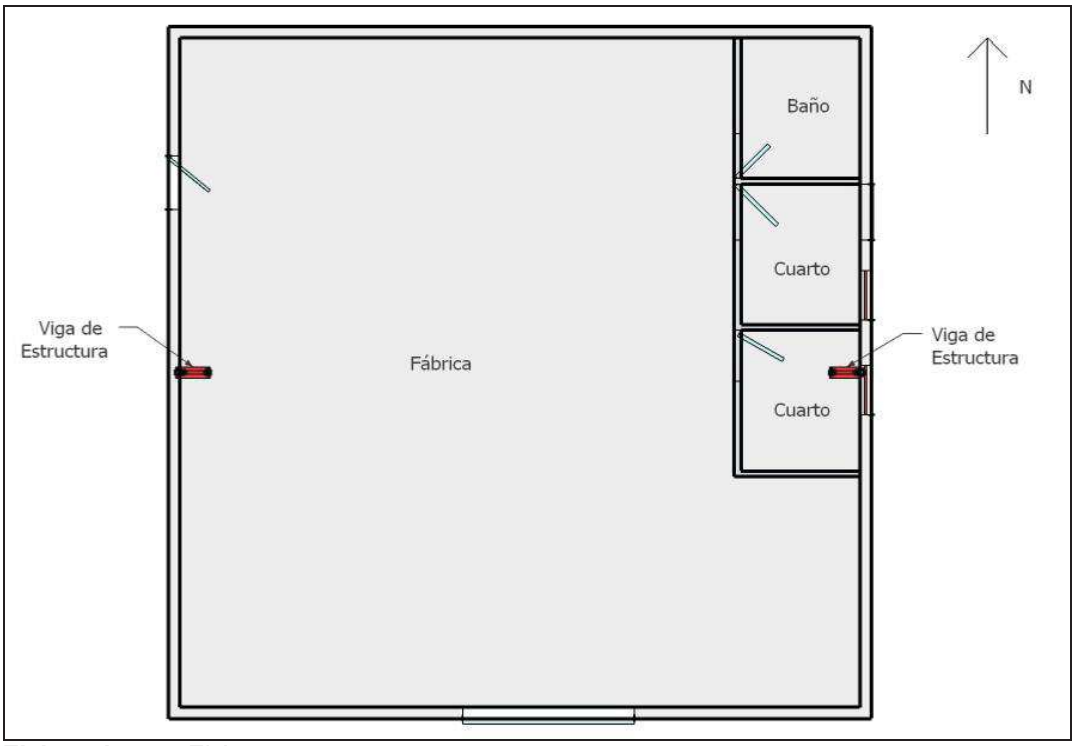
4 CAPÍTULO IV. PROPUESTA

4.1 PROPUESTA DE DISEÑO

4.1.1 Espacio Actual

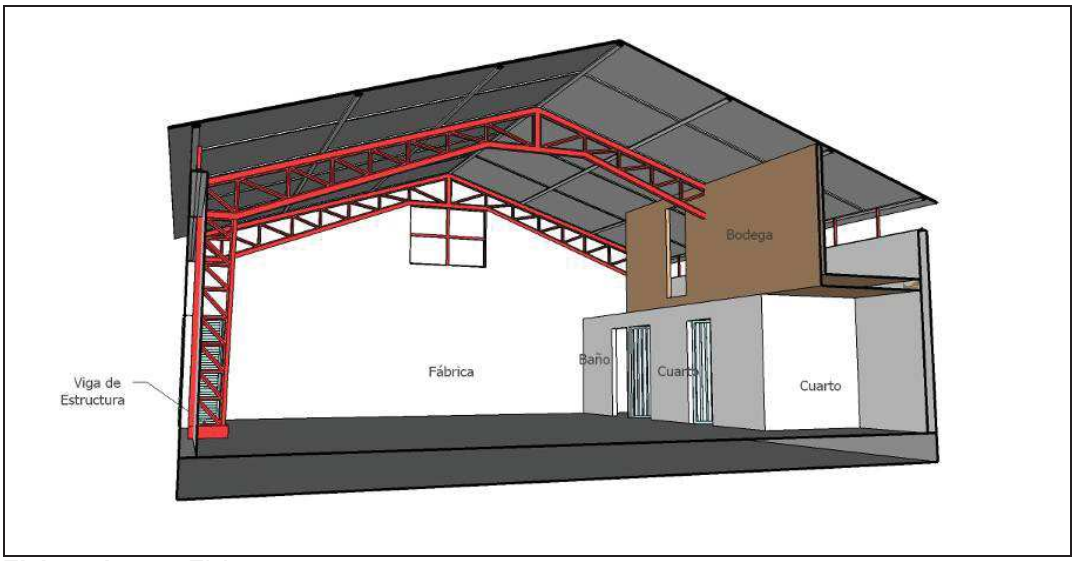
A continuación se muestra la distribución actual del espacio dentro del hangar, el cual va a ser adecuado para ser un estudio de TV.

Figura 26 Plano planta baja, situación actual del hangar



Elaborado por: El Autor

Figura 27 Plano perspectiva, situación actual del hangar



Elaborado por: El Autor

Como se muestra en el plano, el galpón cuenta con cinco ambientes o espacios, los cuales son: la fábrica, dos cuartos, una bodega y un baño.

En el lugar donde estaba situada el área de trabajo o fábrica, de aproximadamente 115,43 [m^2], es donde se va a construir el estudio de TV y un área de bar restaurante, que es esencial para cualquier producción realizada en un set de TV.

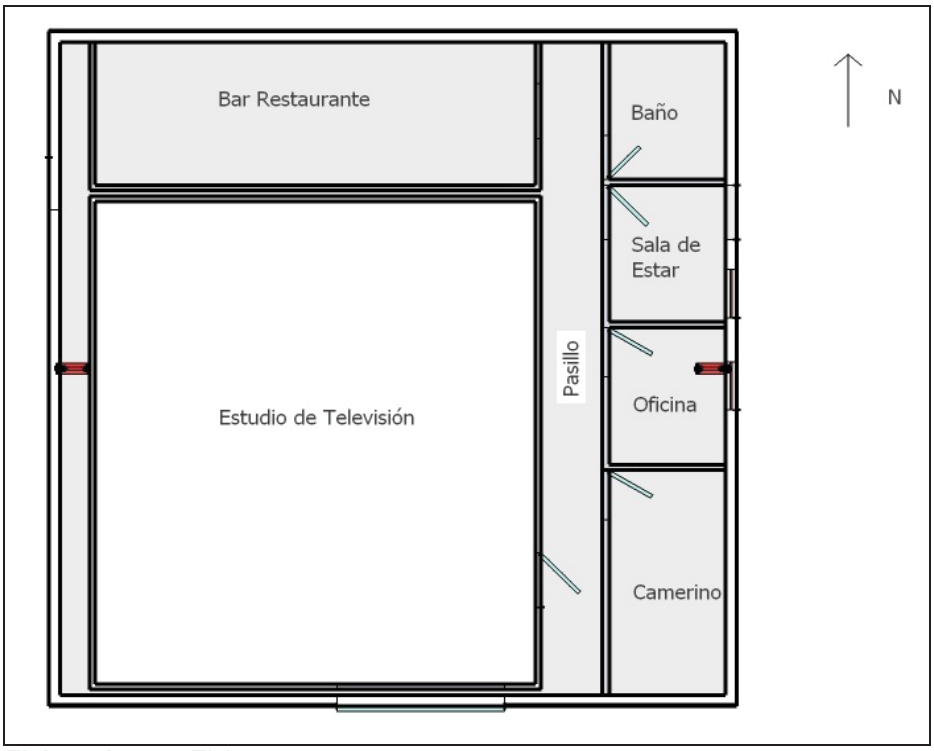
4.1.2 Distribución, Geometría y Dimensiones del Estudio de Tv

Para la adecuación del estudio de TV dentro del hangar, se consideraron criterios recomendados de dimensiones para “estudios de televisión” superiores a 250 [m^3] propuesto por Manuel Recuero [8], por lo que después de este análisis, la distribución de espacios dentro del hangar, se hizo para aprovechar de mejor manera el espacio y el estudio más grande con las medidas sugeridas para este tipo de recintos.

4.1.2.1 Distribución

En el siguiente plano se muestra, el diseño realizado, para aprovechar de mejor manera el espacio dentro del hangar basado en el criterio de dimensiones para estudios de TV antes mencionado:

Figura 28 Plano del hangar adecuado para estudio de TV



Elaborado por: El Autor

Como se puede apreciar en este nuevo plano, se cerró la puerta de la parte superior derecha, se aumentó el camerino, pasillo, bar-restaurante y el set de TV.

4.1.2.2 Geometría y Dimensiones del estudio de TV

Los estudios de TV son diseñados de forma rectangular debido a que se necesita el mayor espacio posible para los equipos (cámaras, luces y platós), por lo que se debe ser cuidadoso al momento de acondicionar, ya que además

se necesita una respuesta de frecuencia lo mas plana posible y un tiempo de reverberación muy bajo, para conseguir una excelente inteligibilidad de la palabra. Por esta razón, se basó el diseño del volumen y dimensiones del set según los siguientes criterios de sets TV:

Tabla 3 Dimensiones recomendadas en estudios de TV

Tipo de estudio	Area del suelo S (m^2)	Altura h (m)	Volumen V (m^3)	Nº personas interior
Informativos	12/15	2,8/3,2	34/48	1/2
Entrevistas	50/80	4/5	200/400	10/15
Pequeños	100	5/6	600	20
Pequeños	150	6	900	35
Pequeños	200	7	1.400	50
Grandes	300	8	2.400	100
Grandes	450	10	4.500	200
Grandes	600	11	6.600	250
Grandes	1.000	15	15.000	400

Fuente: RECUERO, Manuel, “Acústica de Estudios para Grabación Sonora”.

Tabla 4 Dimensiones recomendadas de a cuerdo con el volumen

Volumen del estudio (m^3)	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)
Superior a 250	1,9	1,7	1
Entre 650 y 1.250	2,5	1,5	1
Entre 2.000 y 4.000	3	2	1
Superior a 4.000	3,3	2,2	1

Fuente: RECUERO, Manuel, “Acústica de Estudios para Grabación Sonora”.

Para la elección del tamaño del set se escogió el tipo de estudio de “entrevistas” (ver tabla 3) considerando el uso que se le pretende dar, y como referencia para las dimensiones, el “superior a 250 [m^3]” (ver tabla 4). Como resultado, el estudio quedó con las siguientes dimensiones: 8,8x 7,87x 4,36 [m^3], estas dimensiones propuestas son de 2 x 1,8 x 1 en proporción a la altura del set de TV, es que no es el ideal mencionado por Recuero, pero con el objetivo de optimizar el espacio y por la altura del recinto al cual no se puede alzar mas el techo, es el más cercano al criterio utilizado.

4.1.3 Diseño del Aislamiento Acústico

El tratamiento del aislamiento acústico de un set de TV es muy importante y se tiene que hacer lo mejor posible, ya que al tener que grabar el audio e imagen sincronizados es necesario ubicar los micrófonos a una distancia considerable de la(s) fuente(s), de 1,5 [m] hasta 4 [m], dependiendo del plano que el director desee grabar. Debido a esto, los micrófonos son más susceptibles a captar el ruido del ambiente, por lo que el ruido de fondo, debe ser lo más bajo posible, para disminuir los requerimientos de aislamiento acústico.

Como referencia se tomó las curvas NC, que indican el ruido de fondo que debe tener un recinto según la actividad a realizarse. Estas curvas, además entregan criterios sobre los requerimientos de aislamiento, ya que a mayor aislación del recinto aumenta el costo del proyecto.

Tabla 5 Curvas de NC recomendadas para diferentes recintos

Tipo de recinto Índices de ruido Nivel de ruido	NC	dB (A)
Estudios de radio, televisión	20	25
Salas de música, auditorios	25	25
Teatros	30	40
Hospitales	35	45
Iglesias	30	45
Viviendas, hoteles	35	45
Salas lectura, aulas	35	45
Salas de conferencia pequeñas	30	50
Oficinas, restaurantes	45	50
Juzgados	35	45
Oficinas medias	50	50
Bibliotecas	35	45
Bancos, tiendas, oficinas grandes	45	55
Gimnasios, salas deporte y piscinas	45	60
Cines	35	45

Fuente:http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/temario.htm

Como se puede observar en la tabla 5, el NC requerido para estudios de TV es la curva NC-20, con los siguientes valores:

Tabla 6 Valores de la curva NC 20 por banda de octava

Curva NC	Frecuencia [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NPS NC-20 [dB]	51	40	33	26	22	19	17	16

Fuente:http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/temario.htm

Para cumplir con el aislamiento requerido, se va a implementar un “estudio flotante” desacoplado mecánicamente todas sus particiones, paredes, suelo, techo y puertas mediante materiales elásticos. De esta manera evitar cualquier transferencia de ruido estructural el cual disminuye significativamente el aislamiento de una partición y por ende el ruido por transmisión aérea.

A continuación se compara el ruido de fondo en el interior del hangar con la curva de NC 20 para así determinar el NR mínimo por banda de octava a obtener el momento de diseñar techo, puertas y paredes del recinto.

Tabla 7 Valores de NR mínimos para el set de TV

	Frecuencia [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NPS NC-20 [dB]	51	40	33	26	22	19	17	16
Ruido de fondo	57,5	50,5	46,6	49,3	46,1	40,7	44,1	44,2
Diferencia en dB(A)	6,5	10,5	13,6	23,3	24,1	21,7	27,1	28,2

Elaborado por: El Autor

Como se observa en la tabla 7 los valores de TL que se tienen que alcanzar para lograr la curva NC 20, no tienen que ser tan altos.

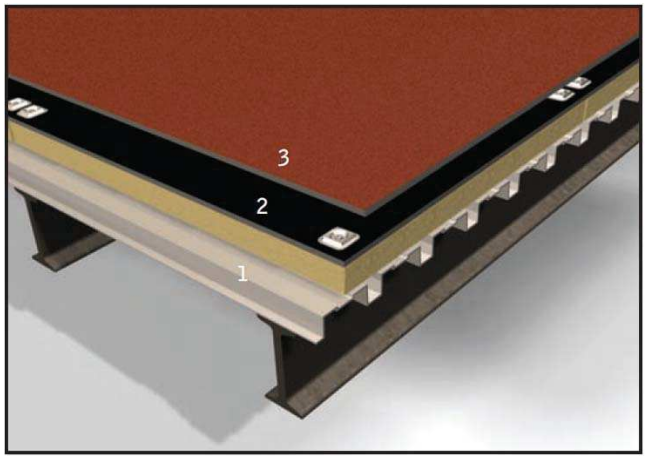
A continuación se diseñaron las particiones y se modeló el aislamiento de las mismas, en el programa INSUL®, ya que este programa calcula de manera muy acertada el STC y TL de las particiones por banda de octava y de tercio de

octava, con las propiedades físicas de los materiales de cada partición tomando en cuenta el área y si tiene relleno o aberturas en el caso de la puerta.

4.1.3.1 Techo

El techo del hangar es de zinc, y como se mencionó anteriormente en el capítulo 3, representa un gran problema cuando llueve. Con el fin de reducir el ruido de impacto por la lluvia, se optó por recubrir el techo metálico con paneles de lana de roca de 40 [mm], al cual se le suelda una lámina de material viscoelástico e impermeable de alta densidad, que se sujeta mediante tornillos a la chapa metálica, y por encima de éste se pone una lámina de asfalto con gránulos minerales, llamada politaber, como se muestra en la figura.

Figura 29 Aislamiento del techo de zinc



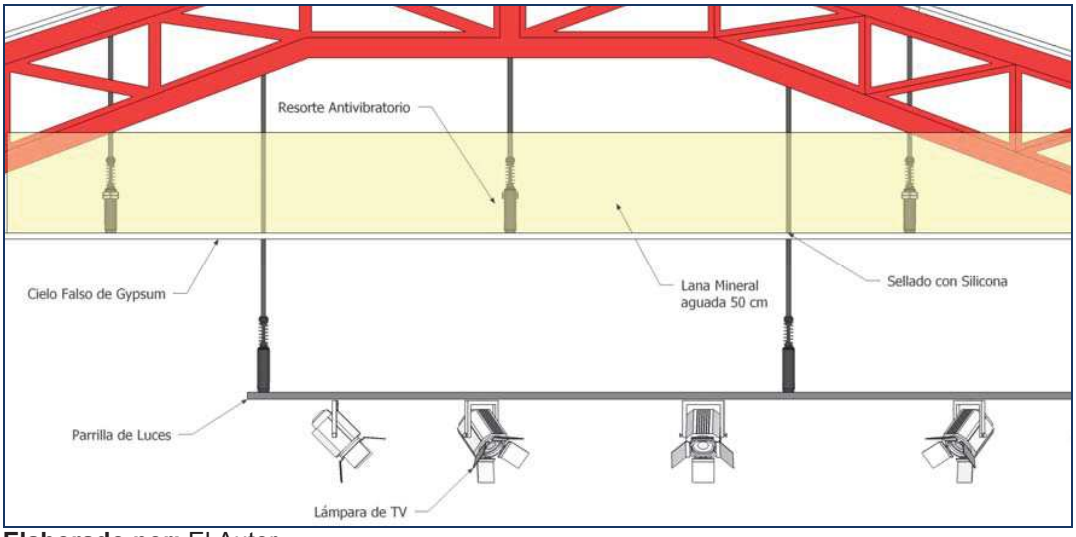
Fuente: http//:www.chova.es

En la parte interior del techo, se coloca un cielo falso de gypsum suspendido en la estructura del hangar y desacoplado mecánicamente mediante resortes, y encima de éste, una capa de lana mineral de 50 [cm] de espesor.

Hay que añadir que la parrilla de luces, al igual que el cielo falso, va suspendida y desacoplada mecánicamente de la estructura, mediante resortes.

Las junturas del cielo falso con las vigas de la estructura y las suspensiones de la parrilla se sellarán con silicona para que no haya acoplamientos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 30 Montaje cielo falso y parrilla de luces



Elaborado por: El Autor

Para esta partición el STC será de 59, este valor fue obtenido en el programa INSUL y sus TL por banda de octava serán:

Tabla 8 Valores de TL por octava del techo

Composite TL per Frequency(Hz))						
63	125	250	500	1k	2k	4k
27	42	51	58	62	59	61

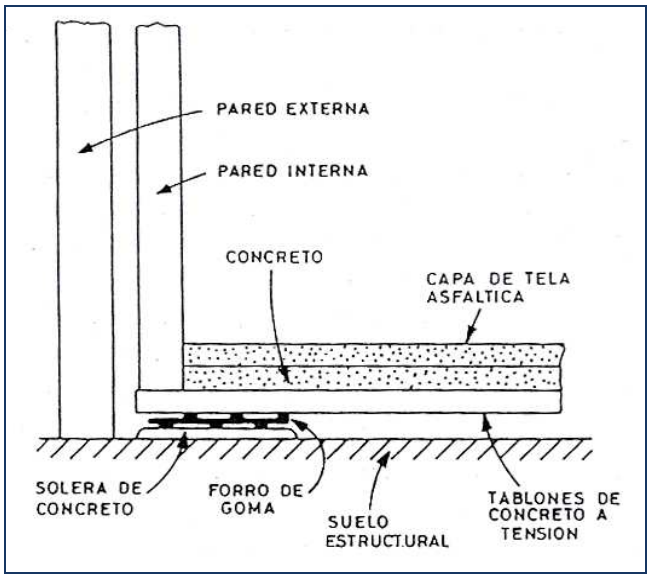
Fuente: Software INSUL

4.1.3.2 Piso

Con el propósito de aislar el estudio de las vibraciones y de los ruidos por frecuencias más bajas estructurales, se coloca un piso flotante que también sirve para desacoplar mecánicamente a todas las paredes internas del estudio mediante una lámina de neopreno de ½ pulgada en el suelo. Sobre ésta, va

una capa de fibrocemento del mismo espesor, encima de la cual se asientan las paredes internas. Después, una capa de 1 pulgada de concreto y por último una capa asfáltica elástica (chova) de igual medida, a la cual recubriremos con linóleo. Para la implementación del piso se hará colocando tiras de caucho de alta densidad en la base distanciadas 60 cm una de otra para distribuir mejor la carga y así evitar acoplamientos mecánicos y transmisión estructural desde pasillos o el exterior.

Figura 31 Piso flotante de Neopreno

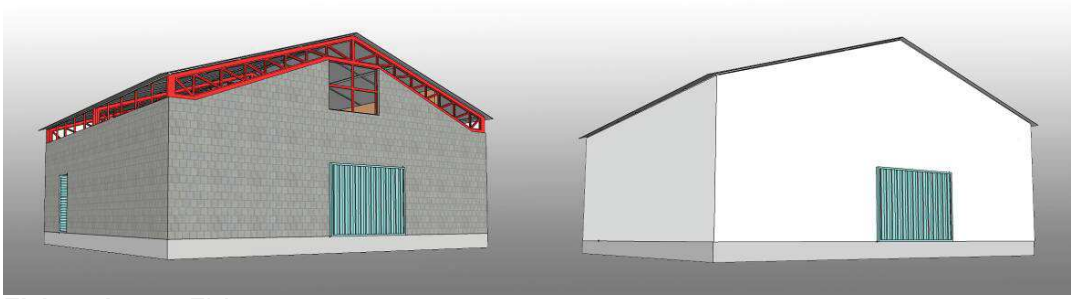


Fuente: RECUERO, Manuel, "Acústica de Estudios para Grabación Sonora".

4.1.3.3 Paredes

Para hacer las paredes del estudio de TV, lo primero que se tiene que hacer es cubrir los huecos de las ventanas y de las vigas que dejan entrar el ruido y la luz al galpón. Para ello, se propone sacar todas las ventanas y cubrir los huecos con bloques de hormigón al igual que las separaciones entre las vigas estructurales. La puerta pequeña que da a la fábrica también se la sellaría con bloques, y se pintaría todas las paredes exteriores del recinto con pintura "epoxi" para sellar cualquier grieta y así hacer más efectivas las particiones.

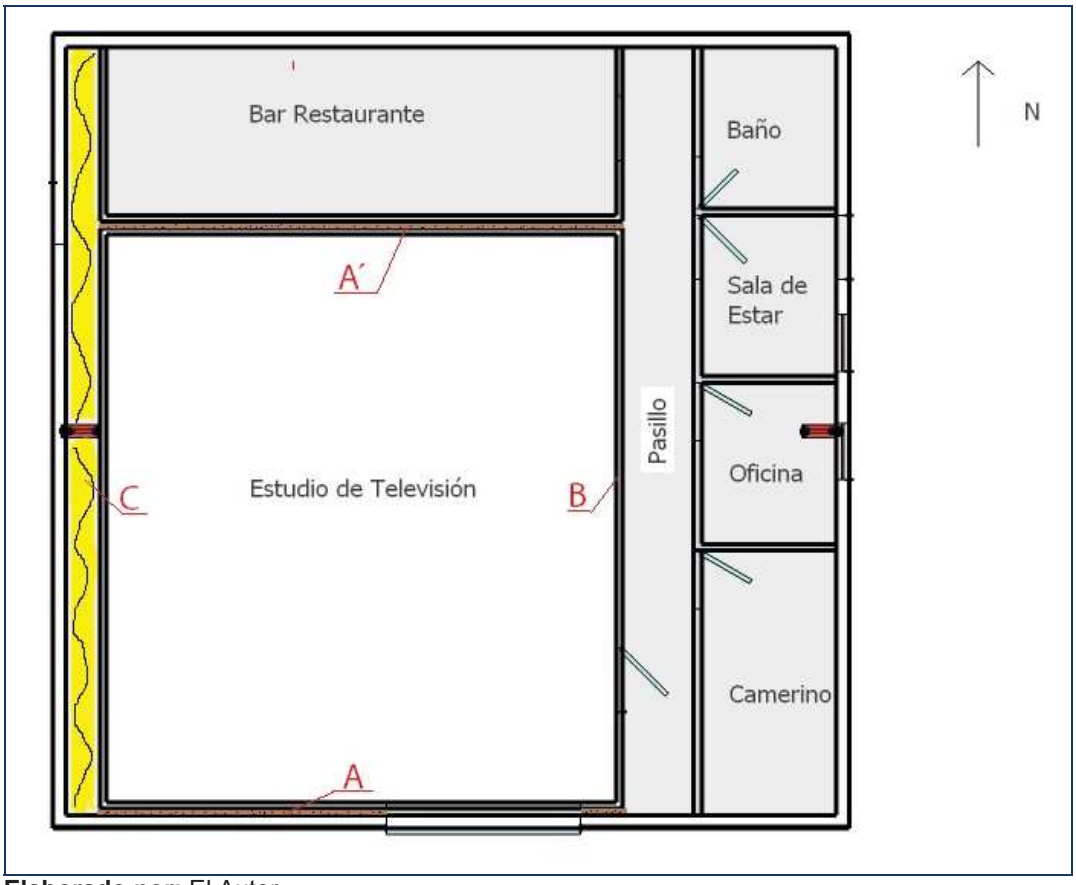
Figura 32 Vista del antes y después del tratamiento paredes exteriores



Elaborado por: El Autor

Las paredes del estudio de TV varían la construcción de sus particiones por lo que se va a dividir en pared tipo A, B y C, como se muestra en la figura:

Figura 33 Vista superior de particiones del estudio de TV



Elaborado por: El Autor

Partición A y A´

Como se muestra en la figura, son las particiones que separan el estudio-restaurante del estudio-exterior. Estas particiones constan de 10 [cm] de cámara rellena de arena seca y una pared interna construida de ladrillos de 15 [cm] de espesor. En el caso del estudio-restaurante (partición A´), esta es de 35 [cm] de espesor, en total, mientras que la pared del estudio-exterior (partición A) es de 45 [cm] de espesor, debido a que la pared exterior es de 20 [cm] porque tiene bloques de hormigón. El STC de las particiones es de 89 la partición A y de 88 la partición A (Valor obtenido gracias a software INSUL).

Tabla 9 Valores de TL por octava de la partición A

Composite TL per Frequency(Hz))						
63	125	250	500	1k	2k	4k
63	71	73	92	106	120	130

Fuente: Software INSUL

Tabla 10 Valores de TL por octava de la partición A

Composite TL per Frequency(Hz))						
63	125	250	500	1k	2k	4k
65	68	73	94	108	124	133

Fuente: Software INSUL

Partición B

Esta partición es aquella cuya cara exterior da al pasillo que va a la oficina, camerinos, baño y sala de estar. Para el TL sólo se toma la pared de ladrillo de 15 [cm] de espesor. El valor del STC para esta partición es de 54 (Valor obtenido gracias a software INSUL).

Se debe recordar que esta partición es interna por lo que lo que el ruido de fondo será menor, por lo que el TL de la misma no necesita ser alto.

Tabla 11 Valores de TL por octava de la partición B

Composite TL per Frequency(Hz))						
63	125	250	500	1k	2k	4k
42	44	42	49	56	64	70

Fuente: Software INSUL

Partición C

La partición C es la que da al exterior con dirección oeste y cuenta con una cámara de 40 cm debido a que la columna estructural representa un problema para la construcción de la pared interna, por eso se tomó esta medida en el interior de la cámara, la misma que se rellenará con lana mineral. En la parte superior la viga estructural atraviesa a la partición, por lo que desacoplamos con caucho, la juntura viga-pared.

Esta partición es de 20[cm] de bloque de hormigón, 40 [cm] de cámara con lana mineral y 15 [cm] de ladrillo, dando un total de 75 [cm] de ancho efectivo. El STC de la partición es de 95 (Valor obtenido gracias a software INSUL).

Tabla 12 Valores de TL por octava de la partición C

Composite TL per Frequency(Hz))						
63	125	250	500	1k	2k	4k
75	82	81	95	111	126	138

Fuente: Software INSUL

Para todas las particiones utilizamos pads de caucho en la parte superior para que estos desacoplen mecánicamente las mismas para evitar cualquier transmisión de ruido estructural.

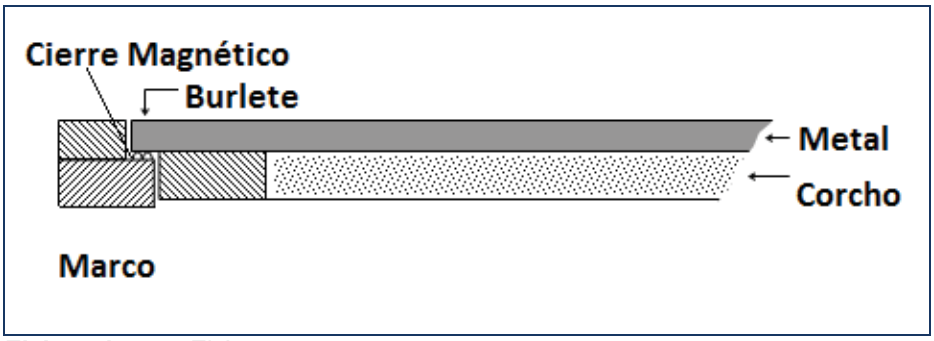
4.1.3.4 Puertas

Para el diseño de las puertas dentro del estudio de grabación, se van a tomar dos modelos diferentes: un modelo para las puertas que dan al pasillo, y otro para la que conduce hacia los exteriores.

Puertas Pasillo

Para el diseño de estas puertas se van a utilizar las puertas de metal ya existentes, debido a que el metal es un material denso y posee altos valores de aislamiento. Lo que se va a aumentar es un marco completo de cuatro lados con cierres magnéticos y sólo a la puerta del estudio se le monta corcho en la superficie para el acondicionamiento acústico de la misma, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 34 Corte Transversal de la puerta de pasillo



Elaborado por: El Autor

Para esta puerta el STC es de 37 (Valor obtenido gracias a software INSUL), y sus TL por banda de octava son:

Tabla 13 Valores de TL por octava de la puerta interior

Composite TL per Frequency(Hz))						
63	125	250	500	1k	2k	4k
19	23	28	33	38	41	38

Fuente: Software INSUL

Puerta Exterior

El diseño de esta puerta varía ya que va al exterior y debe tener un STC superior que las antes diseñadas.

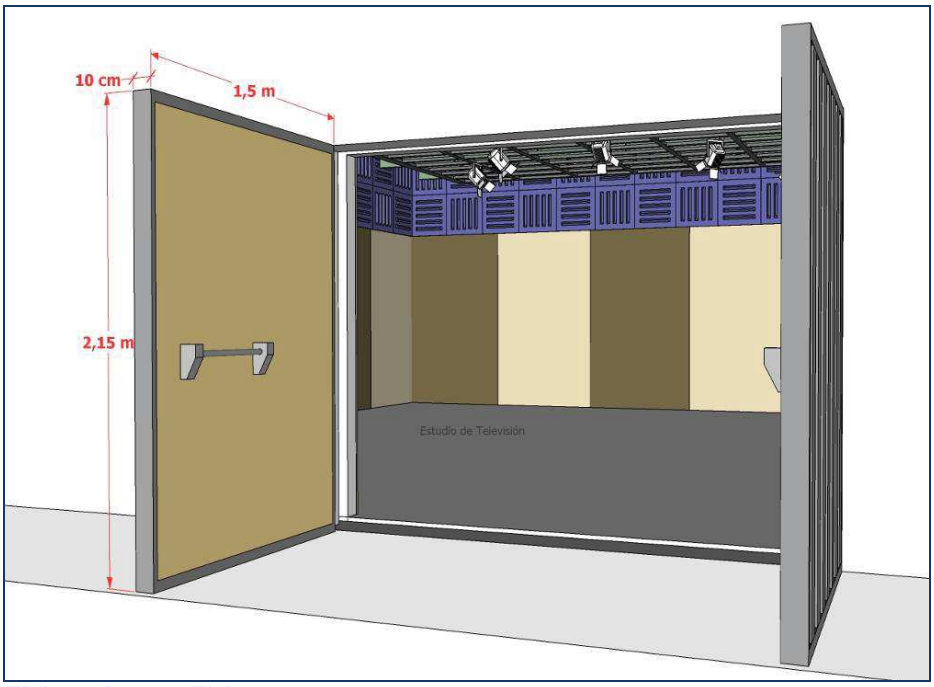
Por esta razón, se propone una partición cuyo exterior, será de metal calibre 18, con una cámara de 5 [cm] rellena de lana mineral y la cara interior de madera con núcleo macizo de 2,5 cm. Debido a que es una puerta de 3 [m] de ancho por 2,15 [m] de alto, se le divide en 2 puertas de 1,5 m de ancho cada una con marco de 3 lados, excepto en el piso, con cierres automáticos de émbolo para el piso, ya que no se puede tener marco en la parte inferior, debido a que es una puerta donde entra equipo pesado y no puede haber obstáculos. Las puertas tienen un peso aproximado de 95,6 [kgr] cada una, sujetas con por lo menos 4 bisagras de 10 [cm] con un STC de las dos puertas cerradas de 48 (Valor obtenido gracias a software INSUL).

Tabla 14 Valores de TL por octava de las puertas exteriores

Composite TL per Frequency(Hz))						
63	125	250	500	1k	2k	4k
20	25	41	47	49	49	55

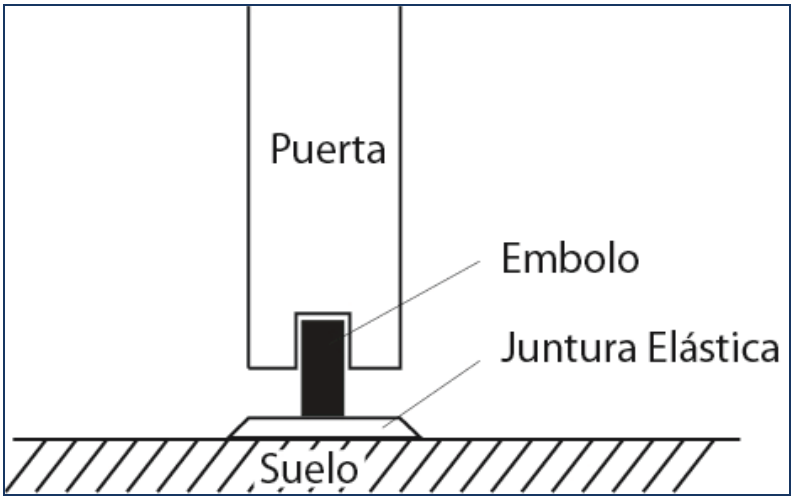
Fuente: Software INSUL

Figura 35 Dimensiones de puerta principal del estudio



Elaborado por: El Autor

Figura 36 Corte Transversal de puerta con cierre automático de émbolo



Elaborado por: El Autor

4.1.3.5 Comparación de TL

Para la comparación vamos a tomar la diferencia de los niveles del ruido de fondo exterior al set de tv con los de la curva NC 20 para set de TV y así

determinar cuánto dB debemos atenuar mínimo por frecuencia de octava para cada partición, y ver si el diseño propuesto logra cumplir con los objetivos planteados, para este propósito se hizo la siguiente tabla:

Tabla 15 Comparación de TL requeridos para curva NC con TL de particiones diseñadas

	Frecuencia [Hz]							
TL	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	
Diferencia R.F. exterior con NC 20 dB(A)	1,7	17,4	23,5	24,2	23,9	21,8	31	
Techo [dB]	27	42	51	58	62	59	61	Si cumple
Partición A [dB]	63	71	73	92	106	120	130	Si cumple
Partición A´ [dB]	65	68	73	94	108	124	133	Si cumple
Partición B [dB]	42	44	42	49	56	64	70	Si cumple
Partición C [dB]	75	82	81	95	111	126	138	Si cumple
Puerta exterior [dB]	20	25	41	47	49	49	55	Si cumple

Elaborado por: El Autor

4.1.4 Diseño del Acondicionamiento Acústico

El estudio de TV va a ser utilizado con la finalidad de grabar comerciales de TV, por lo que en la mayoría de los casos el micrófono no va a estar en cuadro de imagen del video. Debido a esta situación, el micrófono se encuentra lejos de la fuente, hasta 4 [m] de distancia en algunos casos, por lo que debe haber la menor cantidad de reflexiones posibles dentro del recinto.

El tiempo de reverberación estimado para estos estudios es muy bajo, de 0,40 a 0,60 segundos, con una percepción de inteligibilidad del 85% según “Acústica de Estudios para grabación Sonora” de Manuel Recuero. Otro problema que se puede dar es en bajas frecuencias, debido a la forma rectangular del recinto, es que los MNV pueden causar problemas desde los 300[Hz] para abajo. El micrófono, aunque sea direccional para las frecuencias medias y altas, presenta captación omnidireccional para las frecuencias bajas, y al haber una

resonancia, se puede producir una coloración no deseada en la señal del sonido grabado. También se pueden encontrar problemas como “ecos flotantes” debido a la geometría del recinto y que sus paredes se encuentran en paralelo, esto considerando que las particiones no están tratadas.

4.1.4.1 Tiempo de Reverberación

Los estudios de TV son característicos por ser recintos “secos”, lo que se debe a que sólo interesa el sonido directo. Para acondicionar el recinto y obtener el tiempo de reverberación para sets de TV, se usará una gran cantidad de materiales absorbentes.

Acondicionamiento Paredes

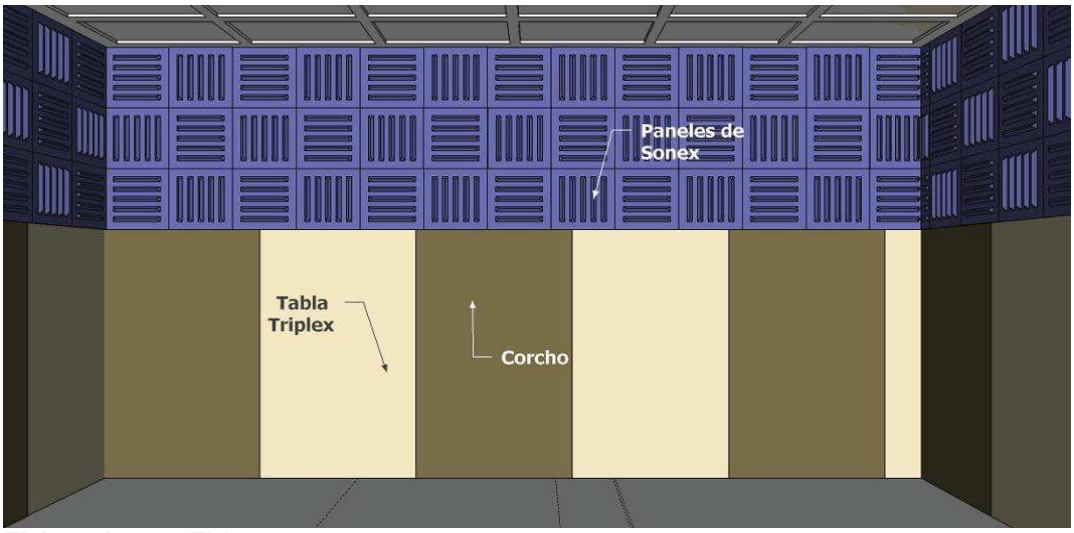
Dado que las paredes son la mayor área dentro del estudio, es donde más cantidad de materiales absorbentes se utilizará y estarán distribuidos de la siguiente manera:

Debido a que en los estudios de televisión, la rotación de equipo y utilería es continua, se recomienda que los materiales absorbentes colocados hasta 2,50 [m] de altura, sean rígidos y no tan costosos. Por esta razón, desde el piso hasta los 2,50 [m], se instalarán planchas de corcho alternadas con tabla triplex de 1 [cm] de espesor.

Por encima de estos materiales hasta llegar al cielo falso, se coloca espuma de poliuretano de 50 mm de ancho (Sonex).

En la siguiente figura se muestra la disposición de los materiales en una pared del estudio.

Figura 37 Ubicación de materiales absorbente en las paredes de estudio

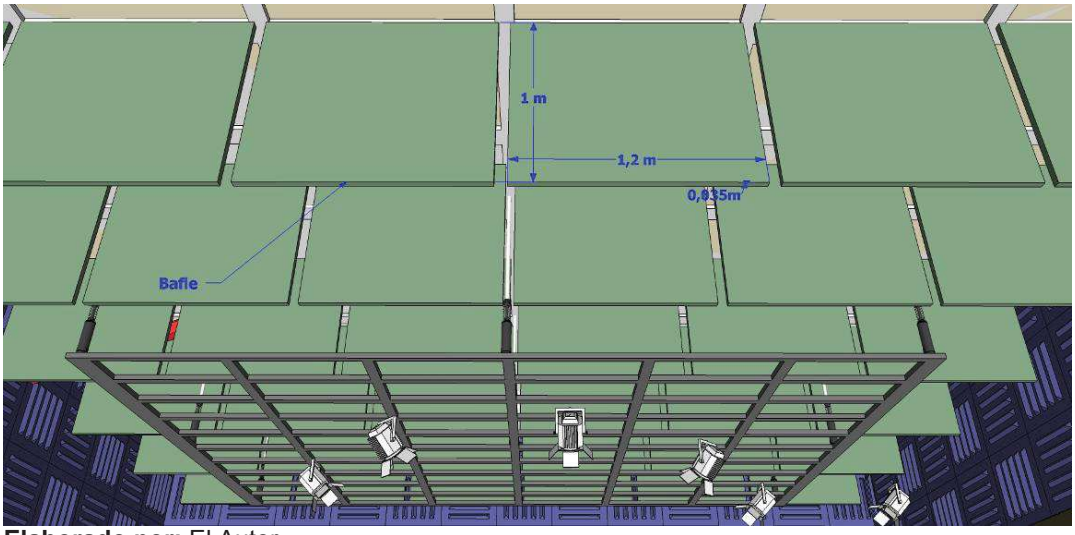


Elaborado por: El Autor

Acondicionamiento Techo

Este tipo de estudios necesitan tiempos de reverberación muy bajos para alcanzar una buena inteligibilidad de la palabra, para esto se aumentar la superficie del material absorbente, razón por la cual se van a utilizar 36 bafles de 1 [m] x 1,21 [m] x 0,035 [m], distribuidos homogéneamente por todo el cielo falso, como se muestra en la figura:

Figura 38 Ubicación y dimensiones de los bafles absorbentes en el techo



Elaborado por: El Autor

Acondicionamiento piso

Para evitar ruido al caminar o mover las cámaras, el piso estará recubierto con linóleo acústico de alta calidad y de color oscuro. Este material tiene la propiedad de ser elástico y por lo tanto amortigua los ruidos de impacto hasta en 14 [dB] según especificaciones del fabricante que se encuentran en el anexo 3.3.

4.1.4.2 MNV y Respuesta de Frecuencias

Para adecuar correctamente el estudio de TV se tiene que identificar en qué frecuencias hay problemas de modos normales que afectan a la respuesta en baja frecuencia de la sala.

Debido a que la geometría del set medido en el capítulo 3, cambia de volumen, los MNV y la respuesta de frecuencias también cambian, por lo que se hace la comparación de los valores medidos anteriormente, con los MNV calculados para la nueva geometría. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16 Comparación con los MNV calculados con el nuevo volumen

Puntos Medidos	Frecuencias [Hz]			
	MNV Medidos	Respuesta de Frecuencias	Calculados	Calculados Nuevo Volumen
Punto A	60 - 96 - 123 -150 - 196 - 253 - 285	59 - 95 - 123 - 150 - 196 - 255 - 278 - 373 -	45 - 55 - 68 - 84 - 94 - 124 - 128 - 132 - 136 - 142 - 158 - 248	39 - 44 - 58 - 62 - 73 - 76 - 78 - 81 - 87 - 98 - 109 - 118 - 126 - 136 - 197
Punto B	60 - 86 - 118 - 154 - 172 - 211 - 236	59 - 85 - 118 - 128 - 152 - 172 - 208 - 235 - 342		
Punto C	59 - 135 - 204 - 247 - 270 - 300	59 - 140 - 205 - 246 - 270 - 301		
Punto D	59 - 76 -150 - 166 - 198	60 - 114 - 150 - 165 - 195 - 309		

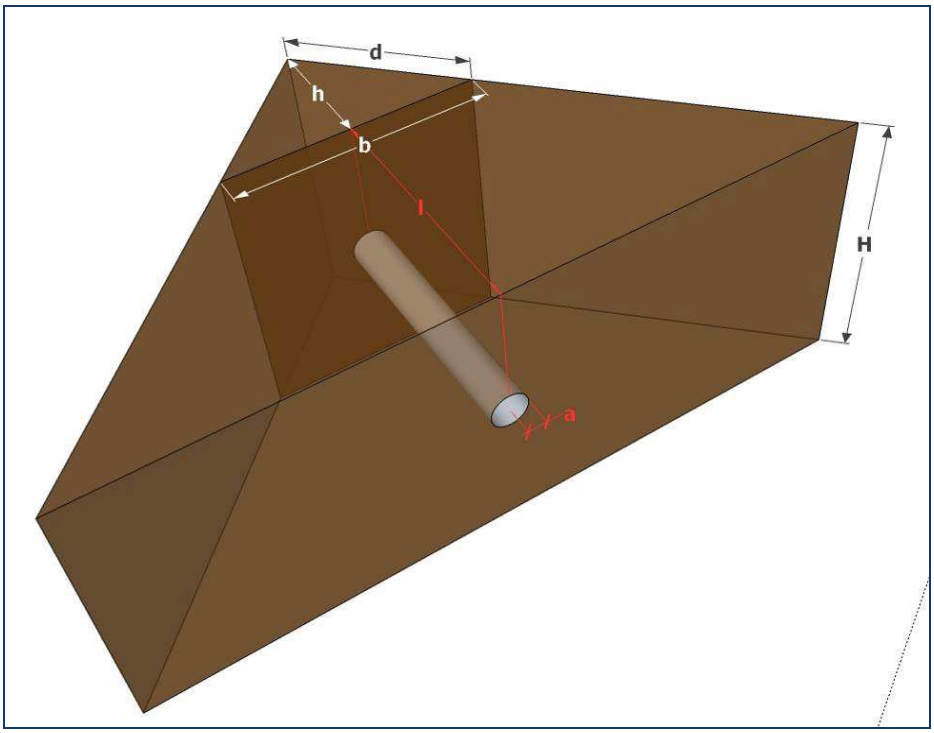
Elaborado por: El Autor

Como se puede observar en la tabla anterior, se mantienen las frecuencias con mayor problema, por lo que se va a diseñar resonadores de Helmholtz tipo mata-esquinas, para las frecuencias de 60 [Hz], 90 [Hz] y 150 [Hz], con lo que se reducirá el problema de MNV en las frecuencias problema y en sus armónicos.

Diseño de Resonadores de Helmholtz

Para el diseño de los resonadores de Helmholtz del estudio de TV, se utilizarán los que son en forma de prisma truncado o también llamados mata-esquinas, ya que estos se ubican en las esquinas donde hay más concentración de energía sonora, para esta ocasión se colocarán los resonadores en las esquinas de la parte posterior del ciclorama (que es una cortina de tela acústicamente transparente, que sirve para dar espacialidad visual para la cámara). Estos resonadores serán construidos para las frecuencias antes mencionadas, con las siguientes dimensiones:

Figura 39 Especificación de dimensiones del Resonador Prisma



Elaborado por: El Autor

Donde:

a: radio del cuello [m].
l: longitud del cuello [m].
H: altura total del resonador [m].
h: altura de la cavidad [m].
b: base de la cavidad [m].
d: lado de la cavidad [m].

Las dimensiones del resonador varían según la frecuencia para la cual se construya. Estos resonadores se caracterizan por ser muy selectivos, por lo que se les rellena de lana mineral en la cavidad que actúa como compliancia acústica, para extender el rango de frecuencias a afectar. Los cálculos de las dimensiones para cada resonador se encuentran en el anexo 1.2.3.

Dimensiones de resonadores para las frecuencias establecidas:

Tabla 17 Dimensiones de Resonador de Helmholtz

Resonadores de Helmholtz				
Frecuencia [Hz]		**150**	**90**	**60**
Dimensiones [cm]	a	1,5	3	5
	l	14	23,5	35
	H	11,61	23,5	35
	h	7	13,24	24,54
	b	14	23,5	35
	d	9,09	17,7	34,33

Elaborado por: El Autor

4.1.4.3 Inteligibilidad de la Palabra

Como se indicó anteriormente en el capítulo 4.1.3, donde se menciona que para obtener una inteligibilidad mayor al 85%, el tiempo de reverberación debe ser de 0,40 [s] a 0,60 [s] según frecuencias [8]. Para este propósito se va a sacar el nuevo T_{60} con el diseño de acondicionamiento propuesto.

Tabla 18 Coeficientes de absorción y área Total Sabine por bandas de octava

Frecuencia Hz													
125				250		500		1000		2000		4000	
MATERIALES	Si (m2)	αi	Ai	αi	Ai	αi	Ai	αi	Ai	αi	Ai	αi	Ai
Gypsum	69,26	0,29	20,08	0,10	6,93	0,05	3,46	0,40	27,70	0,07	4,85	0,09	6,23
Bafles de Lana de Vidrio y vinil de 0,60x1,20 x 0,035 m	86,40	0,57	49,25	0,79	68,26	0,77	66,53	0,90	77,76	0,71	61,34	0,47	40,61
Corcho	38,45	0,02	0,77	0,02	0,77	0,02	0,77	0,03	1,15	0,04	1,54	0,04	1,54
Tabla triplex de 1 cm	38,45	0,28	10,77	0,22	8,46	0,17	6,54	0,09	3,46	0,10	3,85	0,11	4,23
Espuma de poliuretano (Sonex) 50 mm	62,01	0,06	3,72	0,20	12,40	0,45	27,91	0,71	44,03	0,95	58,91	0,89	55,19
Madera 2,5 cm	6,45	0,19	1,23	0,16	1,03	0,13	0,84	0,10	0,65	0,06	0,39	0,06	0,39
Linoleo sobre cemento	69,26	0,03	2,08	0,03	2,08	0,03	2,08	0,04	2,77	0,04	2,77	0,04	2,77
α medio			0,24		0,27		0,29		0,43		0,36		0,30
AT Sabine			87,89		99,92		108,12		157,52		133,64		110,96

Elaborado por: El Autor

Tabla 19 T_{60} Sabine por bandas de octava

Frecuencia Hz						
125		250	500	1000	2000	4000
T60 Sabine	0,55	0,49	0,45	0,31	0,36	0,44

Elaborado por: El Autor

Las formulas utilizadas para llegar a estos valores se encuentran en el formulario.

Resultados %Alcons y STI

Para obtener los siguientes son los resultados de los indicadores % Alcons y STI se consideró que D > 3,16 Dc, los mismos que demuestran que el estudio de TV tiene una inteligibilidad de la palabra Buena, que es la necesaria en un estudio de TV.

Tabla 20 Resultados de los indicadores Alcons% y STI

	125	250	500	1000	2000	4000
Alcons %	4,95	4,41	4,05	2,79	3,24	3,96
Alcons %	3,90	Buena				

STI	0,70	Buena

Elaborado por: El Autor

Las formulas utilizadas para llegar a estos valores se encuentran en el formulario.

4.2 CADENA ELECTROACÚSTICA

Para la cadena electroacústica, se van a tomar en cuenta los equipos utilizados para “sonido directo” de comerciales de televisión.

Para este propósito se tiene que utilizar un sistema doble de registro audiovisual, esto significa que el video y el audio se almacenan por separado,

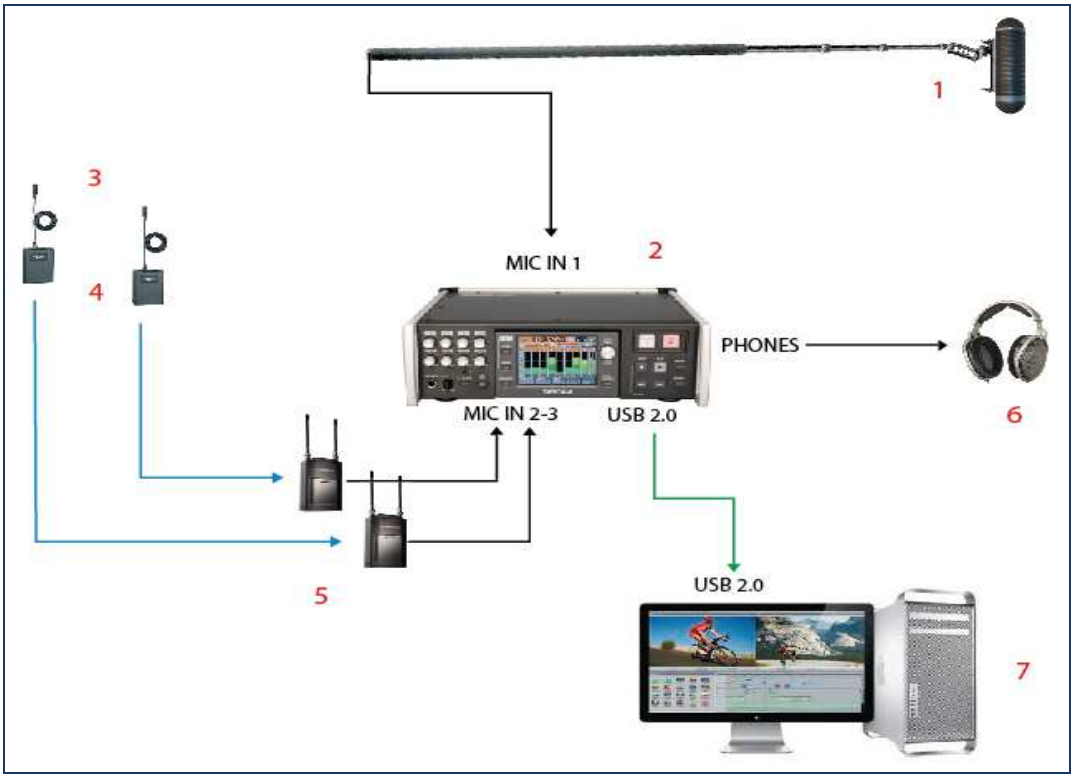
ya que las cámaras de cine o cámaras de fotografía (actualmente son las utilizadas en este medio por costo y calidad de imagen), no poseen micrófonos o si los tienen, son dispositivos de muy malas prestaciones, por lo que el sistema doble es la mejor alternativa.

En la gran mayoría de los casos, el diálogo es la fuente sonora de mayor importancia a ser captada, por lo que la cadena electroacústica se ajustará a estas necesidades.

Las conexiones utilizadas para esta cadena están representadas de la siguiente manera:

- Negras: conexiones análogas
- Azules: conexiones inalámbricas
- Verdes: conexiones digitales

Figura 40 Esquema de conexiones de cadena electroacústica para sonido directo



Elaborado por: El Autor

4.2.1 Dispositivos de la Cadena Electroacústica

1. Micrófono de condensador supercardioide.
2. Grabadora de Audio portátil.
3. Micrófonos corbateros.
4. Transmisores.
5. Receptores.
6. Audífonos.
7. Computador.

En los Anexos están las especificaciones técnicas de los dispositivos.

4.2.2 Sistemas de Microfonía y Micrófonos

4.2.2.1 Boom

El micrófono a utilizarse para esta cadena es el Sennheiser MKH50 de patrón polar supercardioide (direccional), ya que se requiere captar lo mejor posible el sonido que está en el eje de direccionalidad del micrófono.

4.2.2.2 Corbateros

Siempre se debe elegir a los corbateros como segunda opción. Para esta cadena electroacústica elegimos los Sennheiser TRAM TR50 de patrón omnidireccional con un sistema inalámbrico de la misma marca.

4.2.3 Grabadora Portátil

La grabadora elegida para este propósito es la TASCAM HS-P82 debido a sus buenas prestaciones. Sirve como mezcladora y de grabadora a la vez, ya que tiene 8 entradas pre-amplificadas con conectores XLR balanceados, con indicadores de señal individual de entrada y phantom power, además de grabar

en memorias flash, donde se puede almacenar 8 canales de hasta 96 [kHz] a 24 bit y 4 canales de hasta 192 [kHz] a 24-bit. También cuenta con salida para audífonos.

En resumen se puede decir que ahorra la utilización de una mezcladora y esto es una ventaja ya que el sonidista tiene que cargar todo el tiempo el equipo al momento de grabar.

4.2.4 Audífonos

Los audífonos son una herramienta importante en el sonido directo ya que es la única manera de monitorear la señal captada por los micrófonos. Por esta razón, los audífonos tienen que tener buenas prestaciones en el rango de respuesta de frecuencias audibles de 20 [Hz] a 20 [kHz]. Para la cadena se eligió los Sony MDR-Z1000.

4.2.5 Transferencia de Datos

La transferencia de datos se la realiza mediante un cable USB a un computador con sistema operativo MAC OSX, ya que esta es la plataforma más utilizada en el campo audiovisual, compatible con programas de edición de audio y video profesionales como el FINAL CUT PRO.

Esta transferencia tiene que ser constante en caso de no tener mucha memoria para almacenamiento, ya que las producciones pueden durar días seguidos con jornadas de hasta 12 horas de grabación continua.

4.2.6 Cables

Los cables sirven para llevar la señal y es de vital importancia que éstos sean los adecuados para transportar la señal balanceada por toda la cadena. A continuación la lista de cables que se utilizó en la cadena:

Tabla 21 Cables utilizados en la cadena electroacústica

Cable	Dispositivo Salida	Conector	Dispositivo Entrada	Conector	Cantidad	Largo [m]
Balanceado	Micrófono Sennheiser MKH 50	XLR - Hembra	Grabadora TASCAM HS-P82	XLR- Macho	2	8
Balanceado	Receptor de señal Shure	XLR - Hembra	Grabadora TASCAM HS-P82	XLR- Macho	4	0,5
Datos	Grabadora TASCAM HS-P82	USB 2.0	Computador MAC	USB 2.0	1	1

Elaborado por: El Autor

5 CAPÍTULO V. INVESTIGACIÓN DE MERCADOS

5.1 PRESUPUESTO

Mediante la investigación de precios en el mercado, se pudo hacer la siguiente cotización de materiales y equipo, que da como resultado el presupuesto de inversión inicial del proyecto, que tiene como objetivo, la implementación acústica (aislamiento y acondicionamiento) y electroacústica de un set de TV, para la creación de comerciales de televisión. El presupuesto contempla un 10% extra del total, para cubrir imprevistos, que siempre aparecen en el momento de la obra.

Tabla 22 Cotización de Set de TV

	Materiales	Unidades	Precio Unitario	Cantidad	Total
PAREDES	Paredes de ladrillo macizo de 15 [cm] de grosor	m^2	14	231,56	3241,83
	Enlucido interior	m^2	8	231,56	1852,48
	Estucado de pared para interiores	m^2	4,5	231,56	1042,02
	Pintura para interiores				
	Pared de bloque hueco de hormigón de 20 [cm] de grosor	m^2	12	81,07	972,86
	Pintura para exteriores súper corona satinada	m^2	4	223,2	892,8
	Estucado de pared para exteriores	m^2	8	223,2	1785,6
	Enlucido exteriores	m^2	6	223,2	1339,2
	Arena seca	m^3	12	1	12
	Lana mineral (1/2 pulgada)	m^2	3,5	575,52	2014,32
TECHO	Lana mineral (1/2 pulgada)	m^2	3,5	692,56	2423,96
	Planchas de gypsum	m^2	15	69,26	1038,84
	Estucado de techo	m^2	4,5	69,26	311,65
	Pintura de techo	m^2			
	Lana de roca 40 mm	m^2	10	153,99	1.539,86
	Chova impermeable para exteriores	m^2	16	153,99	2.463,78
PISO FLOTANTE	Lámina de Corcholón (polietileno) de 1/2 pulgada	m^2	15	69,26	1.038,84
	Lámina o plancha de fibrocemento de 1/2 pulgada	m^2	21,3	69,26	1.475,15
	Capa de 1/2 pulgada de Asfalto	m^3	14,8	69,26	1.024,99
	Chova impermeable para suelo	m^2	9	69,26	623,3
	Linóleo	m^3	30	69,26	2.077,68
MATERIALES ABSORBENTES	Fibra de vidrio de 35 mm	m^2	15,76	86,4	1.361,66
	Tela de vinil	m^2	16,8	172,8	2.903,04
	Plancha de tabla triplex	m^2	12,86	41,68	536
	Planchas de corcho 12mm	m^2	15	41,68	625,2
	Paneles de Sonex	m^2	18	62	1.116,00
PUERTAS	Madera de 2,5 cm	m^2	15	6,45	96,75
	Pads de caucho (tiras de caucho)	150 m	8	1	8
	Cierres automáticos hidráulico para puerta	U	200	2	400
	Marco	U	50	8	400
OTROS	Sistema de aire acondicionado	U	5000	1	5000
	Punto Polarizado 2x12+14	U	45	30	1350
	Cable de alto voltaje desde cometida	m	8	20	160
	Resonadores de 60, 90 y 150 [Hz]	U	40	6	240
DISPOSITIVOS ELECTROACÚSTICOS	Micrófono Sennheiser MKH 50	U	1.200	1	1.200,00
	Grabadora portátil TASCAM HS-P82	U	3.800	1	3.800,00
	Corbatero y sistema inalámbrico Sennheiser EW 100 G3 Series Dual Deluxe	U	1.957	1	1.957,00
	Audífonos Sony MDR-Z1000	U	500	1	500
	Caña K-Tek K102CCR	U	575	1	575
	Anti viento y montura para Sennheiser MKH 50	U	1	780	780
	Cables XLR	U	10	3	30
Total USD					50.209,81
10% de imprevistos					5.020,98
Precio Final USD					55.230,79

Elaborado por: El Autor

5.2 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis de costo beneficio está basado en precios reales de estudios que se alquilan en la ciudad de Quito. Para esto tenemos que sumar un monto extra de ciclorama, parrilla de luces y set básico de iluminación para pequeñas producciones, ya que sin estos elementos sería imposible competir con los demás estudios de la ciudad, debido a que son indispensables para cualquier producción las contemplamos en la siguiente tabla.

Tabla 23 Cotización de materiales y dispositivos extras

Unidades		Precio Unitario	Cantidad	Total
Estructura de 3 rieles para tela de ciclorama	U	200,00	1	200,00
Tela acústicamente invisible	m2	6,00	150	900,00
Parrilla para luces Manfrotto Pro Studio Rail System	U	2.092,95	1	2.092,95
Set básico de Luces Arri H-3 Hybrid AC Kit	U	4.089,95	1	4.089,00
			Precio Final	7.281,95

Elaborado por: El Autor

El presupuesto final para abrir el estudio de TV sería de 36.731,44 dólares de inversión inicial del negocio, donde los gastos fijos son agua, luz, teléfono y dos personas, una encargada de cuidar los equipos y el lugar, y la otra persona de microfonista, en caso de requerir el servicio de sonido directo.

Se estima que mensualmente se realizan alrededor de 60 producciones en estudios, dentro la ciudad de Quito y existen alrededor de 10 sets de TV, como se mencionó en la introducción, de los cuales ninguno tiene tratamiento acústico según lo investigado, por lo que, entrar en el mercado no sería un factor difícil, ya que se puede ofrecer un mejor servicio. El costo estimado por día de alquiler del set es de 700 dólares (8 horas de trabajo), y el día de sonido directo con operador, está alrededor de 150 dólares.

Si se asume que el estudio será contratado con un máximo de 4 producciones al mes, alrededor de 9 días (cada producción es aproximadamente de 2 a 3 días). Sin contar que también se podrían dar otros servicios como caterin y alquiler de equipos.

La relación de costos beneficio es de 1,33 que significa que por cada dólar invertido se gana 33 centavos en el primer año, donde se estima recuperar la inversión inicial en 16 meses. Esto demuestra que el proyecto de un set de TV si es viable y rentable aun operando sólo 9 días al mes.

Para el análisis costo beneficios se tomó en cuenta los factores que observamos en la siguiente tabla:

Tabla 24 Análisis costo beneficios de Set de TV.

Costos (Anual)		Beneficios (Anual)	
Inversión	36.731,44	Ingresos Set	75.600,00
Empleados	10.080,00	Sonido directo	14.400,00
Servicios	8.400,00		
Costos Totales	55.211,44	Beneficios Totales	90.000,00

Elaborado por: El Autor

6 CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 RECOMENDACIONES

6.1.1 Planificación Futura

En el caso de llegar a tener, además de comerciales, programas de TV, se puede planificar la construcción de dos salas satélites, las cuales facilitan la realización de este tipo de producciones. Estas son:

- Sala de Control de Televisión y Sonido.
- Sala de Postproducción.

Cada una de estas debe estar acondicionada y aislada acústicamente según la funcionalidad de las mismas.

6.1.2 Parrilla de Luces y Fases

Para un Set de TV la parrilla de luces es esencial, ya que es una de las principales cualidades de estos estudios, el tener la posibilidad del control de la luz. La parrilla es una estructura de aluminio con puntos por toda ella, para conexión y suspensión de la iluminaria. Ubicada a 3 [m] mínimo sobre el nivel del suelo, debe contar con 4 fases, (2 fases de 220 [V] y las otras 2 de 110 [V]), Esto obedece a que las luces que se utilizan para TV, tienen potencias muy elevadas y trabajan a 220 [V] y 110 [V]. Se recomienda instalar la parrilla de luces, como se indicó en la figura 28 del capítulo 4.1.2.1.

6.1.3 Iluminación

Es imprescindible que un estudio tenga un set básico de luces, para hacer una iluminación del triángulo básico de iluminación para esto se puede contar con 4 luces, una principal, una de relleno, una luz de fondo y una luz detrás.

6.1.4 Ciclorama

Según el tipo de producción se requieren diferentes colores de ciclorama por lo que se recomienda que el ciclorama sea de tela acústicamente transparente, y colocada en el techo con un riel que pueda transportar un mínimo de 3 cortinas de diferentes colores, que por lo general son negras, blancas y verdes.

6.1.5 Aire Acondicionado

El aire acondicionado en el estudio de TV es obligatorio, ya que las luces usadas para comerciales, producen mucho calor debido a las altas potencias con las que trabajan.

El diseño de aire acondicionado dentro del estudio de TV debe ser muy cuidadoso, para que el ruido de fondo dentro del lugar no aumente y debido a eso se tiene que controlar la velocidad máxima que el aire circulará dentro de los conductos. En la siguiente tabla se indicará los valores máximos que puede circular el aire en un estudio de TV:

Tabla 25 Valor máximo de la velocidad en los conductos [m/s] para un estudio de TV

Tipo de Zona	Colectores principales	Conducto sobre pasillos	Encima de los techos sobre los Estudios	Suministro de aire	Retorno de aire
				Entrada a la rejilla	Salida de rejilla
Estudios	11,7	7,11	5,58	3,55	1,77

Fuente: RECUERO, Manuel, “Acústica de Estudios para Grabación Sonora”.

También se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Determinación adecuada de las cargas caloríficas para minimizar el volumen de aire necesario.

- Minimizar el fenómeno de la turbulencia de aire, particularmente a bajas frecuencias, prestando una atenuación especial a los principios adecuados de flujos de aire.

- Obtención de una diferencia de temperatura de alrededor de -6,67°C (temperatura del aire ambiente menos temperatura de entrada del aire), para conseguir una calidad de aire aceptable. (Beranek, 1993)

6.2 CONCLUSIONES

Debido a la forma rectangular de estos estudios, las longitudes de los mismos tienen que obedecer a dimensiones recomendadas por Recuero, para estudios de TV, donde según el volumen del recinto se escogió de “estudios medios” de entrevistas para así poder distribuir de manera adecuada los MNV dentro del recinto.

Para lograr una mejor distribución del espacio en largo y ancho del hangar, es necesario tener alturas mayores a 5 [m] y así obtener un estudio más grande y de mayor uso en producciones medias y grandes, debido a que según el cuadro de dimensiones recomendadas para estudios de TV la altura puede variar desde 5 [m] hasta 15[m] de altura de un estudio dependiendo el tipo de estudio deseado.

El aislamiento propuesto para el set de TV cumple con la curva NC 20 que es para estudios de TV.

Además de cumplir con la curva NC20, los valores de TL de las particiones son mucho mayores a los necesitados en la práctica, ya que se contempla un crecimiento poblacional en la zona, y por ende, el incremento del ruido de fondo.

Para el acondicionamiento acústico del set, se tomó en cuenta, las recomendaciones de Recuero en “Acústica de Estudios para Grabación

Sonora”, y Marshall Long en “Architectural Acoustics”, donde indican que un set de TV tiene que ser seco acústicamente hablando, con mucho material absorbente en todas sus superficies y resonadores de Helmholtz en caso de tener problemas en frecuencias bajas.

Como se calculó un nuevamente los MNV para el nuevo volumen que representa en set, se hizo una tabla comparativa donde se vio que la mayoría de frecuencias que había problemas de MNV por medición y cálculo coincidían, por lo que decidió hacer los 3 resonadores para las frecuencias de 60 [Hz], 90[Hz] y 150[Hz].

Ya que no es posible decir cuantos resonadores se tienen que colocar en el recinto, ni tampoco existe un software que simule, esto significa que en el momento de la implementación de los resonadores dentro de la sala adecuada se tienen que colocar los resonadores hasta que los problemas en la respuesta de frecuencias desaparezcan.

El lugar perfecto para la posición de los resonadores de prisma truncado, en las esquinas ubicadas en la parte posterior del ciclorama donde no afectaran en nada la vista y además se sitúa lejos de los equipos pesados y humano que pueden dañar los mismos.

Para alcanzar el T_{60} requerido se implementaron bafles absorbentes en el techo, con esto la superficie de absorción total del estudio se incremento en 86,40 [m^2], con esto los T60 por banda de octava.

Para la inteligibilidad de la palabra se utilizó tres criterios el primero el criterio de Recuero para estudios de TV descrito anteriormente donde los T_{60} por banda de octava debían estar de 0,40 a 0,60 segundos para tener un 85% de inteligibilidad; con el acondicionamiento propuesto los tiempos de reverberación calculados para bandas de octava están entre estos valores con excepción de la banda de 1 [kHz] que esta en 0,31 segundos. El segundo el indicador %

Alcons con un resultado de 3,90 que está dentro del rango de inteligibilidad buena al igual que el indicador STI que dio como resultado 0,70.

REFERENCIAS

Libros.

1. BERANEK, Leo, *Acoustics*, Edición 1993.
2. CARREÑO, Yolanda, Apuntes de *AcústicaArquitectónica*.
3. CARRIÓN, Antoni, *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*, Primera Edición, Edición de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 1998.
4. EVEREST, Alton, *The Master Handbook of Acoustics*, McGraw-Hill, 2001.
5. HARRIS, Cyril, *Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido*, Vol. I y II, McGraw Hill, Tercera edición, Madrid – España.
6. LONG, Marshall, *Architectural Acoustics*, 2006.
7. MIYARA, Federico, *Control de Ruido*, ASOLOFAL, 2000.
8. RECUERO, *Manuel, Acústica de Estudios para Grabación Sonora*, Instituto Oficial de Radiotelevisión Española, 1993.
9. SOMMERHOFF, Jorge, *Acústica de Locales*, 2005.

Documentos de internet:

10. http://fbasonido1.blogspot.com/2011/05/apuntes, *Cadena Electroacústica*
11. http://www.bhphotovideo.com
12. http://www.chova.com
13. http://www.cybercollege.com/span/tvp_sind.htm, *Producción de TV.*
14. http://www.grupokane.com.ar/index.php?view=article&catid=44%3Acatmaster&d=122%3Aartmastersonido&option=com_content&Itemid=59
15. http://www.spectraplus.com

GLOSARIO

Amplitud.- Valor máximo de una cantidad sinusoidal.

Armónico.- Un componente sinusoidal, cuya frecuencia sea un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

Banda.- Un segmento del espectro de frecuencia.

Decibel.- Unidad que expresa la relación entre dos potencias ya sean eléctricas o acústicas; es diez veces el logaritmo de base 10 de su relación numérica. El símbolo es [dB].

Direccional (Micrófono).- Ángulo de sensibilidad de un micrófono con respecto a su eje.

Espectro de Frecuencias.- Es una representación gráfica de las energía sonora de las frecuencias.

Frecuencia.- El número de veces que se repite un proceso periódico por un segundo.

Frente de Onda.- En una onda progresiva en el espacio, es una superficie continua en que la fase es la misma para un instante determinado.

Longitud de Onda.- es la distancia que recorre la onda hasta completar un ciclo. Su símbolo es λ.

Onda.- Perturbación que se propaga en un fluido.

Período.- Tiempo que se tarda, en volver a la posición inicial.

Resonancia.- Es el fenómeno que se produce cuando coincide una frecuencia propia de un sistema con una frecuencia de excitación externa.

Sonido.- Alteración física en un medio elástico (aire, paredes), que puede ser captada por el oído humano.

Vibración.- Oscilación de un sistema mecánico que en ocasiones produce sonido.

ANEXOS

ANEXO 1

1.1. Resultados de mediciones por punto

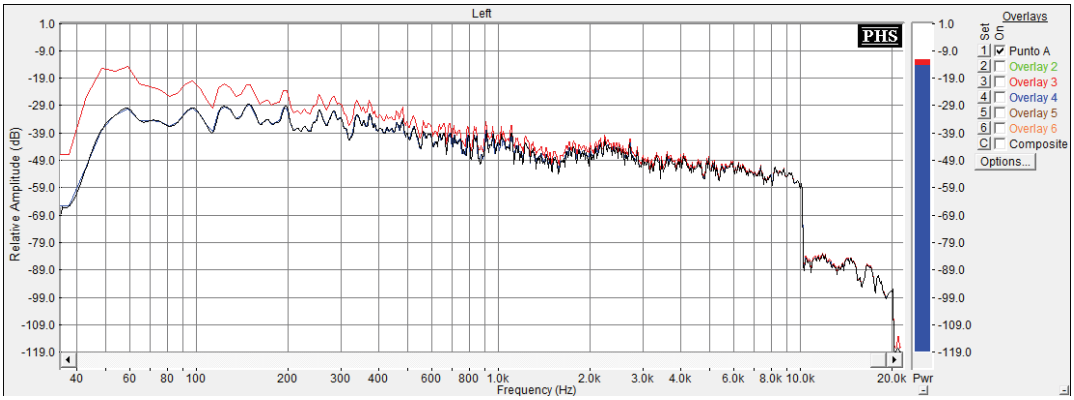
1.1.1 Medición de MNV

A continuación se muestran los resultados obtenidos al medir los MNV con el programa Spectra Plus.

Punto A

Peak 150,73[Hz]

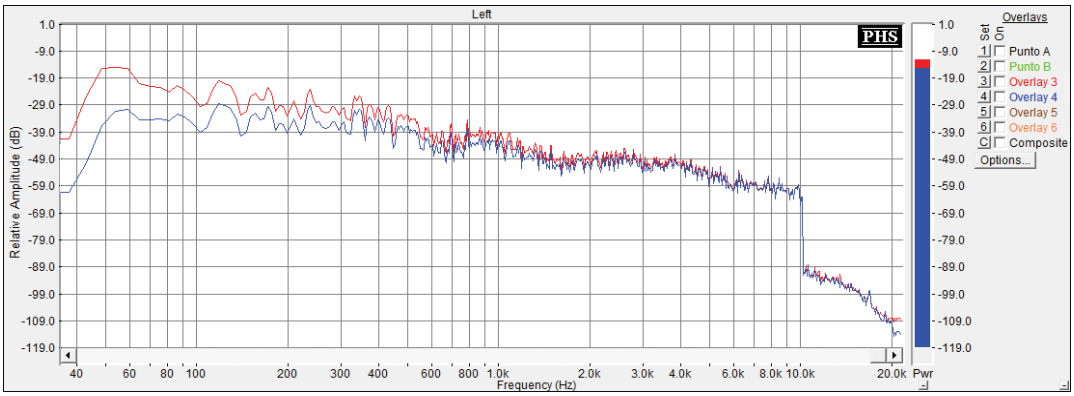
Figura A.1 Medición MNV Punto A.



Punto B

Peak 118,43[Hz]

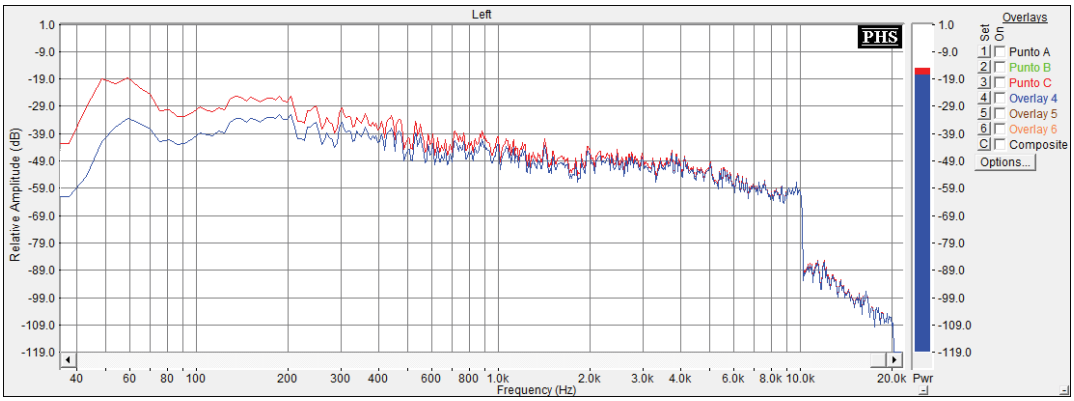
Figura A.2 Medición MNV Punto B.



Punto C

Peak 204,57[Hz]

Figura A.3 Medición MNV Punto C.



Punto D

Peak 166,88 [Hz]

Figura A.4 Medición MNV Punto D.

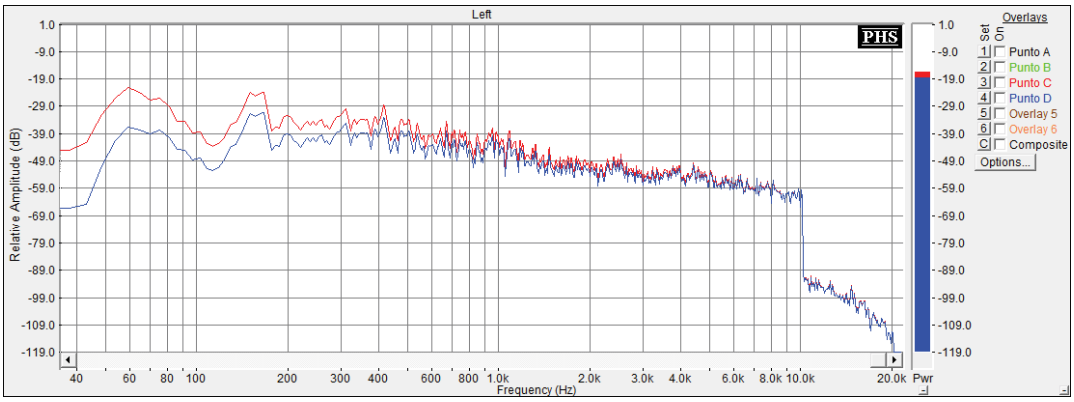
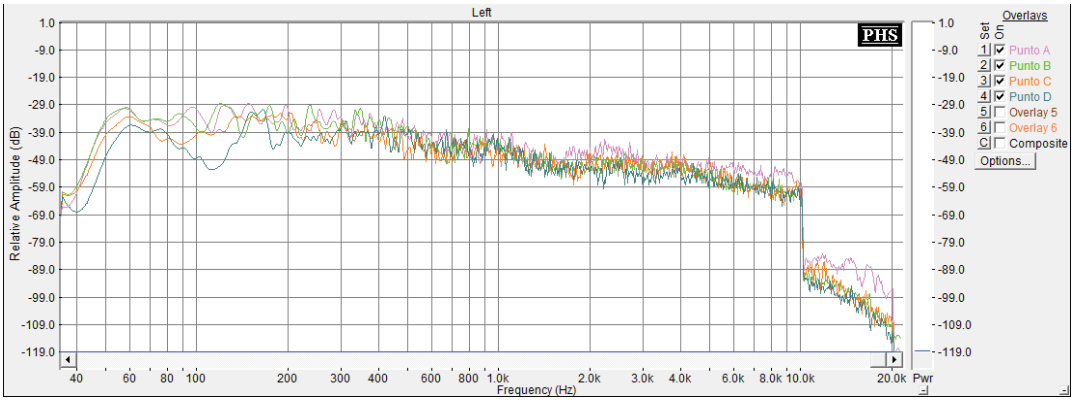


Gráfico de MNV

Figura A.5 Superposición MNV puntos A, B, C y D.

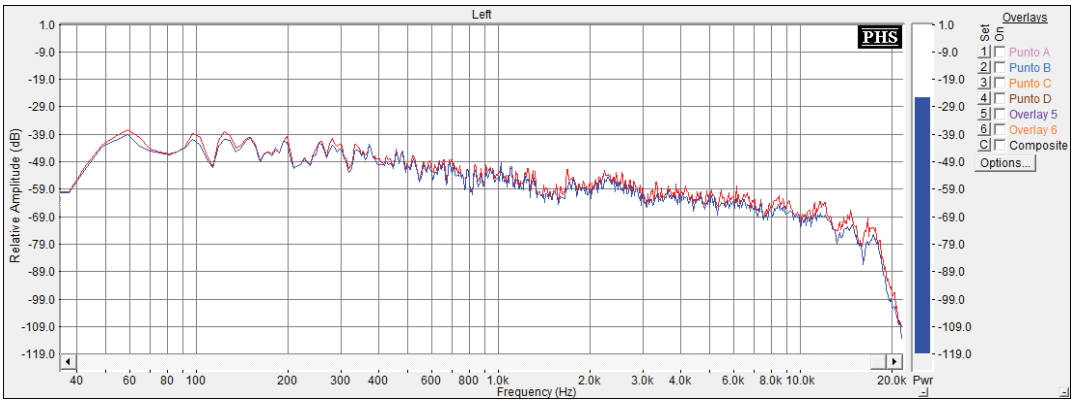


1.1.2 Mediciones de Respuesta de Frecuencias

Punto A (2)

Peak 59,22[Hz]

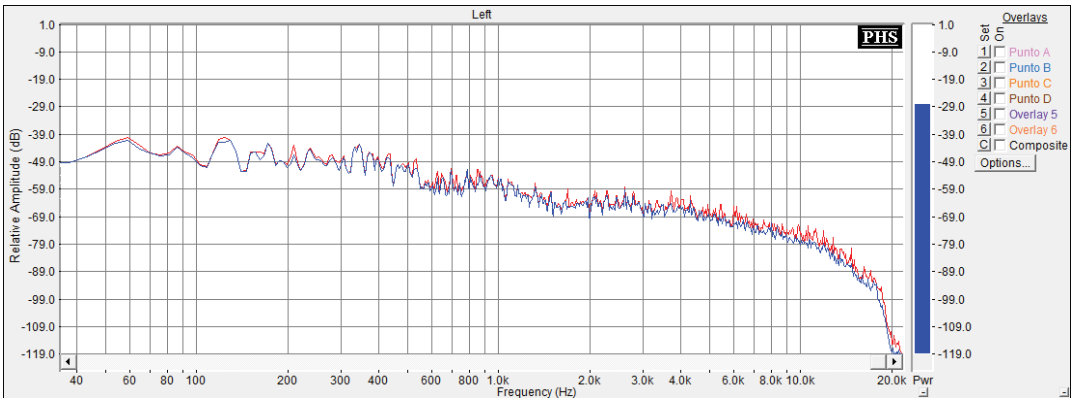
Figura A.6 Medición R.F. Punto A.



Punto B (1)

Peak 59,22 [Hz]

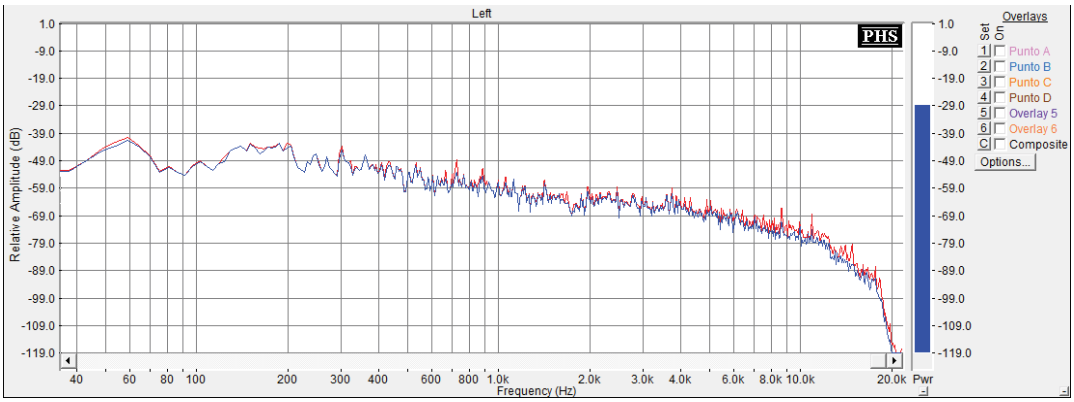
Figura A.7 Medición R.F. Punto B.



Punto C

Peak 59,22 [Hz]

Figura A.8 Medición R.F. Punto C.



Punto D

Peak 150,73 [Hz]

Figura A.9 Medición R.F. Punto D.

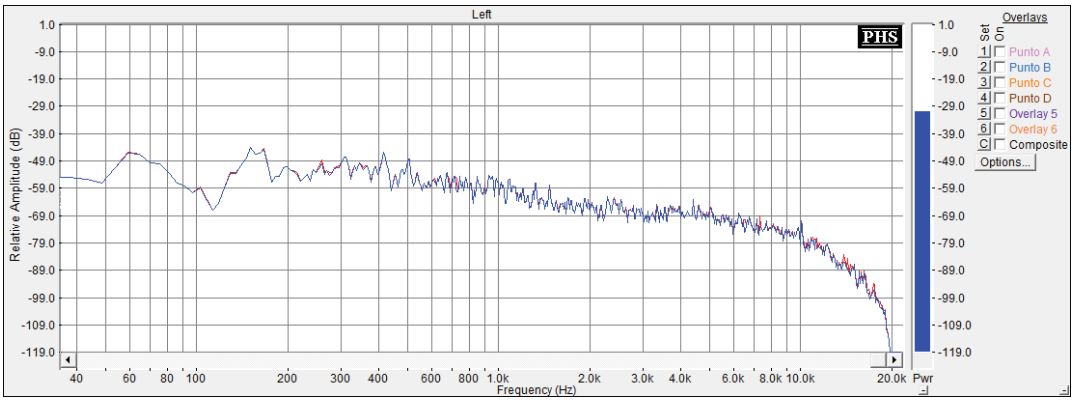
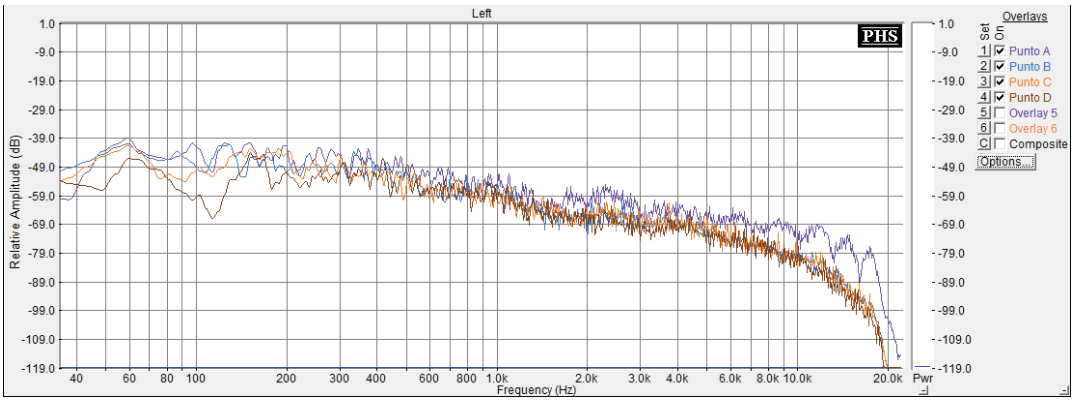


Gráfico de Respuesta de Frecuencias

Figura A.10 Superposición R.F. puntos A, B, C y D.

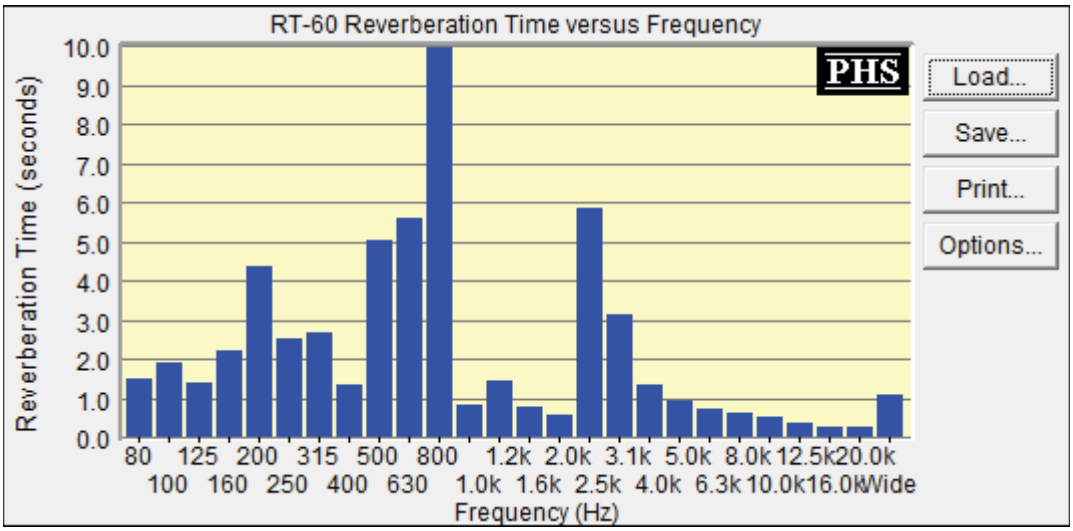


1.1.3 Mediciones de T_{60}

Punto A

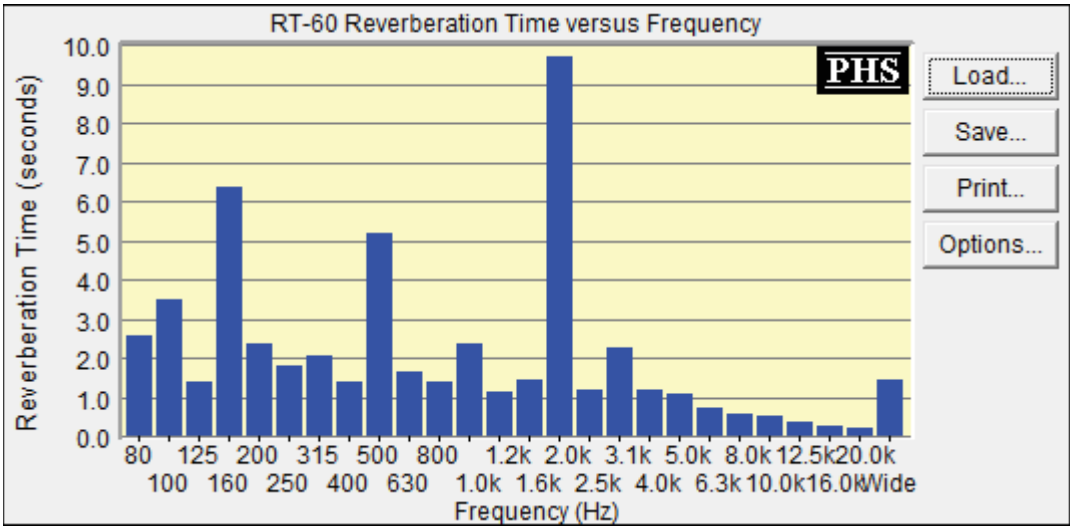
Punto A Medición 1

Figura A.11 Primera medición de T_{60} punto A.



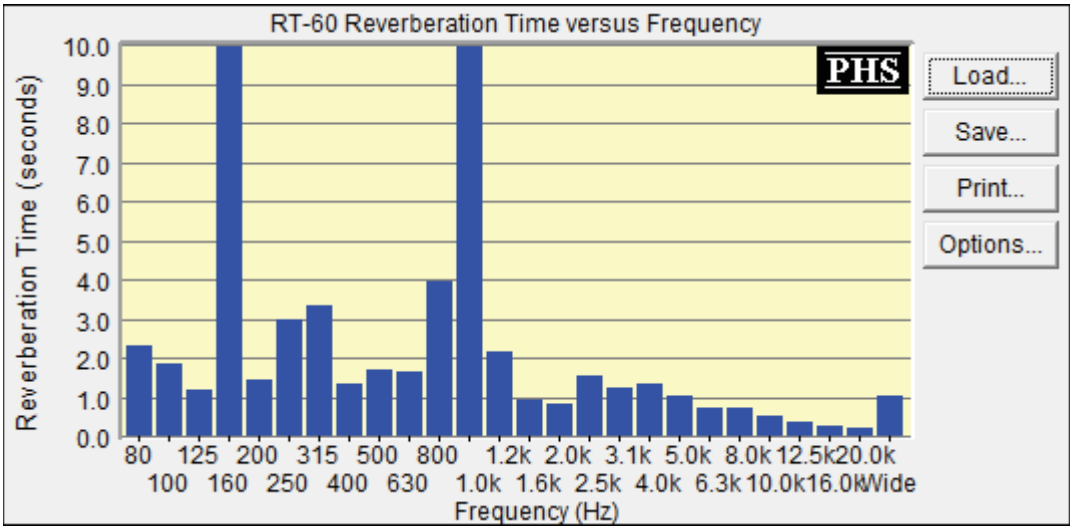
Punto A medición 2

Figura A.12 Segunda medición de T_{60} punto A.



Punto A medicion 3

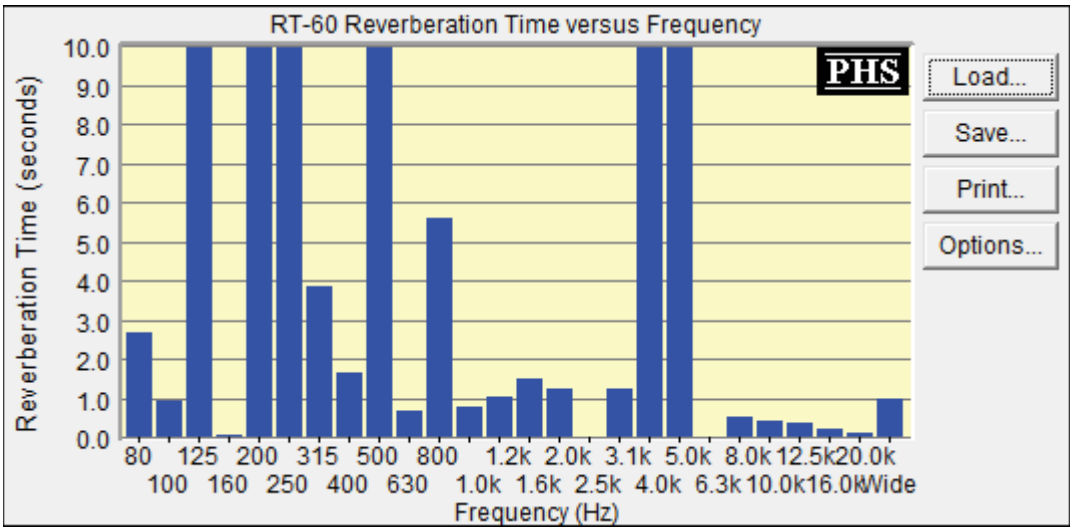
Figura A.13 Tercera medición de T_{60} punto A.



PUNTO B

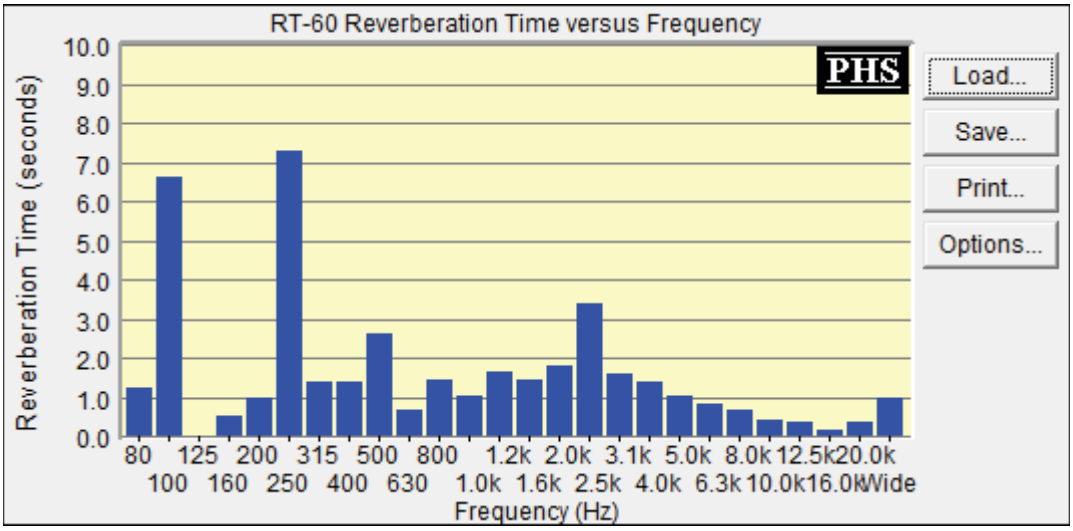
Punto B medición 1

Figura A.14 Primera medición de T_{60} punto B.



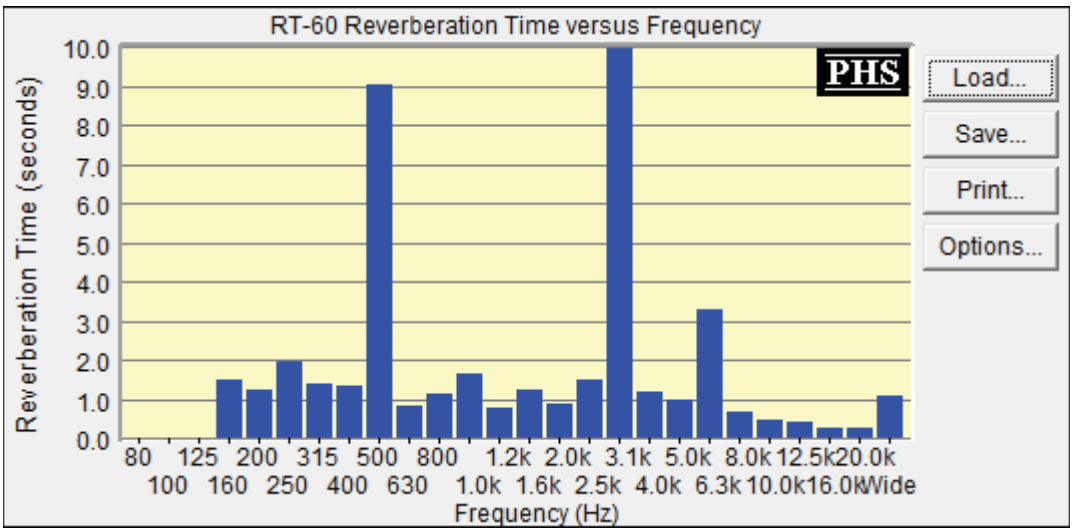
Punto B medición 2

Figura A.15 Segunda medición de T_{60} punto B.



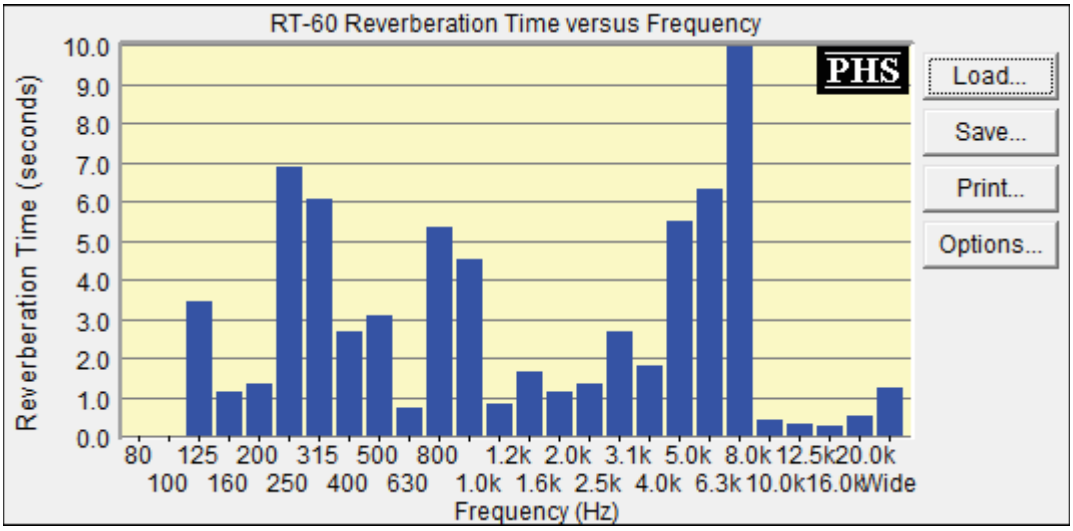
Punto B medición 3

Figura A.16 Tercera medición de T_{60} punto B.



Punto B medición 4

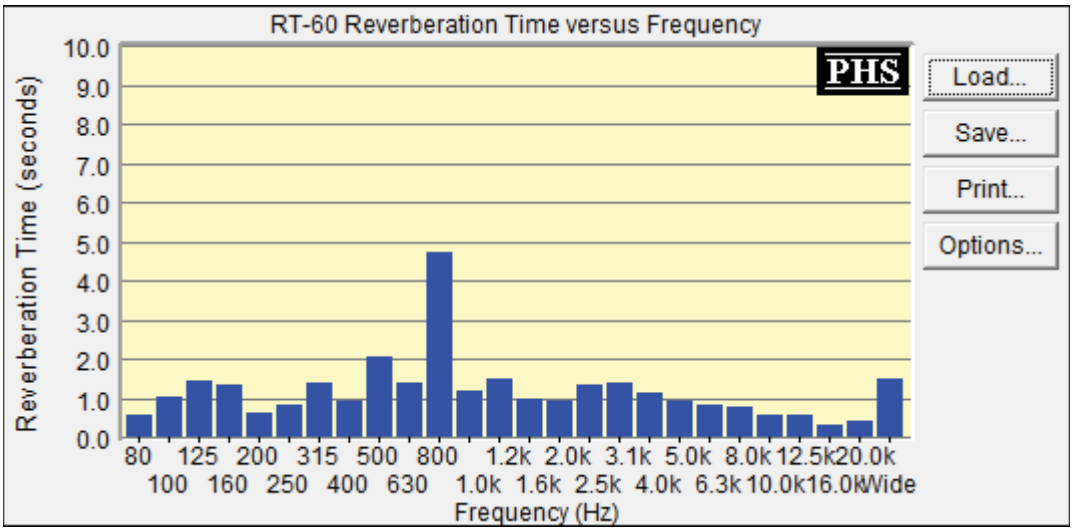
Figura A.17 Cuarta medición de T_{60} punto B.



PUNTO C

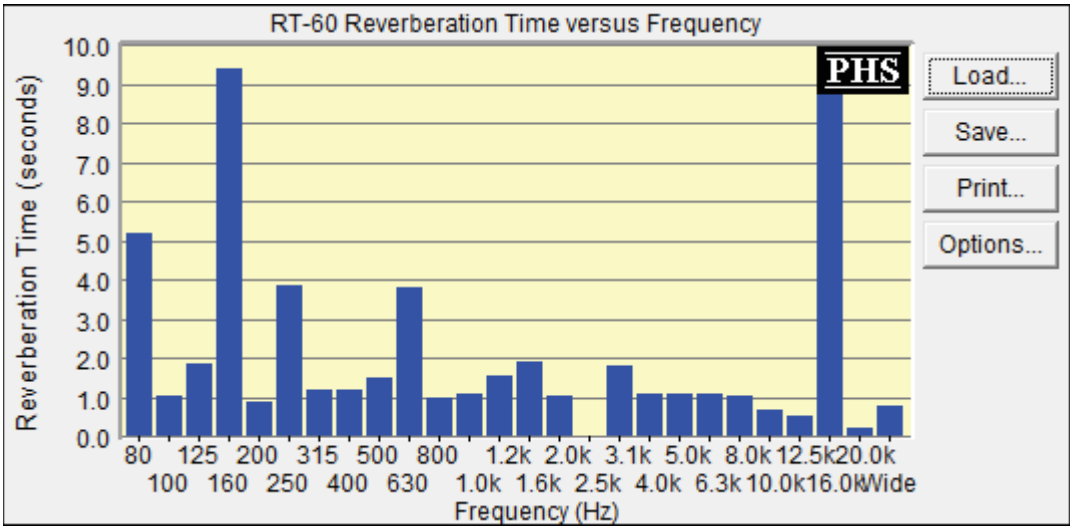
Punto C Medición 1

Figura A.18 Primera medición de T_{60} punto C.



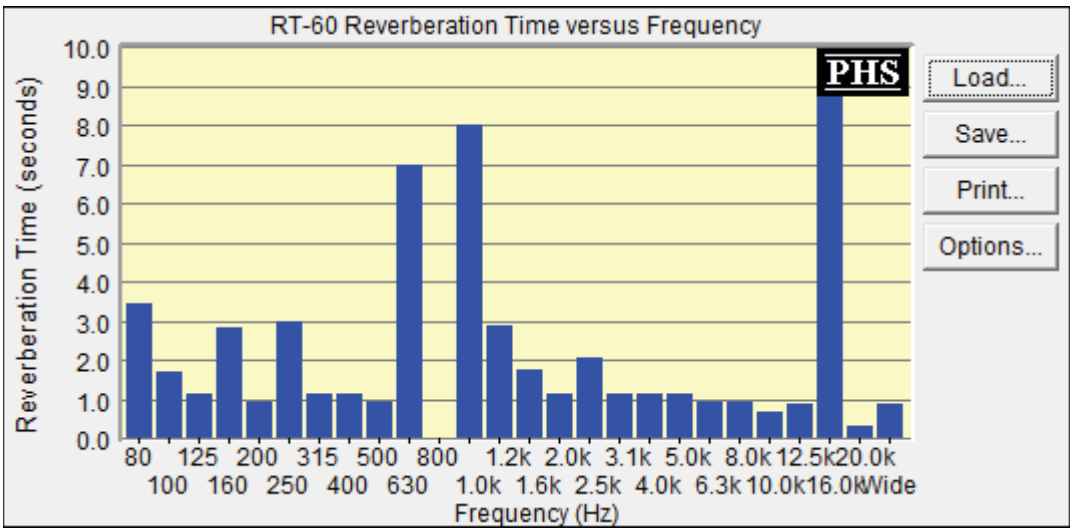
Punto C Medición 2

Figura A.19 Segunda medición de T_{60} punto C.



Punto C Medición 3

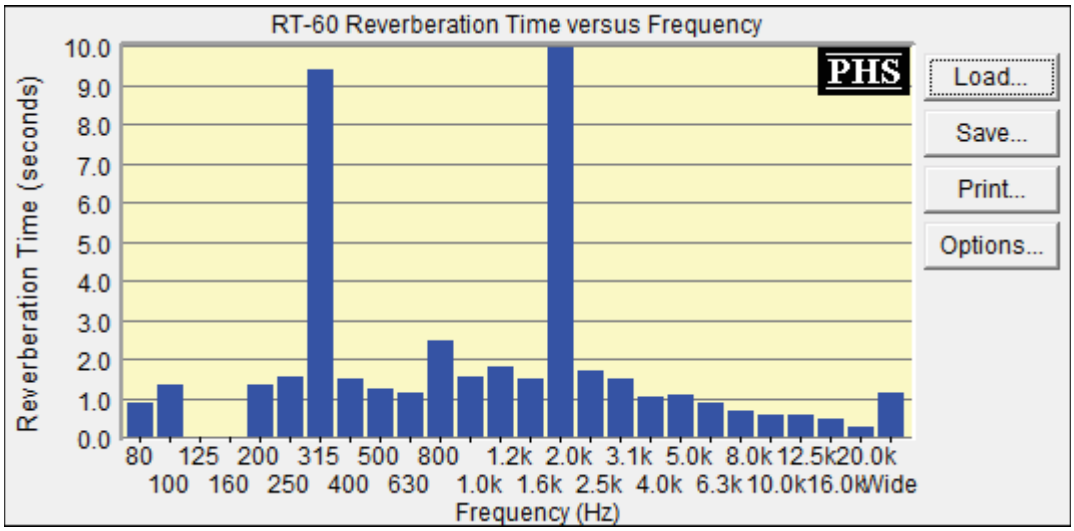
Figura A.20 Tercera medición de T_{60} punto C.



Punto D

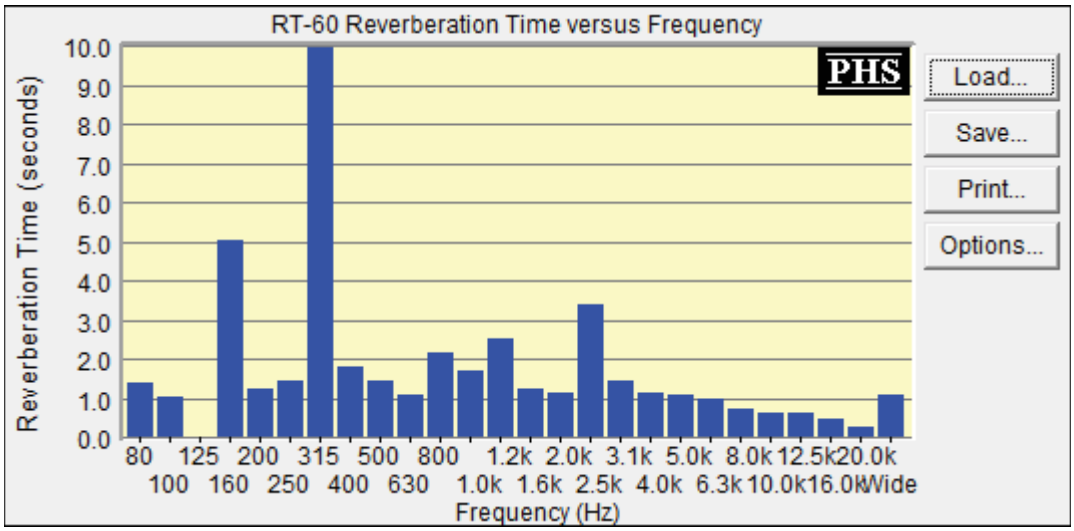
Punto D Medición 1

Figura A.21 Primera medición de T_{60} punto D.



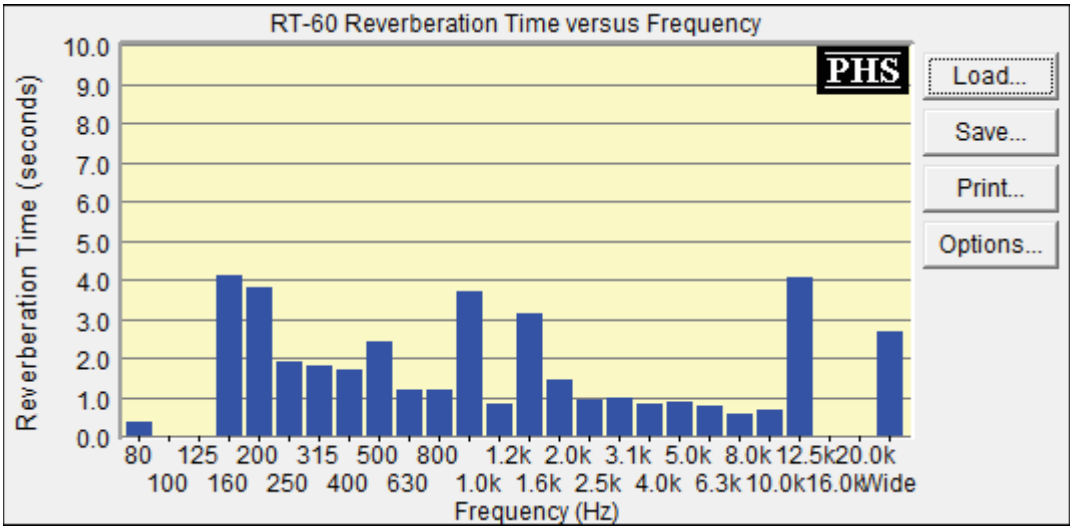
Punto D Medición 2

Figura A.22 Segunda medición de T_{60} punto D.



Punto D Medición 3

Figura A.23 Tercera medición de T_{60} punto D.



ANEXO B

2.1. Cálculos realizados en el diseño del Set de TV

2.1.1. Calculo de MNV

Las siguientes tablas de MNV fueron calculadas con la formula especificada en el marco teórico capitulo 2, se hizo dos cálculos de MNV uno para el hangar sin acondicionamiento y el otro para el Set de Tv con las medidas definitivas.

Tabla B.1 Dimensiones del hangar.

Dimensiones	[m]
Largo	11,9
Ancho	9,7
Altura	4,15

Tabla B.2 Cálculo de MNV del hangar.

Nx	Ny	Nz	Hz
0	1	0	17,73
0	0	1	41,45
0	1	1	45,08
0	2	0	35,46
0	0	2	82,89
0	2	2	90,16
0	1	2	84,77
0	2	1	54,55
0	3	0	53,20
0	0	3	124,34
0	0	3	124,34
0	1	3	125,60
0	3	1	67,44
0	3	2	98,49
0	3	3	135,24
0	2	3	129,30
1	0	0	14,45
1	0	1	43,89
1	1	0	22,88
1	1	1	47,34
1	2	0	38,30
1	0	2	84,14
1	2	1	56,43
1	1	2	85,99
1	3	0	55,12
1	0	3	125,17
1	3	1	68,97
1	1	3	126,42
1	3	2	99,55
1	2	3	130,10
1	3	3	136,01
2	0	0	28,91
2	0	2	87,79
2	2	0	45,75

2	2	2	94,68
2	1	0	33,91
2	0	1	50,53
2	1	1	53,55
2	3	1	73,37
2	1	3	128,88
2	3	2	102,65
2	2	3	132,49
2	3	3	138,29
2	0	3	127,65
2	3	0	60,54
2	3	1	73,37
2	1	3	128,88
3	0	0	43,36
3	0	3	131,68
3	3	0	68,63
3	3	3	142,02
3	1	0	46,85
3	0	1	59,98
3	1	1	62,55
3	2	1	69,68
3	1	2	95,21
3	2	2	100,04
3	3	1	80,17
3	1	3	132,87
3	3	2	107,62
3	2	3	136,37
3	2	0	56,02
3	0	2	93,55
4	0	0	57,82
0	4	0	70,93
0	0	4	165,78
5	0	0	72,27
0	5	0	88,66
0	0	5	207,23
6	0	0	86,72
0	6	0	106,39
0	0	6	248,67
7	0	0	101,18
0	7	0	124,12
0	0	7	290,12
8	0	0	115,63
0	8	0	141,86
0	0	8	331,57
9	0	0	130,08
0	9	0	159,59
0	0	9	373,01
10	0	0	144,54
0	10	0	177,32
11	0	0	158,99
0	11	0	195,05
0	0	11	455,90
12	0	0	173,45
0	12	0	212,78
0	0	12	497,35
13	0	0	187,90
0	13	0	230,52
0	0	13	538,80
14	0	0	202,35
0	14	0	248,25
0	0	14	580,24

Tabla B.3 Dimensiones del set de TV.

Dimensiones	[m]
Largo	8,8
Ancho	7,87
Altura	4,36

Tabla B.4 Cálculo de MNV del set de TV.

Nx	Ny	Nz	Hz
0	1	0	21,86
0	0	1	39,45
0	1	1	45,10
0	2	0	43,71
0	0	2	78,90
0	2	2	90,20
0	1	2	81,87
0	2	1	58,88
0	3	0	65,57
0	0	3	118,35
0	0	3	118,35
0	1	3	120,35
0	3	1	76,52
0	3	2	102,59
0	3	3	135,30
0	2	3	126,16
1	0	0	19,55
1	0	1	44,03
1	1	0	29,32
1	1	1	49,15
1	2	0	47,88
1	0	2	81,28
1	2	1	62,04
1	1	2	84,17
1	3	0	68,42
1	0	3	119,95
1	3	1	78,98
1	1	3	121,93
1	3	2	104,43
1	2	3	127,67
1	3	3	136,70
2	0	0	39,09
2	0	2	88,05
2	2	0	58,64
2	2	2	98,30
2	1	0	44,79
2	0	1	55,54
2	1	1	59,68
2	3	1	85,93
2	1	3	126,54
2	3	2	109,78
2	2	3	132,08
2	3	3	140,83
2	0	3	124,64
2	3	0	76,33
2	3	1	85,93
2	1	3	126,54
3	0	0	58,64
3	0	3	132,08
3	3	0	87,96
3	3	3	147,46
3	1	0	62,58
3	0	1	70,67
3	1	1	73,97

3	2	1	83,10
3	1	2	100,70
3	2	2	107,58
3	3	1	96,40
3	1	3	133,87
3	3	2	118,16
3	2	3	139,12
3	2	0	73,14
3	0	2	98,30
4	0	0	78,18
0	4	0	87,42
0	0	4	157,80
5	0	0	97,73
0	5	0	109,28
0	0	5	197,25
6	0	0	117,27
0	6	0	131,13
0	0	6	236,70
7	0	0	136,82
0	7	0	152,99
0	0	7	276,15
8	0	0	156,36
0	8	0	174,84
0	0	8	315,60
9	0	0	175,91
0	9	0	196,70
0	0	9	355,05
10	0	0	195,45
0	10	0	218,55
11	0	0	215,00
0	11	0	240,41
0	0	11	433,94
12	0	0	234,55
0	12	0	262,26
0	0	12	473,39
13	0	0	254,09
0	13	0	284,12
0	0	13	512,84
14	0	0	273,64
0	14	0	305,97
0	0	14	552,29

2.1.2. Cálculo de STC y TL

Las siguientes figuras y tablas fueron entregadas por el software INSUL, donde entrega resultados de STC y TL por banda de octava.

Figura B.1 Cálculo de TL y STC de partición A

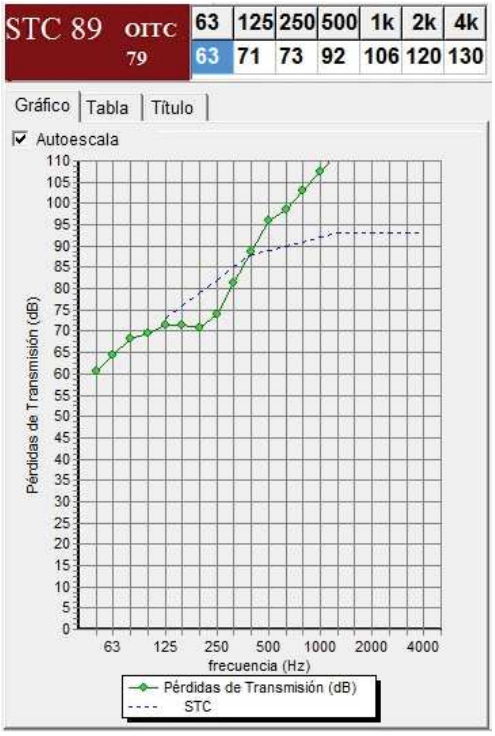


Figura B.2 Cálculo de TL y STC de partición A´.

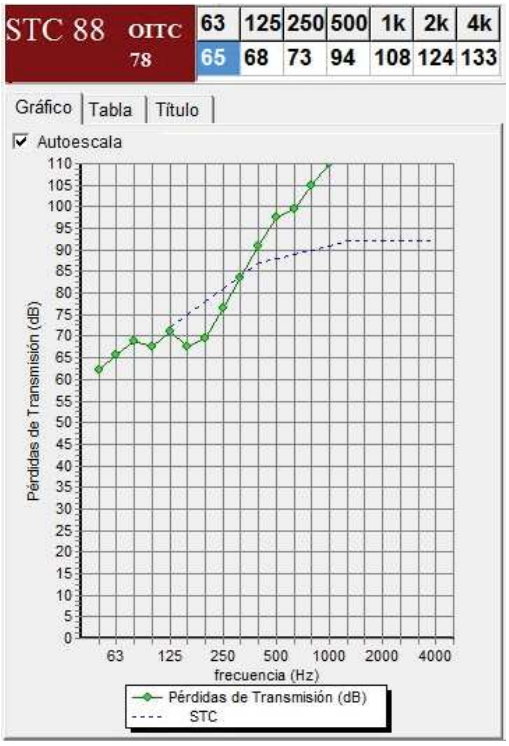


Figura B.3 Cálculo de TL y STC de partición B

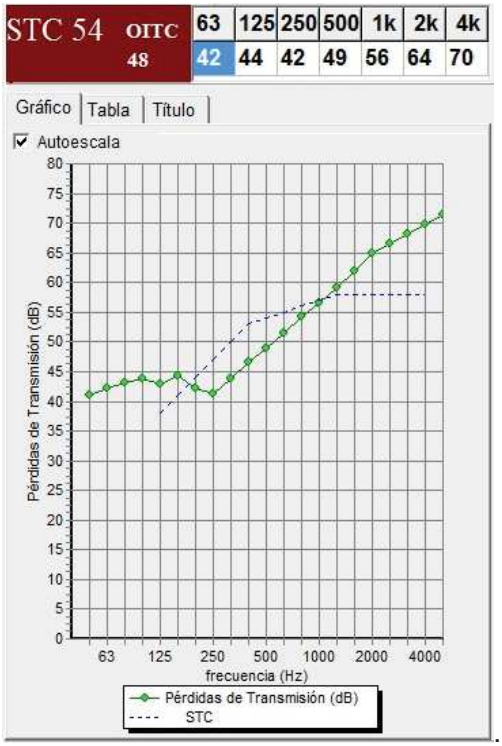


Figura B.4Cálculo de TL y STC de partición C.

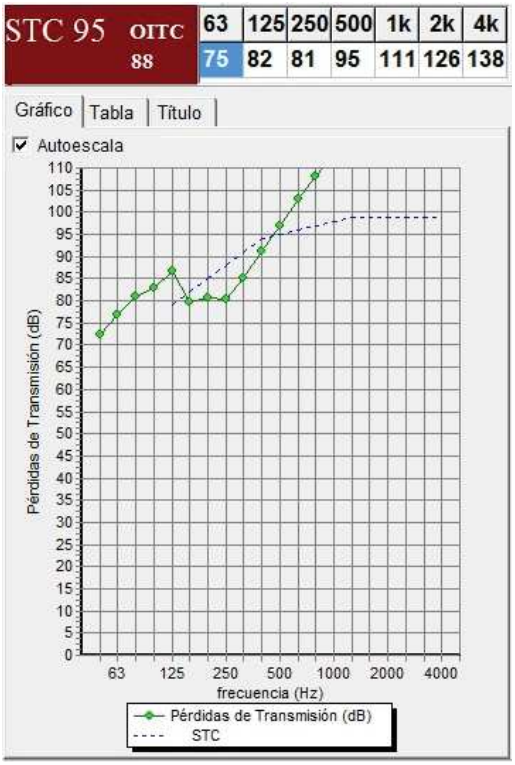


Figura B.5 Cálculo de TL y STC de Techo.

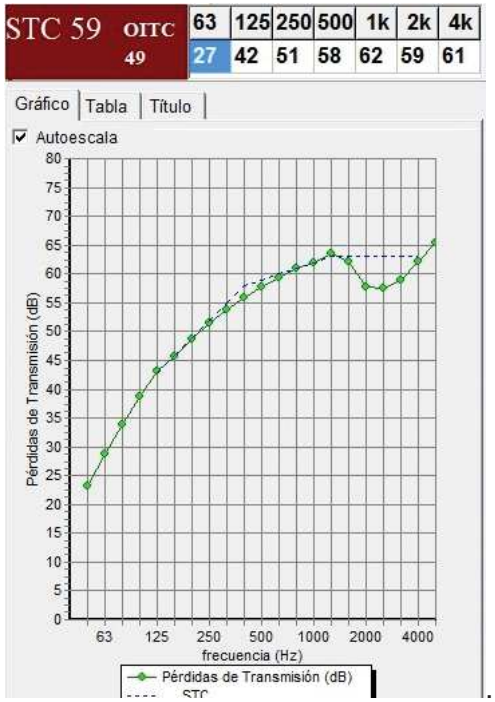


Figura B.6 Cálculo de TL y STC de Puerta Interior.

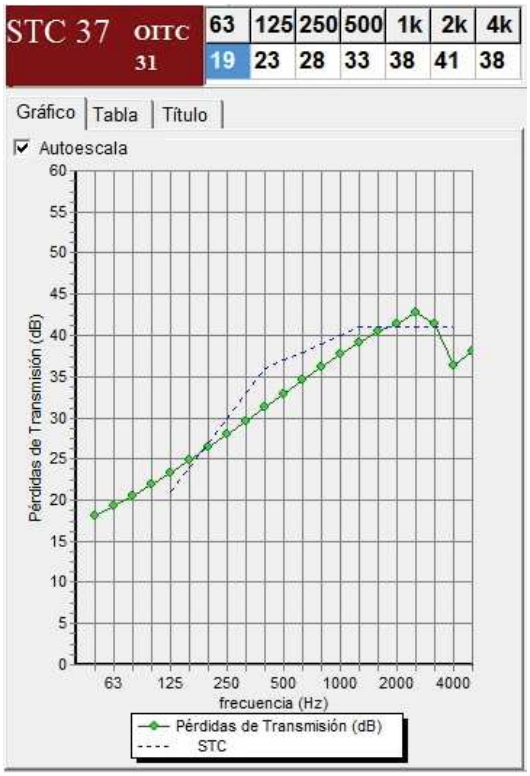
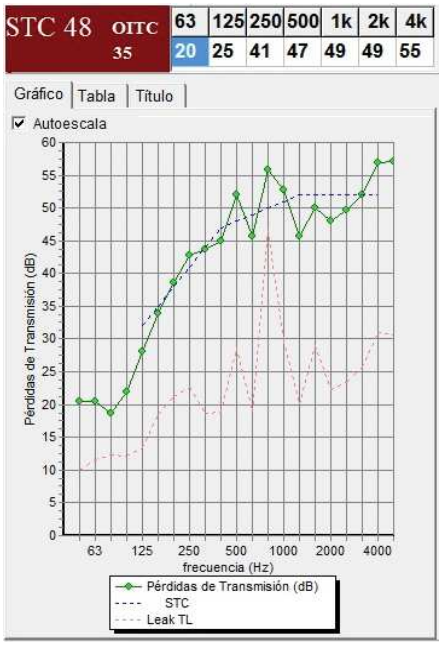


Figura B.7 Cálculo de TL y STC de Puerta Exterior.



2.1.3. Cálculo de resonadores de Helmholtz

Después de analizados los datos de MNV se encuentran problemas en frecuencias bajas 60[Hz], 90[Hz] y 150[Hz] donde se hizo cálculos para los resonadores mata esquinas como se demuestra a continuación.

Para 60[Hz]

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{M_A C_A}} \text{ [Hz]} \quad \textbf{(B.1)}$$

Donde:

f_0 = Frecuencia de Resonancia

M_A = Masa Acústica

C_A = Compliancia Acústica

Donde primero se saca las restricciones:

Primera restricción

H, b, l ≤ʎ/16

H, b, l ≤35,83 [cm]

Segunda restricción

0,0027 $\sqrt{ʎ}$ ≤ a ≤0,029 ʎ

6,46 [mm] ≤ a ≤ 35,83 [cm]

Se escogió los siguientes valores:

H, b, l = 35 [cm]

a = 5 [cm]

Donde su masa acústica es:

$$M_A = \frac{1{,}18\ (l + 1{,}7\ a)}{a^2 \pi}$$ [Kg/m^4] **(B.2)**

Donde:

a = radio del cuello

l = longitud del cuello

$$M_A = \frac{1{,}18\ [0{,}35 + (1{,}7 * 0{,}05)]}{0{,}05^2 \pi}$$

$$M_A = 65{,}35$$ [Kg/m^4]

Después se calcula la Compliancia:

$$C_A = \frac{1}{M_A (2\pi * f_0)^2}$$ [m^5/N] **(B.3)**

Donde

f_0 = Frecuencia de Resonancia

M_A = Masa Acústica

$$C_A = \frac{1}{65{,}35 (2\pi * 60)^2}$$

$$C_A = 1{,}07 \ x \ 10^{-7}$$ [m^5/N]

Se obtiene el volumen del resonador:

$$V = 1{,}18 \ x \ C_A \ x \ C^2$$ [m^3] **(B.4)**

Donde

V = Volumen [m^3]

C = Velocidad del sonido [m/s]

$$V = 1{,}50 \ x \ 10^{-2}$$ [m^3]

Por último sacamos la altura de la cavidad h

$$h = \frac{2V}{bH}$$ [m] **(B.5)**

Donde:

h = altura de la cavidad
V = Volumen del resonador
H = altura total del resonador
b = base de la cavidad

$$h = \frac{2\ x\ 1{,}50\ x\ 10^{-2}}{0{,}35^2}$$

$h = 24{,}54$ cm

Con este procedimiento se repite para cada prisma truncado que se necesite en la sala.

2.1.4. Cálculo de T_{60}

Para calcular el T_{60} del recinto primero se calcula la absorción de las superficies de la siguiente manera:

$A = S \times \alpha$ [m^2 Sabine] **(B.6)**

Donde:

A= absorción [m^2 Sabine]
S= superficie [m^2]
α= coeficiente de absorción propio del material

El coeficiente de absorción se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{Energía\ Absorbida}{Energía\ Incidente}$$ **(B.7)**

Sus valores varían entre 0 y 1, siendo un material totalmente reflectante aquel que obtuviese un valor de 0 y un material de caso absorción total si se tuviese 1.

La absorción total se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_{tot} = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \cdots + \alpha_n A_n \text{ [m}^2\text{]} \quad \textbf{(B.8)}$$

Donde

S_n= superficie de n materiales [m^2]
α_n= coeficiente de absorción propio den materiales

Después se procede a sacar el Coeficiente de Absorción Medio mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{tot}}{S_t} \quad \textbf{(B.9)}$$

Donde:

A_{TOTAL}= absorción total [m^2Sabine]
$S_t = S_1 + S_2 + \ldots\ldots + S_n$ = Superficie total del Recinto [m^2]

Se realiza este mismo proceso por banda de octava y así se obtiene la absorción total A_{total} del recinto.

Con estos valores obtenidos se calcula el T_{60}con la siguiente fórmula:

$$T_{60} = 0{,}161\left(\frac{V}{A_{total}}\right) \text{[s]} \quad \textbf{(B.10)}$$

Donde:

T_{60}= tiempo de reverberación [s].

V= volumen de la sala [m^3].

A_{TOTAL}= absorción total de la sala para cada banda de octava [m^2Sabine]

Con estas formulas se obtuvo los siguientes T_{60}:

Tabla B.5 Cálculo de T_{60} del hangar

125				250		500		1000		2000		4000	
MATERIALES	**Si (m2)**	**αi**	**Ai**	**αi**	**Ai**	**αi**	**Ai**	**αi**	**Ai**	**αi**	**Ai**	**αi**	**Ai**
Techo de planchas de zinc corrugado de 3"	153,99	0,73	112,41	0,99	152,45	0,99	152,45	0,89	137,05	0,52	80,07	0,31	47,74
Pared de hormigón sin pintar	73,65	0,36	26,51	0,44	32,40	0,31	22,83	0,29	21,36	0,39	28,72	0,25	18,41
Ventanas de vidrio	67,37	0,04	2,36	0,04	2,69	0,03	1,82	0,03	2,02	0,02	1,35	0,02	1,35
Puertas Metal	4,41	0,19	0,84	0,69	3,04	0,99	4,37	0,88	3,88	0,52	2,29	0,27	1,19
Suelo y Pared de hormigón con azulejo	220,68	0,01	2,21	0,01	2,21	0,01	2,21	0,01	2,21	0,02	4,41	0,02	4,41
Paredes y suelo de entablado de madera de 2,5cm	197,12	0,19	37,45	0,16	31,54	0,13	25,63	0,1	19,71	0,06	11,83	0,06	11,83
α medio			0,25		0,31		0,29		0,26		0,18		0,12
Atotal			181,78		224,33		209,29		186,23		128,68		84,93

125			250		500		1000		2000		4000
T60	0,60		0,49		0,52		0,59		0,85		1,29

2.1.5. Cálculo de %Alcons y STI

Para calcular el %Alcons se utilizó la siguiente fórmula:

Si D > 3,16 Dc:

$$\%Alcons = 9TR60 \quad \textbf{(B.11)}$$

Donde:

TR60= Tiempo de Reverberación Sabine

El STI se calculó a partir del %Alcons de la siguiente manera:

$$STI = -0{,}18{,}45 \ln(\%Alcons) + 0{,}9482 \quad \textbf{(B.12)}$$

Donde:

%Alcons= Descriptor “Articulation Loss of Consonants”

ANEXO 3

3.1. Especificaciones técnicas de los dispositivos para mediciones.

3.1.1. Micrófono dbx RTA-M

Transducer	Electret Condenser
Frequency Response	22Hz to 22kHz
Signal-to-Noise Ratio	<110dBu
Power Requirements	15V Phontom Power

3.1.2. Caja Activa RCF ART315A

Power Output	350 W
Speakers	Active
SPL	128 dB
Battery Type	N/A
Frequency Response	50 - 20 kHz
Inputs	Jack/XLR
Output	XLR
AC Power	*Not Specified by Manufacturer*
Wireless Receiver/Type	Optional Remote Control
Microphone Type	Not Specified by Manufacturer
Dimensions	15.9 x 26.8 x 13.6" (405 x 680 x 345mm)
Weight	44.1 lbs (20 kg)

3.1.3. Sonómetro 01dB Solo dB

Standards	IEC 61672-1 (2002) / NF EN 60651 (2000) / NF EN 60804 (2000) / IEC 1260 (1995) NF EN 61260/A1 (2002)/ ANSI 1.11 / ANSI 1.4 EMC IEC 61000-6-1 and 2 / EMC IEC 61000-6-3 and 4	
Metrology	Single dynamic range: 20-137 dB(A) / class 1 or 30-137 dB(A) / class 2 Leq (from 20ms to 24H), Lp, Lpmin, Lpmax (S, F, I), Lpk (C, Z), A, B, C and Z weightings 20 ms real-time 1/1 and 1/3 octave multispectra (12.5 Hz - 20 kHz)	
Pocket PC remote control module	Bluetooth™ class 1 wireless communication Visual display and coding of data on the Pocket PC colour screen (LAeq, LAFp, 1/3) Written and oral comments (synchronised with the measurement file)	
Memory module	Integrated 8 MB flash memory Extractible 2 GB extended memory on SDCard LAeq + LCpk (1s) > 99 days / LAeq + 1/3 (1s) > 99 days	
Audio module	Metrological audio storage (min. 1h40min (51.2 kHz) / max. 13h50min (6.4 kHz)) Sampling frequencies: 51.2 kHz / 25.6 kHz / 12.8 kHz / 6.4 kHz (24 bits)	
Trigger module	Coding on pre-programmed threshold (global level): code (1), code (2), code (3) or code (1) + audio, with pre and trigger Periodic recordings timer Activation of TTL output on threshold	
Auto check module	Automated control of the entire measurement chain: microphone, preamplifier and digital processor. Analysis of the frequency response and of the measurement chain linearity over 4 predefined frequencies (500 Hz, 1 kHz, 2 kHz and 4 kHz) and an additional user-selectable frequency, for 3 adjustable levels	
USB transfer	Acquisition front-end mode File transfer mode	
General performances	Typical operating lifetime 24 h (LAeq) / 16 h (LAeq + Spectrum 1/3) Programmable starting modes: immediate / delayed / by periods	Parallel measurement of all indicators Time history of all indicators Languages: French, English, Spanish, German, Italian, Dutch, Portuguese, Romanian
Standard accessories	Preamplifier PRE21S Microphone 1/2" 50 mV/Pa class 1 or 20 mV/Pa class 2 Wind screen	Built-in battery and mains power supply USB and RS232 cables Fitted carrying case dBSLM32 transfer software
Optional accessories	Pocket PC Windows Mobile, Tablet PC Windows 7 X86 Carrying satchel External battery charger	VES21 all-weather suitcase BAP21outdoor microphone unit 100-m extension cord CAL21 class 1 calibrator or CAL02 class 2 calibrator
Compatible software	dBTrait: time and spectral history, event coding, automatic reports... dBBati: processing of building measurements (insulation, T60...)	dBSolo: Remote controller software on Pocket PC (Environment) dBSolo-B: Remote controller software on Tablet PC (Building) XO Driver: Real time acquisition driver for Windows X86

3.2. Especificaciones técnicas de los dispositivos electroacústicos para cadena electroacústica.

3.2.1 Sennheiser MKH50

Transducer	Condenser
Polar Pattern	super-cardioid
Frequency Response	40Hz to 20kHz
Dynamic Range (Typical)	*Not Specified by Manufacturer*
Signal-to-Noise Ratio	12 (18) dB
Maximum Input Sound Level	SPL 134 (142) dB at 1 kHz
Power Requirements	48 V Phantom Power +/- 4V
Output Impedance	Nominal: 150 ohms Min. terminating: 1000 ohms
Output Connectors	3-pin XLR male
Pad	-10dB
Low Frequency Roll-Off	Yes
Dimensions	6.02 x .98" (153 x 25mm) Length x Diameter
Weight	3.52 oz (100g)

3.2.2. Sennheiser TRAM TR50

2 x Tram TR50 - Omnidirectional Lavalier Condenser Microphone (Black)

Transducer	Electret Condenser
Polar Pattern	Omnidirectional
Frequency Response	40Hz - 16kHz
Dynamic Range (Typical)	108dB
Signal-to-Noise Ratio	110dB
Maximum Input Sound Level	134dB
Power Requirements	Phantom or Battery Powered
Output Impedance	3.5k Ohms
Output Connectors	1/8" (3.5mm) Mini Connection for Sennheiser EW Transmitters
Pad	None
Low Frequency Roll-Off	None
Dimensions	Microphone: 0.300 x 0.540 x 0.196" (7.62 x 13.716 x 4.978mm) WxHxD Cable: 4.5' (1.37m) L
Weight	0.27 oz. (7.7g)

System	
Type of System	Camera-Mountable, Diversity UHF Wireless Lavalier Mic System
RF Carrier Frequency Range	A / 516 - 558 MHz
Approx. Working Range	*Not Specified By Manufacturer*
Overall Frequency Response	25Hz - 18kHz
Signal-to-Noise Ratio	> / - 110dBA
# Of Channels	1680 20 Channel Banks, 1 Fixed Bank, 12 Factory Preset Channels Each
# Of Simultaneous Systems	*Not Specified By Manufacturer*

Receiver	
Type of Receiver	EK100 Portable Diversity Receiver
Type of Outputs	1/8" (3.5mm) Mini
Headphone Monitoring	No
Power Requirements	1.5V
Battery Type/Approx. Life	AA Batteries 1.5V x2
Display	Back-lit LCD Display
Mounting Options	CA2 Shoe Mount Adapter (Included)
Antenna Type	BNC Type x2
Dimensions	3.23 x 2.92 x 0.94" (82 x 64 x 25mm)
Weight	5.64 oz (160g)

Transmitter	
Type of Transmitter	SK100 Bodypack Transmitter
Type of Input Connector	Locking 1/8" (3.5mm) Mini
Type of Microphone	ME2 Lavalier Microphone
Polar Pattern	Omni
Interchangeable Mic Heads	*Not Applicable*
Battery Type/Approx. Life	AA 1.5V Batteries x2 (8 Hours Typ.)
Mute Switch	Programmable Mute Function
Level Control	Yes
Antenna Type	1/4 Wave
Display	Back-Lit LCD
Dimensions (WxDxH)	3.23 x 2.92 x 0.94" (82 x 64 x 25mm)
Weight	5.64 oz (160g)

3.2.3.Grabadora Portátil TASCAM HS-P82

HS-P82 SPECIFICATIONS

Recording Features:

- Dual Compact Flash recording media supports backup, mirroring and seamless A/B recording*
- Long battery life through low power usage
- Easy to read and operate using pivoting TFT Color Touch Panel interface
- All-aluminum chassis is rugged yet lightweight
- 8 -track recording plus stereo mix for a total of 10-track recording
- 8-track recording at up to 96kHz/24-bit
- 4-track recording at 192kHz/24-bit
- Broadcast WAV (BWF) support with iXML metadata
- Various power options include AA batteries (x10), NP type, AC adaptor, external DC input and optional V-mount adaptor for ENDURA batteries
- Up to 5-second prerecord buffer
- Internal microphone for slate recording
- Limiter and low cut filter per track
- Mid-side microphone decoding – either during recording or on monitor/playback only
- Trim ganging for multi-channel/multi-microphone fades
- Minimum microphone gain setting mutes input
- Auto or manual cue points
- Alert signal to headphone output
- Retake function
- Panel lockout function to prevent accidental transport switching

Inputs/Outputs:

- 8 high-quality microphone preamps and A/D converters with independent +48V phantom power for each (standard XLR connectors)
- 8 AES/EBU inputs and outputs (DB-25 connector)
- Sampling rate converter on each AES/EBU input
- 2 balanced analog outputs (XLR connector)
- Stereo digital output (BNC connector)
- SMPTE Timecode In and Out (BNC connector)
- Video/Word Clock/Cascade I/O (BNC connector)
- Headphone out (1/4" stereo jack)
- PS/2 keyboard input for track naming
- USB 2.0 high-speed data transfer to PC

3.2.4. Audífonos Sony MDR-Z1000

Type	Around-Ear, Closed-Back, Dynamic
Frequency Range	5Hz - 80kHz
Impedance	24 Ohms
Sensitivity	108dB
Maximum Input Power	4000mW
Connectors	Gold-Plated 3.5mm Stereo Mini Plug with 1/4" Adapter
Cable Length	3.9' (1.2 m) 10' (3 m)
Weight	9.52 oz (270g) (Without Cable)

3.3. Otras especificaciones.

3.3.1 Suelo de Linóleo

marmoleum® acoustic

Marmoleum Acoustic reduces impact sound by 14dB (ISO 717-2). It is a twinlayer linoleum built up from 2 mm of Marmoleum and a 2 mm Corkment backing. Using Marmoleum Acoustic reduces installation costs as it can be installed in one go, avoiding the need to first lay Corkment and then Marmoleum. Marmoleum Acoustic is available in 6 colours.

> 33038
Caribbean

> 33075
shell

> 33055
fresco blue

> 33032
mist grey

> 33048
graphite

> 33139
lava

FORMULARIO

2.1. Coeficiente de Pérdida por Transmisión TL (segunda ecuación)

$$TL = 10\ log\left(\frac{I_i}{I_t}\right)_{[dB]}$$

Donde:

I_i =energía sonora incidente,

I_t = energía sonora transmitida, ambas medidas en w/m^2.

2.2. Coeficiente de Pérdida por Transmisión TL partición mixta

$$TL = 10\ log\left(\frac{S_T}{\Sigma_n S_n T_n}\right)$$

Donde:

TL= TL de la partición mixta por banda de octava.

S_T= Superficie total de la partición mixta.

S_n= Superficie de la n-ésima partición.

T_n= coeficiente de transmisión de la n-ésima partición.

2.3. Coeficiente de transmisión de la n-ésima partición.

$$T_n = 10^{\left(-\frac{TL_n}{10}\right)}$$

Donde:

TL_n= TL por banda de octava de la n-ésima partición.

2.4. Modos Normales de Vibración.

$$fo(n_x, n_y, n_z) = \left(\frac{C}{2\pi}\right)\sqrt{\left[\left(\frac{n_x^2}{l_x^2}\right)+\left(\frac{n_y^2}{l_y^2}\right)+\left(\frac{n_z^2}{l_z^2}\right)\right]}$$

Donde:

l_x = *altura del recinto [m]*

l_y = *ancho del recinto [m]*

l_z = *largo del recinto [m]*

C = 344; velocidad del sonido $\left[\frac{m}{seg}\right]$

n_x, n_y, n_z = *coordenadas rectangulares en el espacio.*

2.5. Frecuencia máxima de MNV.

$$\mathbf{f_{max} = 1849\sqrt{\frac{RTmid}{V}}}$$ [Hz]

Donde:

RT_{mid} = *Es el promedio de* T_{60} *entre las bandas de octava de 500 [Hz] y 1000 [Hz]*

V = volumen del recinto $[m^3]$

2.6. Tiempo de Reverberación

$$T_{60} - 0{,}161\,\frac{V}{A} \quad [seg]$$

Donde:

V = Volumen del recinto [m^3].

A= Absorción del recinto [m^2 $sabine$].

B.1. Resonador de Helmholtz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{M_A C_A}} \text{ [Hz]}$$

Donde

f_0 = Frecuencia de Resonancia

M_A = Masa Acústica

C_A = Compliancia Acústica

B.2. Masa Acústica

$$M_A = \frac{1{,}18\ (l + 1{,}7\ a)}{a^2\pi} \text{ [Kg/m}^4\text{]}$$

Donde:

a = radio del cuello

l = longitud del cuello

B.3. Compliancia Acústica

$$C_A = \frac{1}{M_A\,(2\pi \cdot f_0)^2} \text{ [m}^5\text{/N]}$$

Donde

f_0 = Frecuencia de Resonancia

M_A = Masa Acústica

B.4. Compliancia Acústica

$$V = 1{,}18 \; x \; C_A \; x \; C^2 \; [m^3]$$

Donde

V = Volumen [m^3]

C = 344; velocidad del sonido $\left[\frac{m}{seg}\right]$

B.5. Altura de la cavidad del resonador

$$h = \frac{2V}{bH} [m]$$

Donde:

h = altura de la cavidad

V = Volumen del resonador

H = altura total del resonador

b = base de la cavidad

B.6. Absorción de superficies

$$A = S \times \alpha \; [m^2 \text{ Sabine}]$$

Donde:

A= absorción [m^2 Sabine]

S= superficie [m^2]

α= coeficiente de absorción propio del material

B.7. Coeficiente de Absorción

$$\alpha = \frac{Energía\ Absorbida}{Energía\ Incidente}$$

B.8. Absorción Total

$$A_{tot} = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \cdots + \alpha_n A_n \quad [m^2]$$

Donde

S_n= superficie de n materiales [m^2]

α_n= coeficiente de absorción propio den materiales

B.9. Coeficiente de Absorción medio

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{tot}}{S_t}$$

Donde:

A_{TOTAL}= absorción total [m2Sabine]

$S_t = S_1 + S_2 + \ldots\ldots + S_n$ = Superficie total del Recinto [m2]

B.10. Tiempo de reverberación con superficies absorbentes.

$$T_{60} = 0{,}161\left(\frac{V}{A_{total}}\right)$$ [s]

Donde:

T_{60}= tiempo de reverberación [s].
V= volumen de la sala [m^3].
A_{TOTAL}= absorción total de la sala para cada banda de octava [m^2Sabine]

B.11. % Alcons

Si D > 3,16 Dc:

$$\%Alcons = 9TR60$$

Donde:

TR60= Tiempo de Reverberación Sabine

B.12. STI

$$STI = -0{,}18{,}45\ln(\%Alcons) + 0{,}9482$$

Donde:

%Alcons= Descriptor “Articulation Loss of Consonants”