



ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES Y DOMÓTICA

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO
PARA EL SALÓN COMUNAL DEL EDIFICIO SELVA ALEGRE MEDIANTE EL
USO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL ECUADOR.

“Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Tecnólogo en Construcción y Domótica

Profesor Guía

MSc. José Gabriel Vásquez Zurita

Autor

Diego Fernando Martínez Pozo

Año
2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

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

José Gabriel Vásquez Zurita

Master en Ingeniería Acústica de la Edificación y Medio Ambiente

CI: 1804090437

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Carlos Augusto Aulestia Valencia
Ingeniero de Sonido y Acústica
CI: 1714965041

DECLARACIÓN DE LA AUTORIA DEL ESTUDIANTE

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

Diego Fernando Martínez Pozo

Ci: 1717977993

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme concluir este objetivo, a mi Madre Magda que ha velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento, a mi esposa Karla compañera inseparable de cada jornada, a mi Tutor MSc. José Vásquez y corrector Ing. Carlos Aulestia por su guía en este proyecto, y finalmente a la Universidad de las Américas que me formó profesionalmente, y como persona de bien.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mi Abuelita Julita que desde el cielo sigue bendiciéndome, a mi Hijo Dieguito Andrés con mucho amor y cariño, quien es el motor de mi vida, a mi Madre por su tenacidad en toda esta trayectoria y a mis hermanos que siempre me han brindado su apoyo. Muchas Gracias.

RESUMEN

En la Norma Ecuatoriana de la Construcción se menciona una tabla de valores que deberán ser considerados en el interior de recintos. En el presente proyecto se ha buscado un conjunto de medios que se emplean para oponerse al paso del ruido, con esto se aísla a un recinto de los ruidos que vienen de la calle, ruidos ambientales, o los provocados por las viviendas colindantes al recinto. Con lo mencionado se espera obtener una calidad acústica como acción correctiva a una edificación que posee un salón comunal que no ha considerado elementos constructivos que permiten un aislamiento acústico.

La metodología para diseño y simulación del aislamiento acústico del salón comunal se desarrolla en base a las normas nacionales: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), Texto unificado de la legislación secundaria de medio ambiente TULSMA y normas internacionales Españolas. El objetivo de este proyecto en base a las consideraciones mencionadas busca aportar a la salud auditiva de los condóminos que habitan la edificación sujeto de estudio.

ABSTRACT

Actually, according to the NEC, the methods of protection against to the noise are considered in buildings in order to avoid the risk of disturb or produce anykind of illness in the habitants. This project has searched a set of options used to stand against to the noise; with this purpose, the noises of outside cannot enter into the edification, in the same way, we avoid the environmental noises and others provocated by nearby buildings. With all mentioned above, we hope to get a real acoustic quality for those buildings that have a communal living and not considered construction elements for acoustic isolation.

The methodology for design and simulation of acoustic isolation of communal living are based in NEC, Unified text of secondary legislation of environment TULSMA; and Spain international laws. Based in the exposed, the main objective of this project is improving the hearing health of condominiums, subject of study.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcance	3
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. El ruido.....	5
2.1.1. Problemas del ruido en las personas	5
2.1.2. Tipos de Ruido en las edificaciones.....	6
2.1.2.1. Ruido aéreo	6
2.1.2.2. Ruido de impacto	6
2.2. Vías de transmisión del sonido	7
2.2.2. Transmisión por vía indirecta	7
2.3. Aislamiento acústico.....	8
2.4. Magnitudes Acústicas	9
2.4.1. Nivel sonoro continuo equivalente	9
2.5. Índices acústicos para ruido aéreo	10
2.6. Índices acústicos para ruido de impacto.....	11
2.7. Tiempo de reverberación (T60)	11
2.8. Normativas.....	11
2.8.1. Normativas Ecuatorianas	12
2.8.1.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).....	12
2.8.1.2. TULSMA	13
2.8.2. Normativas Internacionales.....	14
2.8.2.1. Norma Española UNE-EN ISO 140-5	14
2.8.2.2. Norma UNE-EN ISO 717	15

2.9. Recintos para eventos	15
2.9.1 Tipos de materiales y acabados en recintos para eventos	16
2.9.1.1 Materiales Comunes	16
2.9.1.1.1 Ladrillo Macizo / Hueco.....	16
2.9.1.1.2. Bloque de Hormigón	16
2.9.1.1.3. Vidrio.....	17
2.9.1.2. Materiales prefabricados.....	18
2.9.1.2.1. Hormi2	18
2.9.1.2.2. Fibrocemento o Eterboard	19
2.9.1.2.3. Gypsum	19
2.10. Requerimientos para los recintos de eventos	20
3. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS	21
3.1. Materiales del recinto en estudio	21
3.2. Tipos de elementos constructivos en recinto.....	21
3.2.1. Tabiquerías	21
3.2.2. Medianeras	22
3.2.3. Fachadas	22
3.2.4. Puertas.....	22
3.2.4.1. Puertas de Madera	23
3.2.4.2. Puertas de Aluminio	23
3.2.4.3. Puertas de Hierro forjado	23
3.2.4.4. Puertas de Vidrio	23
3.2.5. Ventanas.....	24
3.2.5.1. Ventanas de madera.....	24
3.2.5.2. Ventanas de aluminio.....	24
3.3. Materiales Porosos en el Ecuador	24
3.3.1. Fibra de vidrio	24
3.3.2. Lana de roca	25
3.3.3. Espuma de Poliuretano.....	25
3.4. Mediciones In Situ para el recinto actual	26
3.4.1. Procedimiento	28

3.4.1.1. Medición T-60	29
3.4.1.2. Medición L1 – L2.....	32
3.4.2. Resultados de las mediciones	37
3.5. Propuesta de aislamiento acústico	39
3.5.1. Simulación de sistemas constructivos para aislamiento acústico ..	41
3.5.2. Resultados finales.....	42
4. PROYECCIONES.....	49
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS	55
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formulación del problema de la investigación	2
Figura 2. Excitación de un elemento constructivo	6
Figura 3. Vías de transmisión del sonido entre dos recintos	7
Figura 4. Energía acústica incidente	8
Figura 5. Cadena Electroacústica para T-60.....	27
Figura 6. Cadena Electroacústica para medición de L1 – L2	28
Figura 7. Cadena Electroacústica T-60.....	29
Figura 8. Software para T-60.....	30
Figura 9. Medición en punto M_3	30
Figura 10. Distribución de Mediciones (M) y Fuente (F).....	31
Figura 11. Medición en cada punto respecto a la fuente	31
Figura 12. Amplificador, fuente sonora omnidireccional.....	33
Figura 13. Sonómetro CESVA.....	33
Figura 14. Cadena electroacústica parte exterior.....	34
Figura 15. Medición de un minuto en M_1	34
Figura 16. Distribución de Mediciones (M)	35
Figura 17. Medición de un minuto en M_3	36
Figura 18. Medición de un minuto en M_4	36
Figura 19. Medición de un minuto en M_5	36
Figura 20. Información guardada en Sonómetro	37
Figura 21. Medición de Ruido en fachada del recinto en estudio	38
Figura 22. Curva de R_w de acuerdo a las características del material.....	40
Figura 23. Ejemplo 1 INSUL.....	40
Figura 24. Curva de R_w de acuerdo a las características del material.....	41
Figura 25. Ejemplo 2 INSUL.....	41
Figura 26. Propuesta 1 de pared para la fachada del salón comunal.	42
Figura 27. Propuesta 2 de pared para la fachada del salón comunal	43
Figura 28. Propuesta 1 de ventana para la fachada del salón comunal.....	44
Figura 29. Propuesta 2 de ventana para la fachada del salón comunal.....	45
Figura 30. Fachada en estudio con áreas	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles máximos de ruido en interiores.....	12
Tabla 2 Niveles máximos permisibles según el uso del suelo.....	13
Tabla 3 Aislamiento acústico de vidrios planos	17
Tabla 4 Comportamiento de un frente de onda al incidir en una partición	19
Tabla 5 Características acústicas del gypsum	20
Tabla 6 Principales características de las fibras de vidrio	25
Tabla 7 Datos importantes de la lana de Roca.....	25
Tabla 8 Datos de espuma de poliuretano.....	26
Tabla 9 Resultados de Medición del T60	32

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En el mes de febrero del año 2013 se entregó oficialmente el Edificio Selva Alegre a los propietarios, el cual consta con un salón comunal ubicado en la terraza. Este salón está destinado para la realización de cualquier evento social por parte de los condóminos; actividades que causan ruido hacia los departamentos al momento de encender el sistema de amplificación de sonido.

En este proyecto se busca diseñar sistemas constructivos que permitan reducir el ruido a niveles adecuados. Si bien estas actividades no se realizan continuamente causan molestias en las personas que habitan el edificio.

Como respuesta a esa problemática, tradicionalmente se han aplicado materiales que aparentemente reúnen condiciones acústicas. Su uso responde más al empleo artesanal y a la creencia popular, que a ensayos en laboratorios. Por ejemplo, se ha empleado en un principio el corcho, el cual hoy ha sido reemplazado por el poliestireno expandido (espuma flex). Sin embargo, hay que aclarar que este material tiene funciones térmicas y no acústicas, además este material es inflamable y por lo tanto, no es una solución efectiva y eficiente.

En la actualidad se fabrican materiales y sistemas específicos para los distintos tratamientos acústicos. Estas estrategias responden a la intencionalidad de acondicionamiento o aislamiento acústico. Estos elementos han sido sometidos a ensayos de laboratorio y poseen sus respectivos controles de calidad, fichas técnicas y posibilidades de tratamiento para los distintos rangos de frecuencia en los cuales se busca realizar una mitigación.

No obstante, ha de reconocerse que los contenidos de las ofertas de esos elementos de gran difusión y variedad, serán realmente positivos en la medida que sean correctamente empleados en obra. Es por ello que se debe garantizar la cuidadosa y la prolija ejecución para que en la práctica se obtengan los

valores adecuados de absorción, aislamiento o reflexión conforme con los indicados y calculados por los proyectistas.

También es necesario señalar que no solo es importante el empleo de esos materiales, sino la garantía de una ubicación correcta en los lugares que los expertos del proyecto de acondicionamiento o aislamiento acústico determinen conveniente. Esa ubicación se conoce mediante detalladas resoluciones geométricas; en función de las direcciones sonoras.

1.2. Formulación del Problema



Figura 1. Formulación del problema de la investigación

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Reducir el impacto del ruido de la sala comunal a los condóminos del edificio residencial usando materiales porosos existentes en el Ecuador

y evaluando esta reducción mediante normativas nacionales e internacionales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento interno del volumen, forma y proporción del recinto y sus elementos (puertas y ventanas).
- Obtener el diagnóstico de la condición acústica actual del recinto, mediante mediciones de parámetros acústicos usados en la normativa internacional ISO 140-5:1999 (Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.) para después evaluarlos con respecto a las tablas de niveles máximos de ruido permitidos según las normativas existentes.
- Analizar los diferentes materiales y sistemas constructivos existentes en el Ecuador que permitan diseñar soluciones acústicas.
- Realizar una propuesta de aislamiento acústico en el recinto que cumpla con las necesidades requeridas para lograr reducir el ruido hacia los demás espacios del edificio.
- Verificar los resultados propuestos mediante simulaciones acústicas en el software de predicción acústica INSUL.

1.4. Alcance

Actualmente la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) no cuenta con un documento de consulta sobre protección frente al ruido en la edificación. Por esta razón para realizar el presente estudio se recurrió a normativas españolas; específicamente se recopiló información presente en el Código Técnico de Edificación y en su documento básico llamado Guía de Protección frente al Ruido, el cual consiste en limitar dentro de los edificios, y en condiciones normales de utilización, “el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido

pueda producir a los usuarios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento”. De esto se entiende que parte fundamental de una edificación es el bienestar auditivo de las personas que habitarán o habitan dicho inmueble.

El lugar del actual proyecto no está adecuadamente acondicionado acústicamente y tampoco tiene tratamiento de aislamiento correcto en paredes y puertas. Conociendo estas deficiencias, se espera realizar las respectivas mediciones y cálculos para determinar las condiciones actuales del recinto. Obtenidos estos datos se seguirá con la propuesta de diseño de aislamiento en paredes y de elementos complementarios (puerta y ventanas).

El análisis del inmueble se realizará en base a la tabla de Niveles Máximos de Ruido permitido, presente en la NEC y delineada según el recinto o sala. Los métodos de evaluación se realizarán mediante los conocimientos adquiridos en la cátedra de Audio y Vídeo.

El objetivo final de todas las implementaciones es la mitigación del ruido ocasionado en el salón comunal de la edificación. En el proyecto interviene el ruido aéreo y ruido estructural, pero se espera abarcar el primero, ya que se relaciona directamente al ruido causado por los parlantes del recinto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El ruido

Es aquella señal no deseada que se sobrepone a la señal real. El ruido ambiental es uno de los contaminantes más relevantes, algunos de estos son: transportes públicos y privados, equipos de construcción, el ruido generado por las personas etc, estos se convierten en los principales generadores de molestias auditivas para el ser humano.

Hoy en día en varios países a nivel mundial se están desarrollando normativas que permiten regular la contaminación acústica, con el fin de reducir daños en el medio ambiente y en la salud humana.

2.1.1. Problemas del ruido en las personas

El excesivo nivel sonoro provoca efectos nocivos en el hombre. Actualmente el crecimiento de la tecnología ha incrementado el nivel sonoro ambiental y por tanto se ha considerado como un contaminante más que ocasiona daños negativos al oído (Miyara F. , 2011, p. 3).

“El confort auditivo se encuentra entre los 70 a 80 dB, pasados los 90 dB desaparece la nitidez del sonido y por lo tanto es difícil manejar sonidos sobre este valor. Pasados los 120 dB se producen daños a la salud” (Suter, 2015, p. 49).

Si no se consideran los niveles de sonido aconsejables en el hombre, el ser humano se expone a varios efectos con síntomas o patologías. A partir de estudios epidemiológicos se han comprobado incrementos significativos en la incidencia de ataques cardiacos, neurológicos, digestivos y endócrinos, los cuales llegan a ser hasta 4 veces más frecuentes en la población expuesta a ruidos muy intensos, como sucede en las zonas aledañas a los aeropuertos (Miyara, 2003, p. 59)

Se puede destacar que la consecuencia más notoria ante los excesivos niveles sonoros es la pérdida de audición, conocida también como hipoacusia debido a

la exposición a ruidos muy altos. Esta consecuencia se determina por medio de una audiometría, en donde se obtiene la pérdida auditiva promedio (PAP).

Existe también la hipoacusia temporaria, que es causada por poca exposición a niveles de ruido altos. Por ejemplo, la norma ISO 1999:2013 (Estimación del riesgo auditivo) proporciona los riesgos en función del nivel sonoro laboral promedio en dB y los años de exposición.

2.1.2. Tipos de Ruido en las edificaciones

El aislamiento acústico permite mitigar el ruido según su procedencia. Los tipos de ruido en edificaciones son los siguientes.

2.1.2.1. Ruido aéreo

Así se denomina a aquellos ruidos que se propagan en el aire y que al llegar a un panel aislante son sometidos a una vibración por las ondas, convirtiéndose en un nuevo foco sonoro, las mismas que serán propagadas en el otro lado del panel.

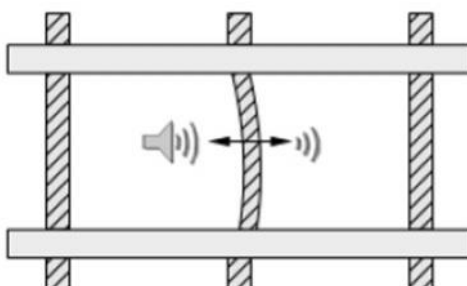


Figura 2. Excitación de un elemento constructivo

Tomado de Código Técnico de la Edificación, 2010

2.1.2.2. Ruido de impacto

Son aquellos que se generan por impacto o choque sobre el forjado de un recinto. De esta manera se convierte en un elemento generador de ruidos aéreos y estructurales. Estas vibraciones se transmiten por elementos constructivos como pilares y tabiques. El ruido de impacto se transfiere a largas distancias con poco amortiguamiento.

Para mitigar los ruidos de impacto es necesario colocar materiales aislantes elásticos con la finalidad de que el impacto se transforme en una deformación elástica del material y no en energía sonora.

2.2. Vías de transmisión del sonido

Para el aislamiento acústico se debe tomar en cuenta dos tipos de vías por las cuales el sonido se propagará en una construcción.

2.2.1. Transmisión por vía directa

Este tipo de transmisión de sonido entre recintos depende del elemento constructivo y de los elementos de separación vertical. Es llamada transmisión aérea.

2.2.2. Transmisión por vía indirecta

Depende de dos tipos de transmisiones, las cuales son:

- Aérea indirecta: se transmite a través del conducto de instalaciones como aire acondicionado y techo falsos (gypsum). Se debe evitar que los conductos queden interconectados entre recintos.
- Transmisión por flancos: son producidas por vibraciones de los elementos de flanco conectados a la mampostería separadora de recintos. Estas dependen de la forma y unión de los elementos constructivos de flanco.

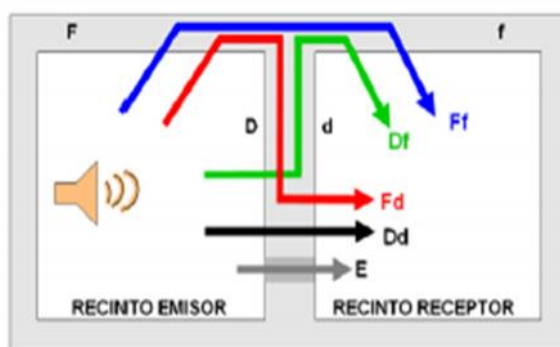


Figura 3. Vías de transmisión del sonido entre dos recintos

Tomado de Código Técnico de la Edificación, 20102010

Donde:

F y f: Transmisión por flancos, existen dos ya que son dos paredes.

D y d: Sonido directo.

E: Transmisión por espacios o aberturas en la pared.

El resto de nomenclatura es la combinación entre las ya mencionadas.

2.3. Aislamiento acústico

“Es el conjunto de medios que se emplean para oponerse al paso del sonido. Se aíslan los edificios de los ruidos que vienen de la calle o los unos de los otros” (Rougeron, 1977, p. 45). Además de los ruidos ambientales (automóviles, industrias, negocios, etc), existen de igual manera los provocados por las viviendas colindantes al recinto de estudio.

El aislamiento acústico es un procedimiento que permite obtener una calidad acústica determinada, aquí se debe considerar el sonido que se genera, se transmite y se percibe. El aislamiento acústico permite disipar el ruido mediante los elementos constructivos que se utilicen.

La energía acústica se puede ejemplificar de la siguiente forma.

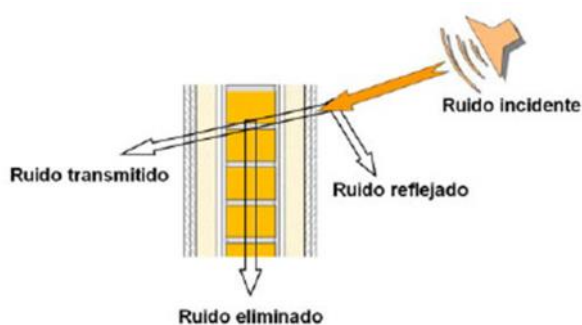


Figura 4. Comportamiento de un frente de onda al incidir en una partición

Tomado de Código Técnico de la Edificación, 2010

Donde:

Ruido transmitido: es el sonido que se transmite desde una fuente sonora a otra habitación.

Ruido incidente: es el sonido propio que se genera en una fuente sonora.

Ruido reflejado: es el sonido que no pasa a la siguiente habitación.

Ruido eliminado: es el sonido absorbido por la superficie.

2.4. Magnitudes Acústicas

Para conocer la cantidad de presión acústica que llega a un oído humano se utiliza el nivel de presión sonora (NPS o L_p) que se expresa en decibelios (dB).

Para esta medición se necesita de la siguiente relación logarítmica

$$L_p = 10 \cdot \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ [dB]} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

L_p : nivel de presión sonora, (dB)

P : presión sonora, (Pa)

P_0 : presión sonora de referencia (20uPa)

dB: el decibelio (dB) se lo utiliza para medir el “nivel de presión acústica”

2.4.1. Nivel sonoro continuo equivalente

Se puede considerar como el nivel de un sonido que permanece constante en todo el período de medida. Según Drake (2005, p. 34), este sonido tendría la misma energía acústica que el sonido que se está valorando. Esta medida es básica al momento de realizar cualquier medición de ruido. En el recinto en estudio se midió el nivel continuo equivalente ponderado A. Esta medida se la expresa e decibelios por medio de la siguiente ecuación.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ (dBA)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

2.5. Índices acústicos para ruido aéreo

El Aislamiento acústico bruto o Diferencia de niveles entre recintos (D): es la diferencia entre el nivel medio de presión sonora del recinto emisor (L_1) y el recinto receptor (L_2) medidos en dB, en función de la frecuencia.

$$D = L_1 - L_2 \text{ [dB]} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

El Índice de reducción acústica aparente (R'^2): es el aislamiento acústico que ofrece un elemento constructivo medido in situ, se mide en dB y es función de la frecuencia.

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \cdot \text{Log} \frac{S}{A} \text{ [dB]} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

La Diferencia de niveles estandarizada entre dos recintos interiores (D_{nT}): es la diferencia entre los niveles medios de presión sonora en dos recintos por una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de los recintos, normalizada al valor 0,5 s del tiempo de reverberación. Este índice de igual forma es función de la frecuencia.

$$D_{nT} = L_1 + L_2 + 10 \cdot \text{Log} \frac{T_0}{T} \text{ [dB]} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

T: T60 del recinto de prueba en segundos

T₀: tiempo de referencia de 0.5s

Índice global de reducción acústica (R_w): Es el valor que permite conocer que tan factible es un sistema o material para la reducción acústica. El aumento de este índice en 1dB, significa que reducirá aproximadamente 1dB en el nivel de ruido. Es decir que a mayor valor de R_w , existe un mejor aislamiento acústico.

Índice de reducción sonora aparente (R'_{45°): Es la medida de ruido aéreo de un elemento constructivo cuando su fuente sonora usa un ángulo de 45° de incidencia. Se lo calcula por medio de la siguiente ecuación.

$$R'_{45^\circ} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) \text{ dB} - 1,5 \text{ dB} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

2.6. Índices acústicos para ruido de impacto

El Nivel de presión de ruido de impactos normalizado medido in situ (L'_n): es el nivel de presión de ruido de impactos de un elemento constructivo ensayado en laboratorio cuando es estimulado por la máquina de impactos que se rige a normas. Es función de la frecuencia.

$$L'_n = L + 10 \cdot \log \frac{A}{10} [dB] \quad (\text{Ecuación 7})$$

El Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado (L'_{nT}): es el nivel de presión de ruido de impactos in situ, en dB, en el recinto receptor normalizado a un tiempo de reverberación de 0,5 s, cuando el elemento constructivo horizontal es excitado por la máquina de impactos normalizada. Es función de la frecuencia.

$$L'_{nT} = L + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} [dB] \quad (\text{Ecuación 8})$$

2.7. Tiempo de reverberación (T60)

Es el tiempo que se demora un sonido en disminuir 60 dB por debajo de su nivel inicial, este parámetro dependerá de los materiales con los cuales estén formados el recinto en estudio, es decir que, si las paredes son muy reflectantes, el T60 tendrá valores altos y viceversa si los materiales son muy absorbentes el T60 será mínimo.

2.8. Normativas

Las normativas son leyes que regulan el funcionamiento correcto de determinada actividad. En este caso se precisarán en aquellas relacionadas con el ámbito acústico a nivel nacional e internacional que permiten el control del ruido y el aislamiento.

A nivel nacional poco o nada se ha realizado en cuanto al control del ruido entre espacios arquitectónicos. La información existente aparece en la Norma

Ecuatoriana de la Construcción donde se mencionan los niveles de ruido que son permitidos en los diferentes recintos.

2.8.1. Normativas Ecuatorianas

2.8.1.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

La Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), promueve la Norma Ecuatoriana de la Construcción con el objetivo de actualizar el Código Ecuatoriano de la Construcción, aprobado en 2001.

Para cumplir con las disposiciones de calidad, seguridad de las edificaciones y sobre todo para proteger la vida de las personas se dispone de procesos regulados que constan en la NEC. Por la naturaleza de esta norma los requisitos establecidos en la misma deben ser cumplidos y no deben ser acogidos como opcionales. La obligatoriedad de esta norma es a nivel nacional por lo que las instituciones públicas, privadas y profesionales de la construcción deben cumplir y hacerlas cumplir.

La NEC en el Capítulo 9 apartado 3.5 “Propiedades acústicas” facilita la información para la protección en edificaciones del ruido.

Tabla 1

Niveles máximos de ruido en interiores

DESTINO/ACTIVIDAD	NIVEL MÁXIMO DE RUIDO
Dormitorios	30 a 40 (dB)
Biblioteca Silenciosa	35 a 40 (dB)
Sala Estar	40 a 45 (dB)
Oficinas Privadas	40 a 45 (dB)
Aula de Escuela	40 a 45 (dB)
Oficinas Generales	45 a 50 (dB)
Hospitales	30 a 40 (dB)
Hoteles	35 a 40 (dB)

Tomado de Norma Ecuatoriana de la Construcción

2.8.1.2. Texto unificado de la legislación secundaria de medio ambiente TULSMA

El documento Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, es una normativa técnica que se encuentra en vigencia desde el año 2003. Esta norma regula y promueve el desarrollo en distintos campos de investigación con respecto a la protección del medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2003).

El documento TULSMA, en su capítulo sobre acústica, menciona los límites del ruido permisibles, los mismos que dependerán de la zona y uso de suelo del recinto. Este documento indica los valores con respecto al impacto ambiental del ruido en exteriores (Ministerio del Ambiente, 2003), más no hace referencia a los niveles máximos permitidos en los interiores de la edificación. A pesar de ello servirá como referente.

Tabla 2

Niveles máximos permisibles según el uso del suelo

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 21H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	36
Zona Residencial mixta	55	37
Zona Comercial	60	38
Zona Comercial mixta	65	39
Zona Industrial	70	40

Tomado de TULSMA. Libro VI, Anexo 5

2.8.2. Normativas Internacionales

2.8.2.1. Norma Española UNE-EN ISO 140-5 Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas

En esta norma se cuantifica el índice de reducción sonora de un elemento de fachada. Se especifican dos métodos para la medición del ruido aéreo correspondiente al aislamiento acústico de fachada y de fachadas completas. Los métodos son los siguientes:

- **Métodos para elementos:** cuantifican el índice de reducción sonora de un elemento de fachada como es el caso de una ventana. Este método es más usado cuando se desea comparar las propiedades de un elemento de la fachada in situ con los resultados obtenidos en laboratorio.

El ruido de tráfico es el que se genera por vehículos, actividades comerciales, industriales, trenes o ruidos existentes en el ambiente que generen molestias en recintos cercanos.

El ruido de altavoces para este proyecto fue un amplificador, una fuente sonora omnidireccional que posee varios parlantes conformando en un solo cuerpo que tiene forma de dodecaedro, este amplificador se lo usó para generar ruido ambiente y posterior obtención de mediciones con ayuda del sonómetro en el recinto de estudio.

Los métodos de ruido de tráfico y de altavoces dan a menudo resultados algo diferentes. El método del ruido de tráfico tiende a dar resultados más bajos del índice de reducción sonora que el método de altavoces.

Métodos globales: valoran la diferencia del nivel sonoro ya sea del interior o del exterior en condiciones de tráfico existentes.

El método global con ruido de tráfico da la reducción real de una fachada, en una posición de 2m frente a la fachada. Se usa cuando se desea conocer el

comportamiento de una fachada completa. El resultado no es comparable con los obtenidos en laboratorio.

El método global con altavoces proporciona el índice de reducción sonora de una fachada, en una posición de 2m frente a esta. Este método es útil cuando no es posible usar el ruido real existente y su resultado no es comparable con los obtenidos en laboratorio.

Para este proyecto debido a las condiciones y entorno del lugar que está bajo análisis no se puede evaluar con ruido de tráfico ya que las fachadas se encuentran en el último piso de la edificación y por ende no se podría obtener datos reales por su ubicación. Entonces, el método que se utilizará es el de altavoces, el cual es más útil cuando no se puede usar el ruido real.

2.8.2.2. Norma UNE-EN ISO 717 Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas

Esta norma es un estándar que precisa los índices de estimación para el aislamiento acústico, para esto se considera los diferentes espectros del nivel de sonido de varias fuentes emisoras de ruido, esta norma entrega parámetros para determinar cantidades en base a los resultados de las mediciones realizadas en el proyecto.

2.9. Recintos para eventos

Los salones comunales son espacios que se construyen dentro de los edificios y conjuntos habitacionales que sobrepasan un área determinada de construcción. Estas áreas son destinadas para dinamizar el objetivo social de los propietarios y se construyen con la intención de mejorar la calidad de vida, el bienestar humano y el bienestar del entorno.

La visión de estas áreas está enfocada a lograr un impacto positivo y de recreación comunitaria, basándose en el respeto y armonía de las personas y del medio comunitario. Ningún condómino puede abstenerse de cancelar las

cuotas para el mantenimiento y administración de los bienes comunales, en la forma prevista en el reglamento (Asamblea Nacional, 2011).

Sin embargo, la Ley de Propiedad Horizontal (Asamblea Nacional, 2011) establece que es una función de la asamblea de copropietarios reglamentar el uso y goce de los bienes comunes. Para ello es importante establecer normas dentro de la política interna de la edificación.

Además, es necesario asignar una cantidad adecuada de recursos que permita la reparación y mantenimiento del salón comunal. El administrador de la edificación es el encargado de hacer cumplir los reglamentos internos, los horarios y las normas de policía en sus aspectos pertinentes.

2.9.1 Tipos de materiales y acabados en recintos para eventos

2.9.1.1 Materiales Comunes

2.9.1.1.1 Ladrillo Macizo / Hueco

Este elemento constructivo es de forma rectangular hecho de arcilla cocida en unas instalaciones especiales llamadas “bòbiles” u hornos. “El ladrillo tradicional era macizo y servía para hacer todo tipo de paredes. Actualmente hay muchos tipos de ladrillos entre los cuales se pueden mencionar los siguientes: los ladrillos macizos, los ladrillos calados y los ladrillos agujereados” (Villasante, 1995, p. 35).

Según Villasante (1995, p. 36), un muro de ladrillo macizo respecto a un muro de ladrillo hueco será diferente debido a la densidad y a la cantidad de masa que posea cada uno de los muros.

2.9.1.1.2. Bloque de Hormigón

Elemento prefabricado a base de cemento, agua, agregados finos y gruesos, en algunos casos incluso con aditivos. Los bloques de hormigón no requieren de equipo pesado para su colocación o ensamblaje. Las piezas se fabrican en tamaños estándares y de esta manera resulta relativamente sencilla la

construcción con ellas. Estos elementos pueden utilizarse en sistemas de cimientos, divisiones y en paredes de carga.

Según Disensa (2010, p. 1) un muro de bloques de hormigón de 19 cm de espesor presenta un aislamiento acústico de 47 dB, a una frecuencia de 500 Hz. Mientras que si se utiliza un sistema de muros dobles de bloques de hormigón de 19cm con cámara de aire se obtendrá un aislamiento acústico de 57 dB.

2.9.1.1.3. Vidrio

En el área de la construcción se utiliza como un material que proporciona posibilidades de iluminación natural o aspectos de percepción y comunicación visual. Es un material durable, universal, de bajo costo y bajo mantenimiento. Se emplea también para la corrección de problemas acústicos. El vidrio es un material frágil y transparente. A pesar de comportarse como sólido, es un líquido sobre enfriado, amorfo y sin estructura cristalina (Álvarez, 1968).

En la siguiente tabla se detallan las condiciones acústicas del vidrio.

Tabla 3

Aislamiento acústico de vidrios planos

Esesor en mm.	Peso en Kg/m ²	Absorción Acústica para frecuencias normales. Decibeles
2.2	5.5	33.8
3.0	7.5	35.4
4	10	37.4
5	12.5	38
7	17.3	40
8	20	41.2

Tomado de Álvarez, 1968

2.9.1.2. Materiales prefabricados

2.9.1.2.1. Hormi2

La modularidad de este sistema constructivo permite la integración con otros sistemas, debido a su flexibilidad y al elevado poder de integración. Su facilidad de montaje, la extremada ligereza y maniobrabilidad del panel permiten la realización de cualquier tipología de construcción, aún en condiciones operativas dificultosas o en condiciones climáticas adversas (Casa Pronta SA, 2011). Para Maldonado (2010, p. 21), este sistema brinda una función estructural garantizada, está formado por una estructura que encierra en su interior una placa de poliestireno (EPS).

La Escuela Politécnica Nacional realizó ensayos de aislamiento acústico con paneles de las siguientes características, presentes en Hormi2 (2010):

- Panel simple de 4cm de espesor de poliestireno expandido de densidad 13 Kg/m^3 , revocado con mortero de cemento en ambas caras hasta un espesor final de 9cm.
- Panel simple de 8cm de espesor de poliestireno expandido de densidad 13Kg/m^3 , revocado con mortero de cemento en ambas caras hasta un espesor final de 13cm.

Estos ensayos fueron evaluados de acuerdo a los métodos establecidos en DIN 4109, ISO717 e RAM 4043. Los datos que arrojaron estos ensayos son los siguientes:

- Panel HORMI-2 de 4cm de espesor presenta un aislamiento EPS de 38dB
- Panel HORMI-2 de 8cm de espesor presenta un aislamiento EPS de 45 Db

2.9.1.2.2. Fibrocemento o Eterboard

Es un elemento constructivo fabricado con alta tecnología a base de cemento portland, fibras naturales y aditivos. Presenta un color gris claro, con una cara de textura lisa y otra cara de textura rugosa. Su procedimiento constructivo es ágil y económico.

En la siguiente tabla se indica la capacidad de aislamiento acústico con y sin aislante de lana de vidrio en mamposterías compuestas por placas de 8 y 10 mm de espesor.

Tabla 4

Capacidad de aislamiento acústico

CARA 1 (mm)	AISLANTE 3 1/2" (LV)	CARA 2 (mm)	AISLAMIENTO (dB)
8	NO	8	27 - 18
10	NO	10	32 - 20
8	SI	8	36 - 22
10	SI	10	42 - 24

Tomado de Eterboard, 2011

2.9.1.2.3. Gypsum

Se conoce también como "Drywall", que significa "pared seca", ya que los materiales que lo componen no requieren mezclas húmedas.

Es un sistema multifuncional, no convencional de paneles ligeros, modulados con ejes de fácil estructuración e instalación. Está siendo muy utilizado especialmente para ambientes interiores como muros divisorios, cielorrasos, etc (Ricardo Cepeda, 2014).

La incorporación de aislantes como lana de vidrio o lana de roca permiten obtener la reducción acústica que se desea. A continuación se detallan datos sobre el aislamiento acústico que se puede obtener con el gypsum.

Tabla 5

Características acústicas del gypsum

TIPOLOGÍA	EXIGENCIA ACÚSTICA	ESPESOR DE PANEL UTILIZADO	RESISTENCIA ACÚSTICA	AISLANTE UTILIZADO
Pared Divisoria interna	37 dB	12.5 mm	38 dB	NO
		15 mm	41 dB	NO
Pared Divisoria con espacios de usos comunes	44 dB	12.5 mm	44 dB	Fibra de vidrio de 2"x14 kg/m ³
		15 mm	44dB	NO
Muro Divisorio entre apartamentos	48 dB	12.5 mm	51dB	Fibra de vidrio de 2"x14 kg/m ³

Tomado de GYLPAC, 2014

2.10. Requerimientos para los recintos de eventos

En este estudio se ha identificado cierto tipo de mecanismo en donde se utilizan varias opciones de materiales de construcción de acuerdo al recinto. Puntualmente para el tipo de recinto sujeto de estudio de este proyecto se identifica que la opción de materiales constructivos más adecuados son: materiales porosos (lana de vidrio, lana de roca). Además se necesitará realizar un tratamiento de aislamiento acústico en paredes para reducir el ruido que produce el recinto de estudio.

3. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

3.1. Materiales del recinto en estudio

Este proyecto se propuso como objetivo principal reducir el impacto del ruido que se localice dentro de la sala comunal, por lo que es indispensable considerar la estructura con la cual está construido el espacio. Este conocimiento permite identificar la propuesta óptima para el aislamiento acústico.

Se hace necesario señalar también que un proyecto de aislamiento acústico variará en función de los materiales constructivos del recinto. Por ello hay que conocer los materiales que conforman la estructura de la edificación en donde se encuentra el recinto que requiere de un acondicionamiento acústico.

El espacio está construido con los siguientes materiales: Hormi2 para paredes, vidrio, gypsum, porcelanato, puertas de madera. La mayoría de estos materiales son reflectantes.

Es así que con el proyecto se buscará mitigar el ruido ocasionado por la sala comunal con el uso de materiales adecuados que no permitan la salida de ruido excesivo.

3.2. Tipos de elementos constructivos existentes en el salón de eventos

3.2.1. Tabiquerías

Un tabique es un muro no estructural que permite separar y sub-dividir recintos, siendo generalmente un elemento fijo y opaco que puede ser instalado en cualquier parte del interior siempre y cuando no aporte una sobrecarga a la estructura. Este elemento deberá cumplir con un cierto aislamiento térmico y acústico, permitiendo la fijación de objetos y la inclusión de instalaciones técnicas sin disminuir su resistencia y sumando nuevas exigencias de acuerdo al diseño de la vivienda o edificación.

3.2.2. Medianeras

Es la pared que separa dos propiedades cerradas de diferentes propietarios. Este tipo de muros se construye en forma encaballada sobre un eje divisorio de predios o contiguo al mismo. Las paredes que dividen patios, jardines o quintas no se consideran medianeros.

Una pared medianera posee las siguientes características: un espesor de 30cm, de los cuales 15 pertenecen a cada vecino. La altura del mismo estará designada por ordenanza de la municipalidad donde esté ubicada la propiedad. Ambos vecinos contribuyeron en partes iguales a su levantamiento y los propietarios están obligados a su conservación y reconstrucción en caso de ser necesario.

A diferencia de la tabiquería, las exigencias de las medianerías son diferentes, ya que el ruido que se pretende aislar no es generado por los habitantes de un mismo recinto.

3.2.3. Fachadas

Las fachadas son mamposterías exteriores de una edificación. Por lo general cuando se habla de fachada se hace mención a la frontal, posterior, y laterales. Estas mamposterías son importantes al momento de realizar el diseño arquitectónico ya influyen en la forma de expresar o de caracterizar la construcción. A la cubierta se le suele considerar como una quinta fachada cuando se diseña de manera estética.

3.2.4. Puertas

Una puerta es un elemento de complemento en la construcción con diversas aplicaciones y usos; fabricada en varios tipos de materiales (madera, aluminio, vidrio, plástico). En el espacio arquitectónico sirve para separar estancias facilitando tanto su aislamiento como el acceso entre ellas. Las puertas pueden ser fabricadas de varios materiales.

3.2.4.1. Puertas de Madera

Es uno de los materiales más utilizados para puertas, tanto de exterior como de interior. Existe gran variedad, consistencia y tratamientos para las mismas. El roble es el árbol predilecto para la fabricación de puertas.

Las puertas de madera pueden tener sólo un recubrimiento y por dentro ser huecas. Estas se conocen como puertas placas, las cuales son fabricadas con diferentes calidades, siendo las de exterior siempre un poco más macizas que las de interior.

3.2.4.2. Puertas de Aluminio

El aluminio es un compuesto de metales diseñado para multitud de usos. En el caso de las puertas ofrece ventajas significativas, como el hecho de ser liviano y resistente a la vez. Por otro lado, ofrece cualidades de aislamiento térmico.

Por ser un material tan maleable, los diseños en puerta de aluminio pueden dar resultados tanto modernos como clásicos. Por ser livianas, las puertas de aluminio son fáciles de instalar.

3.2.4.3. Puertas de Hierro forjado

Este material posee la propiedad de poder ser forjado y martillado cuando está muy caliente, ya que se endurece enfriándose rápidamente. Funde a temperatura mayor de 1500 °C, es poco tenaz y puede soldarse mediante forja. Como desventajas de este tipo de material puede mencionarse el costo, ya que es uno de los materiales con alto valor en el mercado. Como otra limitación puede identificarse su relativa sensibilidad a los climas fríos.

3.2.4.4. Puertas de Vidrio

Las puertas de vidrio pueden estar enmarcadas y aseguradas en diferentes materiales, como el hierro, la madera, el aluminio, el acero y el PVC. El vidrio para puertas de exterior recibe tratamientos aislantes muy útiles y representa un ahorro energético considerable para el hogar.

3.2.5. Ventanas

Una ventana es un elemento arquitectónico que se ubica en un vano o hueco elevado sobre el suelo, que se abre en una mampostería. Este elemento tiene la finalidad de proporcionar luz y ventilación al recinto correspondiente. Los materiales más usados de ventanas en Ecuador son la madera y el aluminio.

3.2.5.1. Ventanas de madera

Tradicionalmente las ventanas son de madera y se tratan con pinturas o barnices que mejoran su comportamiento y durabilidad a la intemperie. Por este motivo es necesario que la madera sea de buena calidad para que soporte el maltrato de las inclemencias del tiempo. Además, las ventanas de madera requieren de reparaciones y mantenimiento regular con costos extra. Este tipo de ventanas son mejores que las ventanas de aluminio para aislar el ruido exterior y mejorar el aislamiento térmico, evitando calor en verano y frío en invierno.

3.2.5.2. Ventanas de aluminio

Actualmente se ha generalizado el empleo del aluminio. Es un metal más ligero que el hierro; no se oxida ante la acción de los agentes atmosféricos: ni necesita mantenimiento alguno y además es económico. Sin embargo, las ventanas de aluminio son malas en cuestiones de aislamiento térmico y acústico.

3.3. Materiales Porosos en el Ecuador

3.3.1. Fibra de vidrio

Este material se utiliza como aislante acústico y térmico ya que posee un gran número de celdillas (o poros) formadas por aire. Según Diamant (1967, p. 23), la fibra de vidrio es uno de los más eficientes en absorción de sonido acústico, posee coeficientes de absorción que están entre 0.85 y 0.95 en frecuencias de 500 y 2000 Hz aproximadamente. Es ideal para instalar en paredes divisorias de los sistemas constructivos livianos.

La fibra de vidrio se obtiene a partir de la fundición, centrifugación y otros tratamientos sometidos a este material (vidrio). Es común que se comercialice en rollos de 18.3 m. de longitud por 12 m. de ancho.

Tabla 6

Principales características de la fibra de vidrio

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN
Fibra de vidrio de espesor de 1.27 cm.	0,01201 kg/dm ³	0,85
Fibra de vidrio de espesor de 1.9 cm.	0,01393 kg/dm ³	0,85
Fibra de vidrio de espesor de 2.54 cm.	0,01602 kg/dm ³	0,85

Tomado de Diamant, 1967

3.3.2. Lana de roca

Este material es incombustible y es el más óptimo para el uso de aislamiento tanto acústico como térmico, ya sea de ruido aéreo o ruido de impacto. Su ventaja en comparación a otros radica en que es imputrescible y químicamente neutro.

Tabla 7

Datos importantes de la lana de Roca

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN
Panel de lana de Roca de 50 mm	0.138 kg/dm ³	0.55

Tomado de Rougeron, 1977

3.3.3. Espuma de Poliuretano

La espuma de poliuretano es un material excelente para el aislamiento acústico debido a su capacidad de sellado que es muy útil ante el ruido aéreo.

La espuma de baja densidad y celda abierta es más adecuada. Esta espuma puede “doblar el valor de coeficiente de reducción de transmisión de ruidos con respecto a las de celda cerrada, llegando a 0.65 con una frecuencia de 500 Hz” (Rougeron, 1977, p. 45). Por otra parte, las espumas de celda cerrada son óptimas para el aislamiento térmico, con la combinación de las dos espumas se pueden realizar aislamientos acústicos y térmicos.

Tabla 8

Datos de espuma de poliuretano

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN
Dimensiones variables	25 a 150 kg/m ³	0,65

Tomado de Rougeron, 1977

3.4. Mediciones In Situ para el recinto actual

Para realizar la toma de sonido se realizó una cadena electroacústica que está conformada por una serie de elementos que constituye el camino por el que recorre la señal de medida, desde la fuente hasta la salida. Los elementos que conforman una cadena electroacústica son:

Micrófono dBx RTA-M: Es un micrófono analizador en tiempo real, posee una respuesta de frecuencia plana con mucha precisión. Entre sus características principales encuentran las siguientes:

- Patrón polar: Omnidireccional
- Tipo de micrófono: Condensador
- Frecuencia de respuesta: 20 Hz - 20 kHz
- Impedancia: 250 30% (at 1,000Hz)
- Sensibilidad: -63 dB +-3 dB

Interfaz de audio MBox mini 3: Es un equipo muy útil, posee varias funciones, la más usada es para capturar audio muy nítido, funciona con distintos software de audio. Entre sus características principales encuentran las siguientes:

- -Una Conexión Usb
- Una Entrada De Mic Condensador
- 2 Entradas Para Instrumentos
- Phantom Power (Voltaje necesario para polarizar las placas del micrófono electrostático o de condensador)
- Controles De Volumen (1 Para El Mic 1 Para Los Instrumentos 1 Para La Salida Por Audiculares & Otra Para La Salida De Monitores)

Smaart live: Este software es una herramienta muy importante al momento de realizar mediciones de audio y acústica. Entre otras funciones permite el análisis del sonido en acústica de sala, usado en este proyecto.

Este software permite encontrar el tiempo de retardo entre dos señales, mediante dos canales de entrada y utiliza algoritmos para calcular las respuestas de impulso de dos señales de audio continuas.

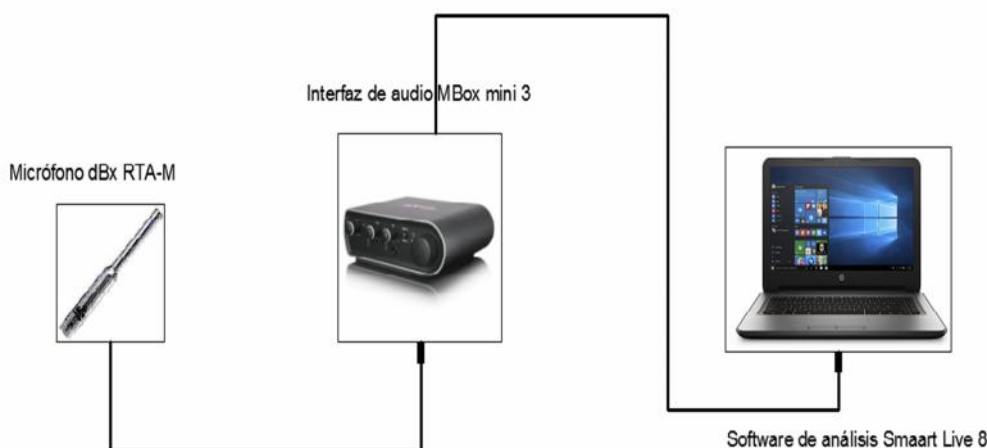


Figura 5. Cadena Electroacústica para T-60

Fuente Omnidireccional Cesva BP012: Permite una emisión omnidireccional (Que se puede utilizar en todas las direcciones o sentidos.) del ruido reproducido. Entre sus características principales encuentran las siguientes:

- Diagrama de directividad omnidireccional
- 123 dB de potencia acústica
- Fácil de transportar

Generador de ruido amplificado Cesva AP602: Contiene un generador de ruido rosa y blanco, un ecualizador por 1/3 de banda de octava y además un amplificador de potencia. Entre sus características principales encuentran las siguientes:

- Ecualizador gráfico por bandas de 1/3 de octava incorporado
- Tamaño reducido: 350 x 300 x 150 mm

- Peso ligero: 4,75 kg
- Tecnología inalámbrica Bluetooth® incorporada
- Mando a distancia MA001 incluido
- 123 dB PWL (con el altavoz omnidireccional BP012)

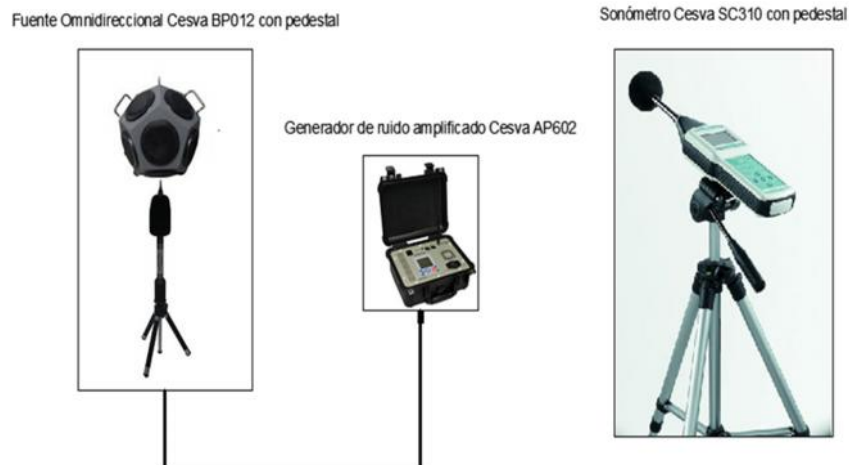


Figura 6. Cadena Electroacústica para medición de L1 – L2

Las fichas técnicas de los equipos antes mencionados se adjuntarán en la parte de anexos.

3.4.1. Procedimiento

El recinto en estudio es un espacio comunal ubicado en la terraza de la edificación, la misma que está construida por 4 pisos de departamentos, esta área comunal fue pensada para eventos sociales para uso de los copropietarios. La sala comunal no tiene edificaciones colindantes por lo que la mayor repercusión de ruido aéreo que se emite cuando la sala está en uso es para la cuarta planta de departamentos.

El espacio está construido con los siguientes materiales: Hormi2 para paredes, vidrio, gypsum, porcelanato, puertas de madera. La mayoría de estos materiales son reflectantes con altos valores de T-60.

3.4.1.1. Medición T-60

- Para este procedimiento se necesitó de la ISO-3382:2008 (Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios), ya que es requisito a cumplir dentro de la norma ISO 140-5 y por tanto se utilizó la segunda parte que indica cómo se deben realizar las mediciones en recintos ordinarios. Este procedimiento será ejecutado con el método de respuesta impulsiva. Para proceder con este método se capta un impulso generado por una fuente, esto a su vez genera un espectro de frecuencia que abarque el rango audible en el ser humano (20Hz a 20kHz, en donde los resultados se obtendrán por cada banda de octava del espectro audible).
- Para realizar este proceso se necesitó un micrófono de medición que respondiera a todas las frecuencias en el rango de 20 Hz a 20 KHz. Este micrófono es de condensador y necesita un voltaje alterno de 48V que se genera de la interfaz de audio.
- La cadena electroacústica para el T-60 se genera desde la captación del sonido previo a la explosión de los globos. Estas ondas son captadas por el micrófono y pasan por la interfaz de audio hacia el software, donde se calcula el tiempo de decaimiento de la onda en los 60dBs.



Figura 7. Cadena Electroacústica T-60

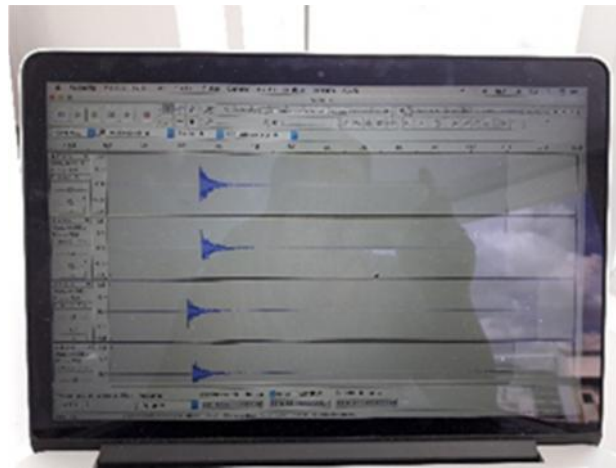


Figura 8. Software para T-60

- En la normativa se explica que se necesitan por lo menos seis muestras de audio por cada banda de octava. Esto se realizará mínimo en 3 posiciones con dos lecturas en cada uno.

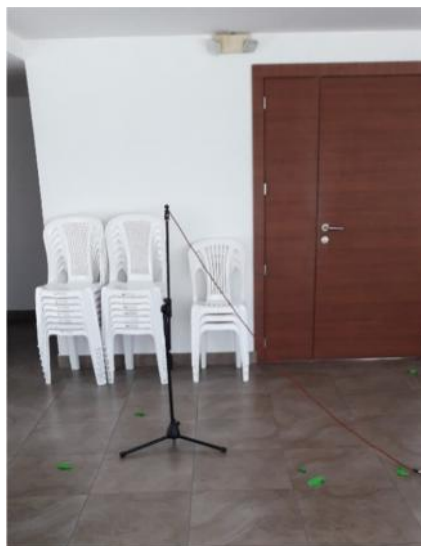


Figura 9. Medición en punto M_3

- Para realizar las mediciones se necesitan ciertos requerimientos. Por ejemplo, el micrófono no debe tener una distancia menor a 1m con respecto a las paredes; no debe estar a menos de 0.70 entre posiciones, y es recomendable que el micrófono esté a una altura del piso de 1.2m, debido a que es la altura que alcanza una persona al estar sentada.
- En el recinto de estudio se ubicaron las posiciones de una manera que abarque el área total del salón comunal. La nomenclatura que se usa es

M para mediciones y F para fuente. Estos puntos se los escogió de manera aleatoria considerando los requerimientos de posición que indica la norma.

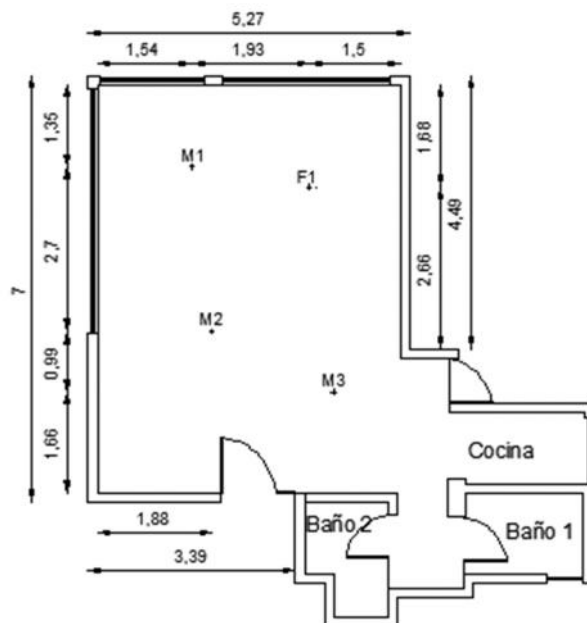


Figura 10. Distribución de Mediciones (M) y Fuente (F)

- Antes de empezar con las mediciones se regula la ganancia, con el fin de obtener una buena relación señal–ruido¹.
- A continuación se procede a tomar todas las mediciones con referencia a la fuente, estos puntos estarán ubicados en el plano del recinto.



Figura 11. Medición en cada punto respecto a la fuente

¹ es la proporción existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios.

- Con todo lo anterior se procede a la toma de datos en cada punto de medición, los cuales se verán reflejados en el software Smart live 8.

Tabla 9

Resultados de Medición del T60

RESULTADOS DE MEDICIÓN DEL T60							
Frecuencia	Medición 3		Medición 2		Medición 1		PROMEDIO
	1ra. Medición	2da. Medición	1ra. Medición	2da. Medición	1ra. Medición	2da. Medición	
100Hz	2.007	1.804	7.956	2.229	2.714	2.374	3.181
125Hz	2.007	1.804	7.956	2.229	2.714	2.374	3.181
160Hz	4.748	3.622	3.243	3.158	2.771	2.770	3.385
200Hz	2.952	3.402	3.249	3.251	3.611	3.562	3.338
250Hz	2.782	2.892	2.928	3.025	2.981	3.138	2.958
315Hz	2.920	2.915	3.124	3.251	3.052	2.806	3.011
400Hz	2.960	2.899	3.228	3.143	2.713	2.740	2.947
500Hz	2.593	2.687	2.501	2.583	2.492	2.461	2.553
630Hz	2.358	2.518	2.270	2.442	2.289	2.308	2.364
800Hz	2.118	2.185	2.301	2.206	2.170	2.185	2.194
1kHz	2.018	1.921	1.976	1.954	1.942	1.889	1.950
1,2kHz	1.969	1.937	1.993	1.940	1.949	1.922	1.952
1,6kHz	1.948	1.875	1.927	1.955	1.911	1.880	1.916
2kHz	1.973	2.008	1.869	1.960	1.866	1.831	1.918
2,5kHz	1.761	1.770	1.723	1.719	1.687	1.693	1.726
3,2kHz	1.570	1.629	1.472	1.551	1.542	1.550	1.552
4kHz	1.535	1.564	1.484	1.521	1.489	1.527	1.520
5kHz	1.434	1.408	1.396	1.449	1.433	1.445	1.428

Dos mediciones realizadas en cada punto. (M1,M2,M3), y su promedio.

- Los resultados del tiempo de reverberación (T60) son altos a causa de los materiales que conforman el salón comunal, así como por las reflexiones en el interior que incrementan el nivel del ruido que ingresa al recinto y el que se genera en el interior producto del uso del salón comunal. Cabe mencionar que al momento de realizar las mediciones la sala se encontraba vacía, lo que también influyó que los resultados del T60 sean altos.

3.4.1.2. Medición L1 – L2

Para realizar estas mediciones se necesitó un amplificador de potencia, una fuente sonora omnidireccional compuesta por varios parlantes y un sonómetro. Los equipos que se usaron pertenecen a la Universidad de las Américas.



Figura 12. Amplificador, fuente sonora omnidireccional



Figura 13. Sonómetro CESVA

- El amplificador de potencia se usó para generar ruido rosa, esto quiere decir que todas las frecuencias están a un mismo nivel. El amplificador entregará energía al parlante que es una fuente dodecaédrica y tiene un patrón de cobertura omnidireccional.
- Para realizar esta medición se coloca la fuente en el piso a una distancia de al menos 5m. respecto a la fachada en la parte exterior. Posteriormente se realiza una medición de L1, la cual tiene como característica que el sonómetro esté a 2m de distancia de la fachada hacia el exterior.



Figura 14. Cadena electroacústica parte exterior

- El objetivo de esta medición es encontrar el nivel continuo equivalente y se realiza por banda de tercio de octava².
- Las mediciones deberán ser de al menos 1 minuto, con lo cual se encuentra un valor general de la medición en cada punto.



Figura 15. Medición de un minuto en M_1

² Banda de frecuencia en la que el cociente entre las frecuencias límite superior e inferior es igual al cociente de octava elevado a un tercio

- Para empezar con las mediciones se conservan los puntos de la medición del T-60, no obstante, en este caso no habrá el punto de fuente, y se aumenta un punto interno y otro externo.
- Se empieza realizando la medición del L1 en la parte externa de la fachada. De acuerdo a la norma se deben realizar tres mediciones. La primera es la de ruido de fondo (b_2) que son los ruidos indeseados que afectarán el resultado final de la medición este ruido permite hacer una corrección si fuera necesario. De igual manera la norma pide realizar al menos dos mediciones por punto elegido.

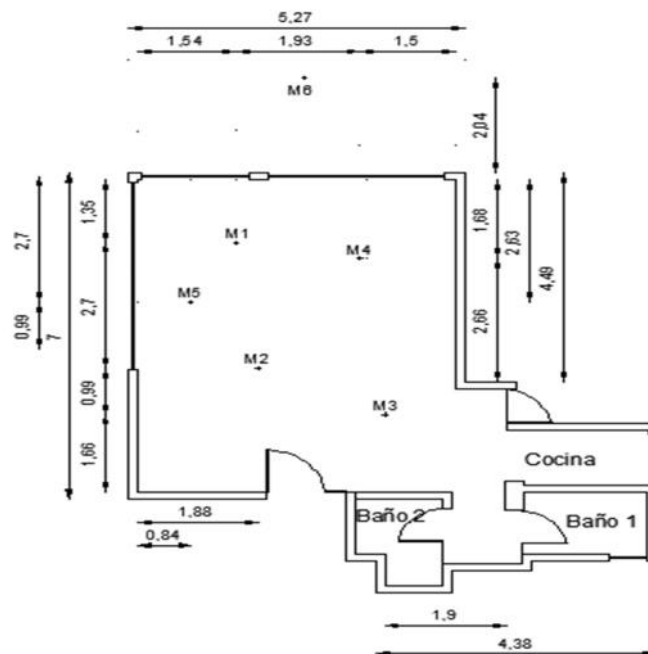


Figura 16. Distribución de Mediciones (M)

- Una vez obtenidos los datos de la parte exterior de la fachada, se va al recinto donde de igual manera se obtienen tres mediciones en cada punto, las cuales son: una de ruido ambiente, y las dos siguientes con el parlante que está ubicado en la parte externa del recinto. De acuerdo a la norma en recintos pequeños como el del proyecto es necesario realizar al menos 5 puntos de medición en el interior de la fachada, y al menos un punto en el exterior.



Figura 17. Medición de un minuto en M₃



Figura 18. Medición de un minuto en M₄



Figura 19. Medición de un minuto en M₅

Cada medición se irá guardando en el sonómetro. Para este proyecto se obtuvieron 18 datos en formato xls, lo cual viabiliza su tabulación.



Figura 20. Información guardada en Sonómetro

3.4.2. Resultados de las mediciones

Los resultados que a continuación se presentan del valor R_w se obtuvo a partir de una plantilla de Excel que entrega automáticamente los datos del índice de reducción sonora aparente. La estructura del informe que a continuación se presenta está basado en la norma UNE-EN ISO 717 (Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas).

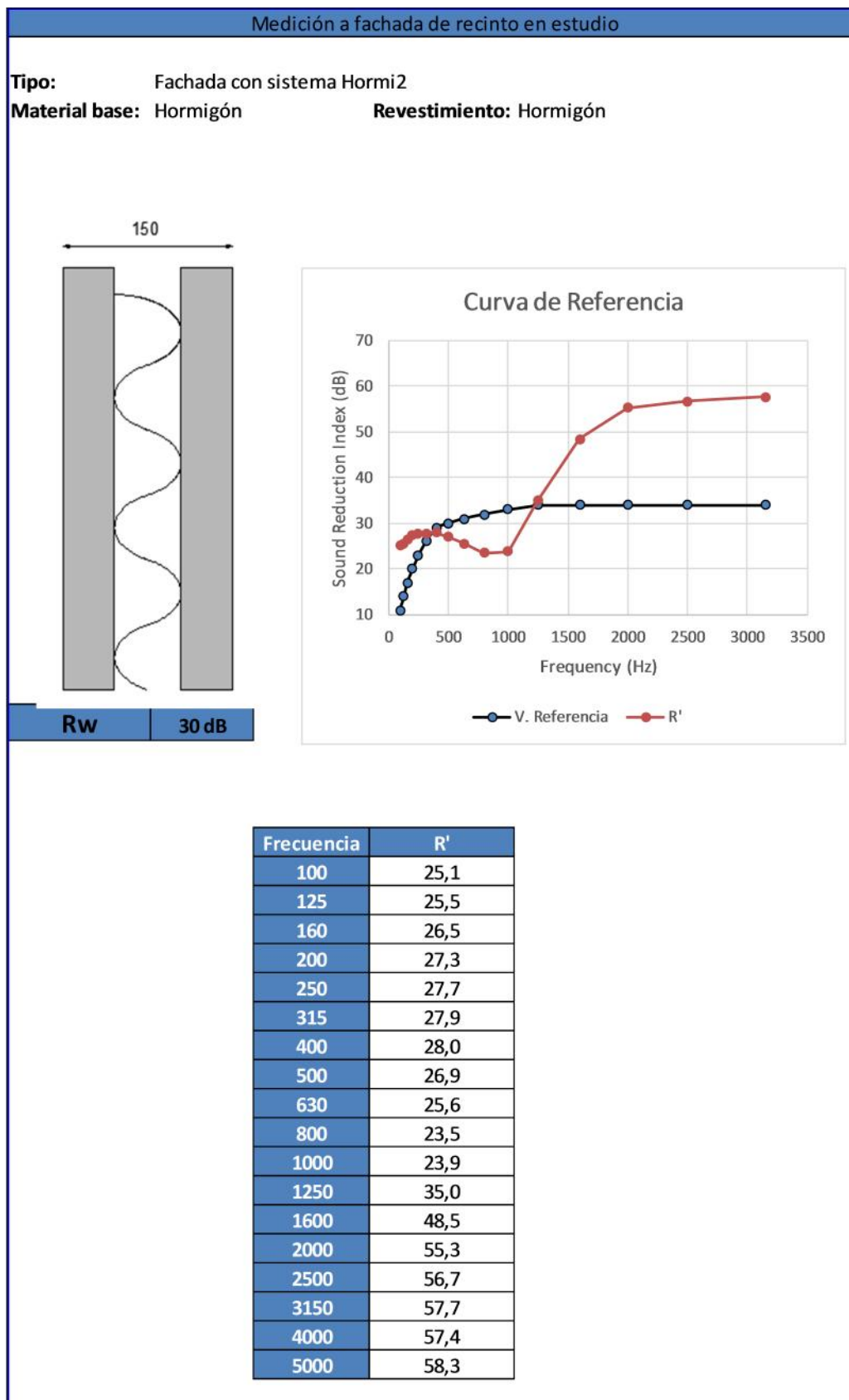


Figura 21. Medición de Ruido en fachada del recinto en estudio

De la simulación del estado actual del salón comunal se obtuvo un R_w de 30 Db (figura 21), sabiendo que el salón comunal no posee ningún tipo de materiales que permitan disminuir el ruido, la búsqueda será mejorar el R_w con el fin de aumentar este indicador a fin de reducir los niveles de ruido ocasionados al momento en que se emite ruido desde el salón comunal, específicamente por las actividades sociales organizadas por los condóminos.

3.5. Propuesta de aislamiento acústico

El software utilizado para obtener las proyecciones de aislamiento es el INSUL; el cual permite predecir el resultado de un aislamiento acústico de paredes, suelos, techos, ventanas y cubiertas. Este software predice el aislamiento acústico a ruido aéreo estudio que se realizó en este proyecto de titulación.

La fiabilidad de este software se deriva principalmente de la posibilidad de disponer de una base de datos con gran cantidad de materiales de construcción muy importantes para cada simulación, los mismos que son predeterminados por el software y editables, además considera un rango de cálculo de 50-5000 Hz, cálculo de fugas, cálculo de interior y exterior entre otras características.

Para ejemplificar el rendimiento de este software, a continuación, se mencionan dos ejemplos del rendimiento de aislamiento de sonido predicho vs. medido:

- **Ladrillo revestido.**

Ladrillo de arcilla (90mm de espesor) con 1 capa de cartón de yeso de 16mm fijada al clip acústico y manta de fibra de vidrio de 25mm en cavidad.

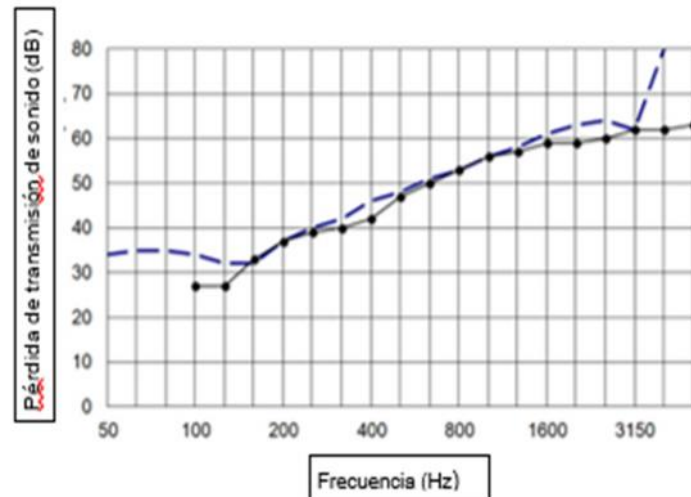
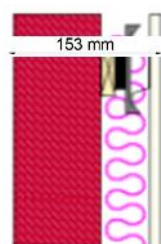


Figura 22. Curva de R_w de acuerdo a las características del material mencionado anteriormente (ladrillo de 90 mm de espesor) de acuerdo a la simulación con el software INSUL.



Predicho R_w 49

Medido R_w 51

Figura 23. Ejemplo 1 INSUL: Estructura de la partición del ejemplo citado anteriormente.

- **Tabique de Acero**

2 capas de 13 mm de yeso tipo X de cada lado de los postes de madera de 90 mm. Manta en la cavidad.

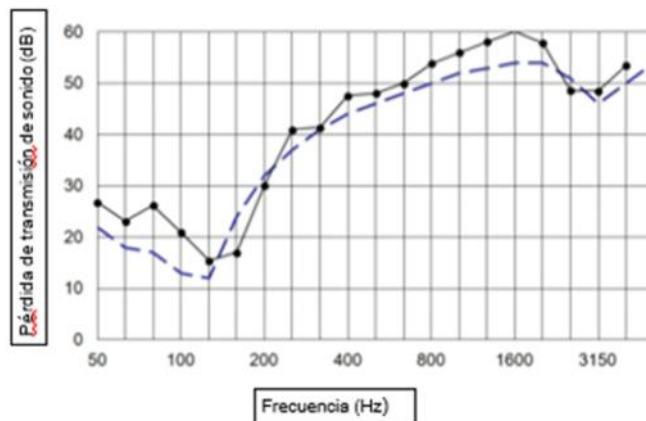


Figura 24. Curva de R_w de acuerdo a las características del material mencionado anteriormente (2 capas de 13 mm de yeso) de acuerdo a la simulación con el software INSUL.



Figura 25. Ejemplo 2 INSUL: Estructura de la partición del ejemplo citado anteriormente.

En los ejemplos se demuestra que lo predicho se asemeja a lo medido, la confiabilidad de este sistema de simulación tiene un rango de precisión de ± 3 dB.

3.5.1. Simulación de sistemas constructivos para aislamiento acústico

Los materiales del recinto en estudio son los siguientes: la estructura de la fachada es de Hormi2 de 11 cm de espesor. Para la simulación se usaron datos extras de este material como la densidad de 2340 kg/m^3 y el módulo de Young 11 GPa.

Las ventanas de vidrio estas conformadas por un vidrio simple de 8mm de espesor.

3.5.2. Resultados finales

Luego de la aplicación del simulador en el software Insul se obtuvo los siguientes resultados, dos para fachada de hormi2 y dos para fachada de vidrio.

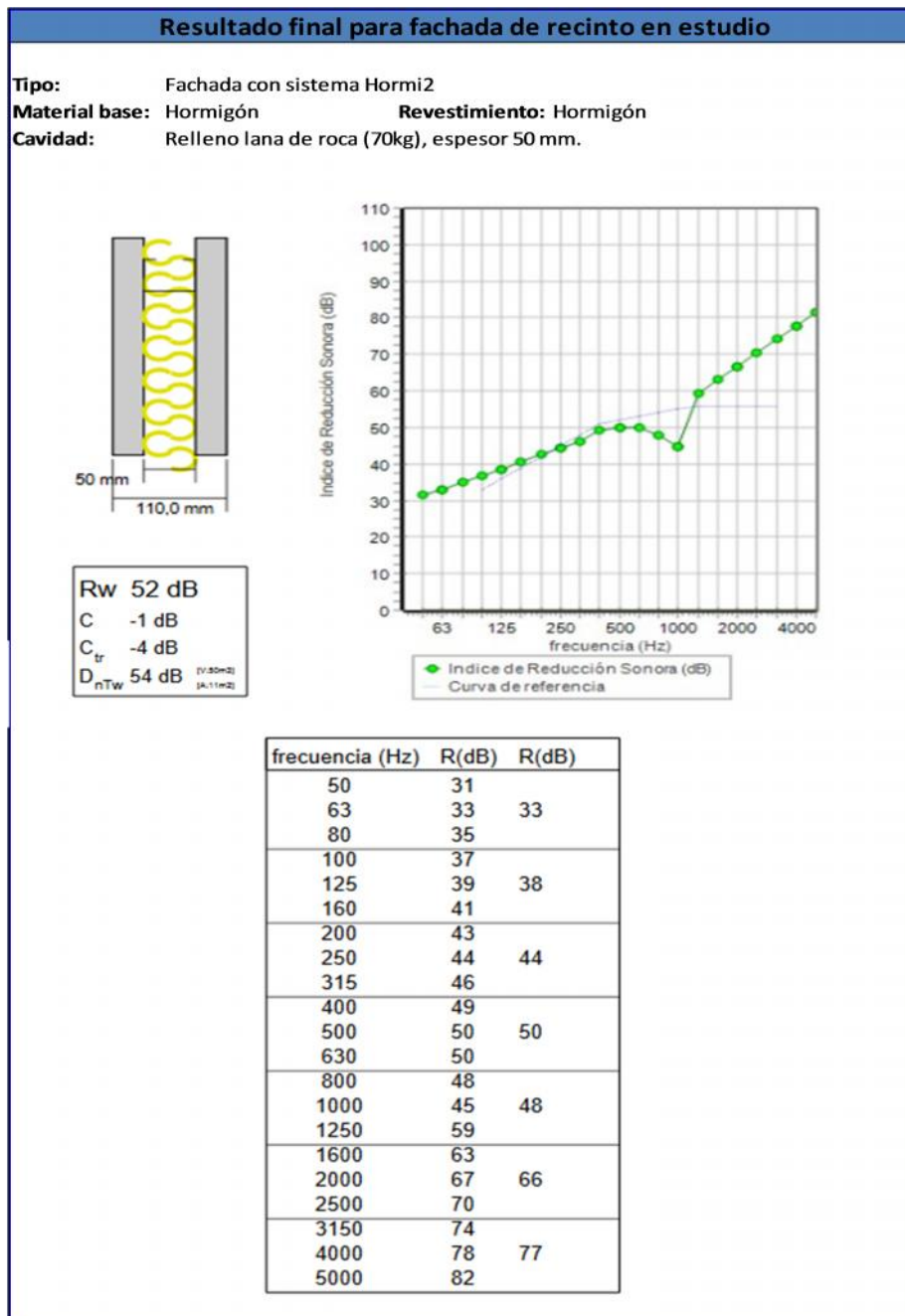


Figura 26. Propuesta 1 de pared para la fachada del salón comunal con su índice de reducción sonora.

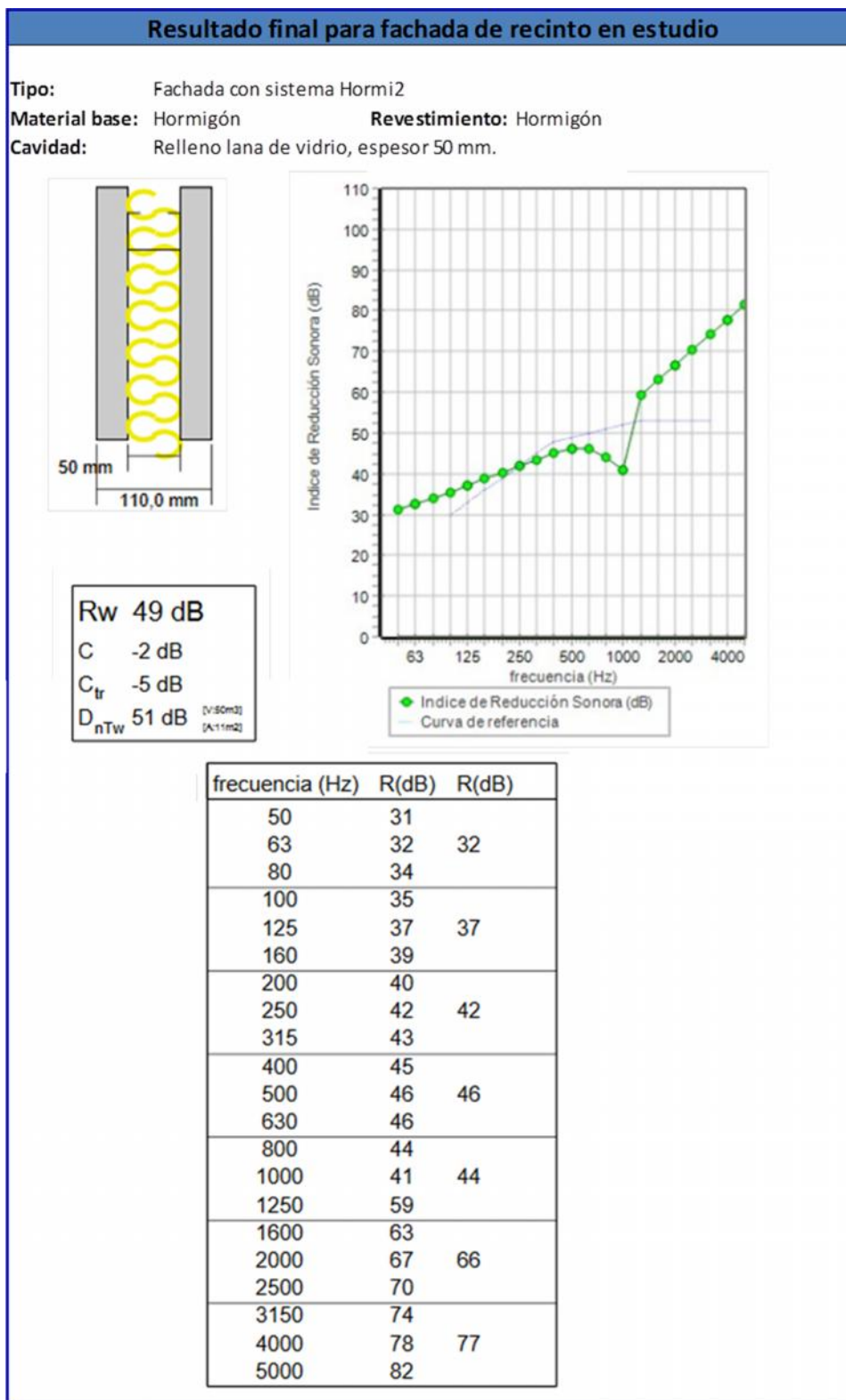


Figura 27. Propuesta 2 de pared para la fachada del salón comunal con su índice de reducción sonora.

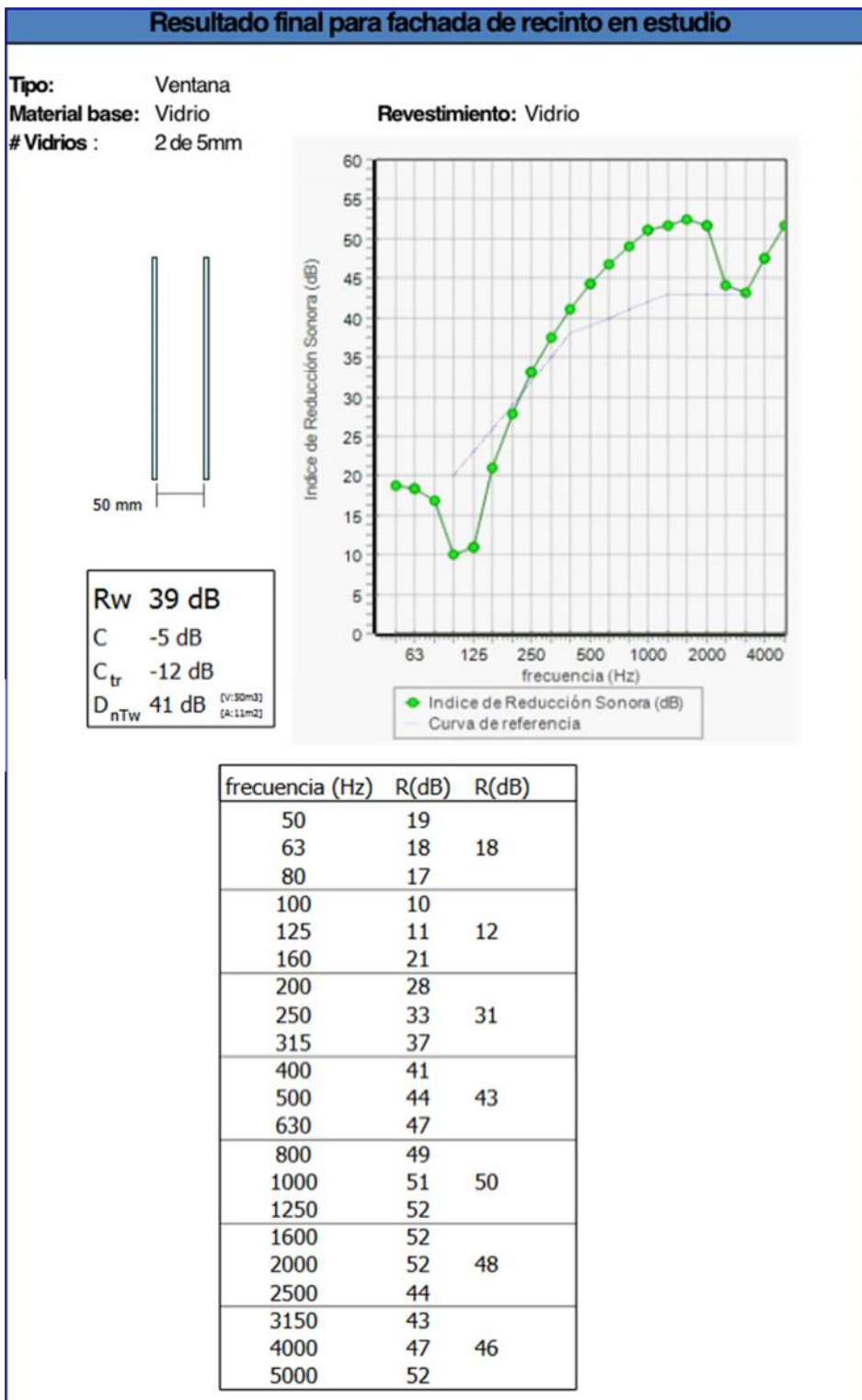


Figura 28. Propuesta 1 de ventana para la fachada del salón comunal con su índice de reducción sonora.

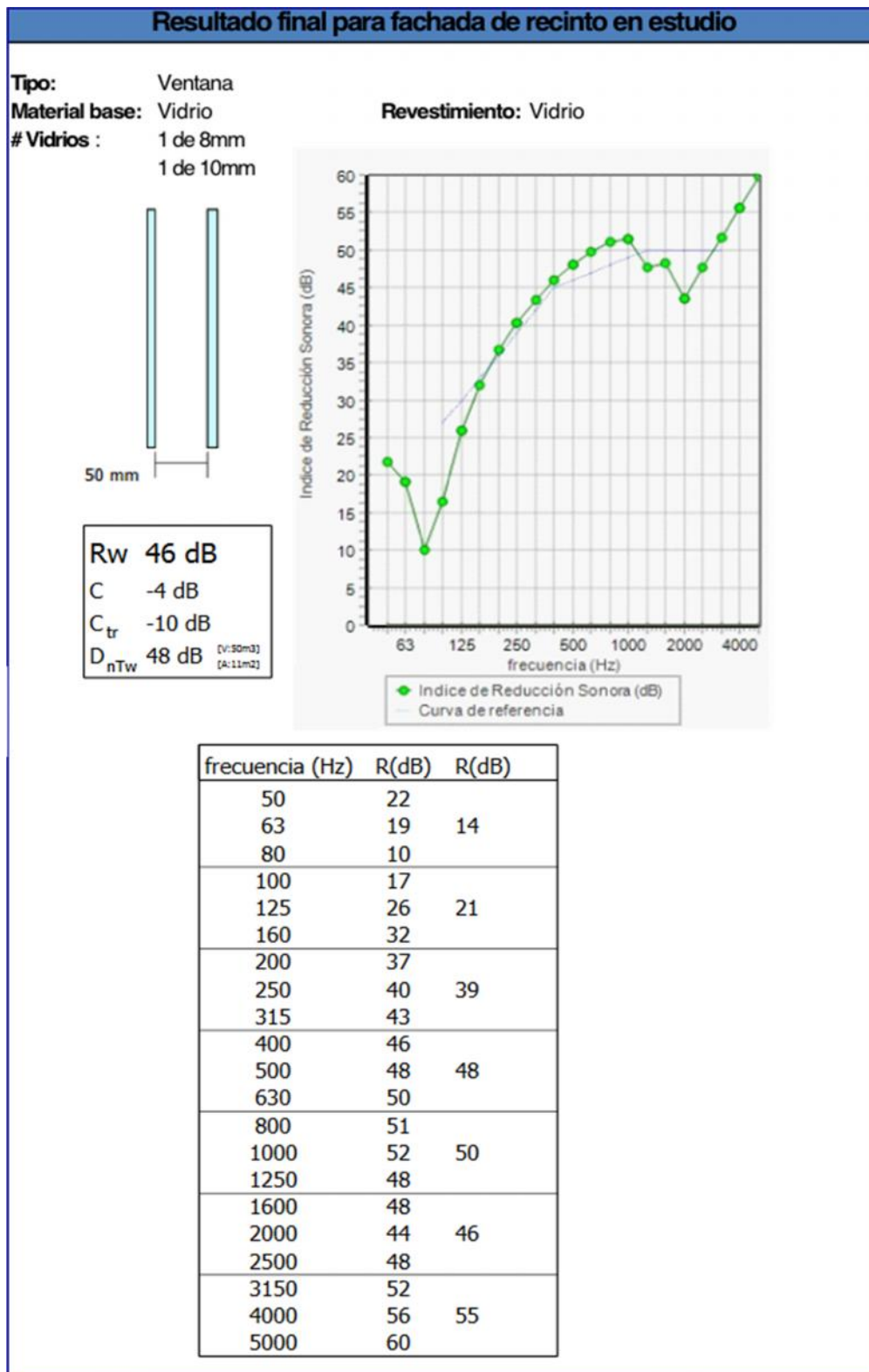


Figura 29. Propuesta 2 de ventana para la fachada del salón comunal con su índice de reducción sonora.

El cálculo de los valores del R final son el promedio energético de las bandas contiguas a las bandas centrales, es decir para hallar el promedio energético de la frecuencia de 4000 se hará un cálculo con las frecuencias de 31500, 4000 y 5000, o por ejemplo para hallar el promedio de la banda de octava de 2000, se hará un promedio con las bandas de tercio de octava de 1600, 2000 y 2500. La fórmula que se usa es la misma que la del Leq (promedio energético).

Si bien ya se tiene las proyecciones y posibles soluciones para lograr un aislamiento acústico, ahora se debe calcular el R_w total para fachadas mixtas, es decir realizar un cálculo considerando pared y ventana. Se lo realiza con la siguiente fórmula:

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{S} * 10^{\frac{-R_{i,A}}{10}} \right) dB \quad (\text{Ecuación 9})$$

$R_{m,A} = R_w$ total de fachadas mixtas

$S_i =$ Superficie parcial

$S =$ Superficie total

$R_{i,A} = R_w$ de cada material

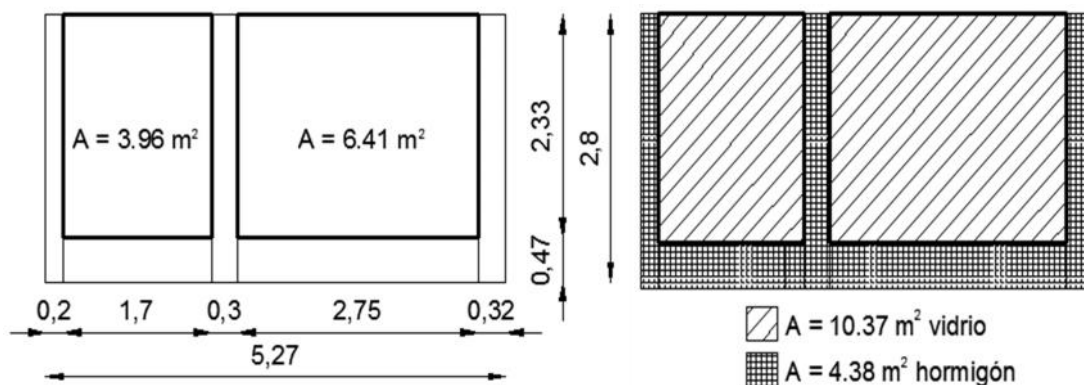


Figura 30. Fachada en estudio con áreas

Para poder calcular el Índice global de reducción acústica mixta se realizará combinaciones con los resultados finales ya presentados, a continuación se indican cada combinación.

- **Propuesta 1 de fachada de hormigón / Propuesta 1 para ventana**

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\sum_j^{n=1} \frac{S_i}{S} * 10^{\frac{-R_{i,A}}{10}} \right) dB$$

$$S_i \text{ hormigón} = 4.38 \text{ m}^2$$

$$S_i \text{ vidrio} = 10.37 \text{ m}^2$$

$$R_i \text{ hormigón} = 52 \text{ dB}$$

$$R_i \text{ vidrio} = 39 \text{ dB}$$

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\frac{4.38 * 10^{\frac{-52}{10}} + 10.37 * 10^{\frac{-39}{10}}}{14.76} \right) dB$$

$$R_{m,A} = 40.44 \text{ dB}$$

- **Propuesta 1 de fachada de hormigón / Propuesta 2 para ventana**

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\sum_j^{n=1} \frac{S_i}{S} * 10^{\frac{-R_{i,A}}{10}} \right) dB$$

$$S_i \text{ hormigón} = 4.38 \text{ m}^2$$

$$S_i \text{ vidrio} = 10.37 \text{ m}^2$$

$$R_i \text{ hormigón} = 52 \text{ dB}$$

$$R_i \text{ vidrio} = 46 \text{ dB}$$

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\frac{4.38 * 10^{\frac{-52}{10}} + 10.37 * 10^{\frac{-46}{10}}}{14.76} \right) dB$$

$$R_{m,A} = 47.1 \text{ dB}$$

- **Propuesta 2 de fachada de hormigón / Propuesta 1 para ventana**

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\sum_j^{n=1} \frac{S_i}{S} * 10^{\frac{-R_{i,A}}{10}} \right) dB$$

$$S_i \text{ hormigón} = 4.38 \text{ m}^2$$

$$S_i \text{ vidrio} = 10.37 \text{ m}^2$$

$$R_i \text{ hormigón} = 49 \text{ dB}$$

$$R_i \text{ vidrio} = 39 \text{ dB}$$

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\frac{4.38 * 10^{-\frac{49}{10}} + 10.37 * 10^{-\frac{39}{10}}}{14.76} \right) dB$$

$$R_{m,A} = 40.35 \text{ dB}$$

- **Propuesta 2 de fachada de hormigón / Propuesta 2 para ventana**

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\sum_j^{n=1} \frac{S_i}{S} * 10^{-\frac{R_{i,A}}{10}} \right) dB$$

$$S_i \text{ hormigón} = 4.38 \text{ m}^2$$

$$S_i \text{ vidrio} = 10.37 \text{ m}^2$$

$$R_i \text{ hormigón} = 49 \text{ dB}$$

$$R_i \text{ vidrio} = 46 \text{ dB}$$

$$R_{m,A} = -10 \log \left(\frac{4.38 * 10^{-\frac{49}{10}} + 10.37 * 10^{-\frac{46}{10}}}{14.76} \right) dB$$

$$R_{m,A} = 46.7 \text{ dB}$$

Los resultados obtenidos luego de la aplicación del R_w mixto en las 4 propuestas muestran claramente que al aplicar un método de aislamiento disminuyen los niveles de ruido que afectan a las áreas colindantes, adicional a esto se puede identificar que al incrementar los espesores de vidrio específicamente el indicador mejora considerablemente, teniendo una referencia de que si un R_w mixto incrementa el nivel de ruido disminuye.

Las 4 opciones presentadas pueden ser consideradas a futuro para implementación siendo en ese momento en donde se iniciará el estudio para una presentación de costo – beneficio.

4. PROYECCIONES

- Generalmente las constructoras no realizan este tipo de consideraciones para una edificación. Por lo que este estudio puede ser considerado para implementar en cada proyecto de construcción, integrando así la salud auditiva de los habitantes y su mejora de la calidad de vida.
- Se pretende además que este tipo de ensayo sea acogido como una estrategia de venta y un aporte para el constructor pudiendo ser una estrategia comercial presentada a sus potenciales clientes como un real beneficio.
- En la ejecución de este estudio se identificó la carencia de normas en Ecuador que regulen este tipo de condiciones específicas como materiales que sirvan para implementar aislamientos acústicos. Actualmente en las ciudades más pobladas del país como en Quito, existen ordenanzas que prohíben el crecimiento de construcción horizontal, es decir se proyecta un crecimiento de edificaciones en las cuales se debería considerar el aislamiento acústico en salones comunales, y en departamentos con medianeras, siendo necesario realizar estudios para la elaboración de normativas acústicas.
- Se proyecta presentar ante los copropietarios el proyecto como una opción viable para el uso adecuado del salón comunal, puesto que este espacio no es utilizado por evitar molestias a los copropietarios del edificio.
- Sería importante que en los gobiernos locales se considere como requisito de los permisos de habitabilidad de proyectos habitacionales el aislamiento acústico de los salones comunales, para proporcionar una mejor salud auditiva a los condóminos. Para identificar esta necesidad se debería crear un mapa estratégico de ruido en las ciudades más pobladas del país con el fin de conocer la cantidad de ruido ambiental en las zonas, para de esta manera determinar los materiales adecuados

para la fachada y con esto no permitir el paso de ruido desde el exterior hacia el interior de una vivienda.

- Si bien es cierto en este proyecto se evaluó una fachada, se puede además optar por evaluaciones de piso, techo, particiones como paredes medianeras, en las cuales se puede implementar materiales adecuados para la privacidad entre copropietarios.
- De acuerdo a la norma 140-5 de fachadas, la cual permite cuantificar la medición del aislamiento al ruido aéreo, se lo realiza mediante dos métodos, en este estudio se utilizó el método para elementos que permite el uso de una fuente sonora artificial, y por otra parte se puede optar por un método global que es de mayor precisión utilizando el ruido de tráfico como fuente de ruido.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones**

- En este proyecto se inició con las mediciones de los niveles de ruido emitidos en el salón comunal sujeto de estudio, estos indicadores iniciales se compararon con los indicadores finales los cuales se obtuvieron luego de una simulación incluyendo materiales porosos para lograr un aislamiento acústico. En el resultado de esta comparación se observó que el R_w (índice global de reducción acústica) inicial fue un valor bajo en comparación al R_w final, por ende la situación del salón comunal con los materiales en condiciones actuales no son las mejores para su uso.
- Después de haber realizado este proyecto y con la ayuda del software de predicción acústica Insul, se pudo realizar la simulación para los sistemas constructivos que forman parte del salón comunal en estudio, lo que permitió obtener soluciones para mitigar el impacto del ruido tanto a los condóminos como a las áreas colindantes de este salón.
- Al momento de realizar las mediciones del tiempo de reverberación se pudo constatar que los materiales usados en el salón comunal son reflectantes, lo que ocasiona que se refleje el sonido, que el ruido rebote y se produzcan distorsiones.
- El R_w mixto entrega un valor combinado de toda la fachada, en elementos como ventanas y puertas me condicionarán el aislamiento acústico, por esta razón es muy importante ayudarse de buenos elementos para mejorar al aislamiento de la pared en vez de reducirlos.
- En Ecuador tanto la NEC como el TULSMA, tiene valores de ruido permitidos no actualizados en base al impacto de ruido ambiental actual en el Ecuador, por lo que obligatoriamente los resultados de

estudio de los niveles de ruido en el país tienen que ser comparados con indicadores de normas internacionales.

- Los materiales de construcción producidos en fábricas pequeñas no tienen un control de calidad, lo que podría afectar en las dimensiones y comportamientos de sistemas constructivos, debido a que se debe usar tablas de laboratorios y no precisamente en las especificaciones de uso del producto.
- En el caso del Hormi2 se puede emplear el sistema, masa – muelle – masa, colocando en su cavidad ya sea lana de roca o lana de vidrio. Con la combinación de estos materiales se consigue una mayor reducción de la energía sonora por efecto de la absorción dentro de la cavidad, así como de las barreras que la contienen, permitiendo mejorar la condición acústica.
- En el caso de vidrio para ventanas es importante tener en cuenta que en zonas muy ruidosas no se debería usar un vidrio simple, sino se debería optar por vidrios de mayor espesor, o dependiendo el caso hasta vidrios dobles.
- En nuestro país para la construcción de edificaciones por lo menos se debería considerar el uso de materiales adecuados en particiones medianeras con el fin de tener mayor privacidad en las viviendas.
- A pesar de que con este proyecto se mejora el aislamiento acústico actual del recinto, es posible mejorarlo aún más, reduciendo el tamaño de las ventanas, las mismas que por su gran tamaño reduce considerablemente el aislamiento de la pared con el sistema Hormi2.

- **Recomendaciones**

- En el caso de un proyecto nuevo de construcción es importante evaluar los niveles de ruido para de esta manera optar por el uso de materiales ya sean no reflectantes (alfombras, cortinas, madera, etc), o materiales para un aislamiento acústico y de esta manera reducir el impacto de la emisión de ruido.
- En el caso de vidrios, la perfilería debe estar acoplada correctamente con el fin de que no ocurran pérdidas en el aislamiento del ruido ya sea al interior o exterior del área en estudio, al momento de realizar un análisis de aislamiento.
- Es importante realizar una simulación con los materiales que se va a construir para conocer el rendimiento que tendrá el sistema constructivo, en el caso de un proyecto nuevo.
- Es importante contar con un software que presente menores márgenes de error con el fin de que las simulaciones sean lo más precisas y cercanas a la realidad.
- Antes de realizar las simulaciones en el software, es importante conocer exactamente los materiales con los cuales se construyó el recinto, con el fin de que no se alteren los resultados finales, en este proyecto se logró conversar con el constructor de la edificación.
- Al momento de usar equipos de mediciones de ruido es necesario tener en cuenta que deben ser calibrados, y además manejarlos de acuerdo al manual de cada equipo, de esta manera los datos obtenidos serán adecuados.
- Respecto de los materiales de construcción producidos localmente en fábricas pequeñas, deberían ser normadas para producir materiales certificados con la finalidad de obtener datos confiables

del producto obteniendo eficiencia en el uso de las cantidades, dimensiones y costo de los materiales.

REFERENCIAS

- Álvarez, F. (1968). *El vidrio en la construcción*. Barcelona, España: Ediciones CEAC SA.
- Asamblea Nacional. (2011). *Ley de Propiedad Horizontal*. Quito: Jurídica.
- Carvajal, E. (2013, p. 12). *Reducción de ruidos en señales mediante mediante la transformada de fourier en tiempos reducidos y espectogramas*. México DF: Instituto Politécnico Nacional.
- Casa Pronta SA. (2011). *Manual Técnico de Construcción, Sistema Constructivo M2*. Casa Pronta SA: Casa Pronta SA.
- Diamant, R. (1967). *Aislamiento térmico y acústico de edificios*. Madrid, España: Blume.
- Disensa. (4 de mayo de 2010). *Bloques Rocafuerte Pesados*. Obtenido de Disensa: <http://www.disensa.com/construccion/obra-gris/bloques>
- Drake, J. (2005). *Ruidos e Interferencias: Técnicas de reducción*. Santander: Escuela Técnica Superior.
- Drake, J. (2005, p. 34). *Ruidos e Interferencias: Técnicas de reducción*. Santander: Escuela Técnica Superior.
- Echeverri, C., & González, A. (2011). Protocolo para medir la emisión de ruidos generados por fuentes fijas. *Revista Ingenierías*, 10(18), 51-60.
- Eterboard. (2011). *Manual Técnico Sistema constructivo en seco*. Colombia: Eternit.
- GYLPAC. (2014). *GYLPAC*. Colombia: GYLPAC.
- Hormi. (4 de mayo de 2010). *La nueva generación del hormigón armado*. Obtenido de Hormi: <http://hormi2.com>
- Maldonado, J. (2010). *Factibilidad de uso del sistema M2 aplicado en viviendas de Loja*. Loja, Ecuador: Universidad de Loja.
- MIDUVI. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Ministerio de Vivienda. (2009). *Código Técnico de Edificación*. Madrid: España.
- Ministerio de Vivienda. (2009, p. 25). *Código Técnico de Edificación*. Madrid: España.

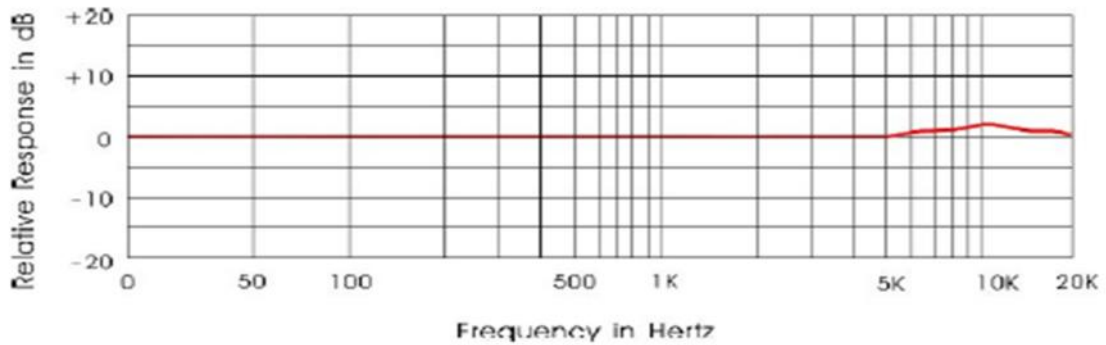
- Ministerio del Ambiente. (2003). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Miyara, F. (2003). *Acústica y sistemas de sonido*. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- Miyara, F. (2011). El sonido, la música y el ruido. *Tecnopolitan*, 2(4), 1-5.
- Miyara, F. (2011, p. 3). El sonido, la música y el ruido. *Tecnopolitan*, 2(4), 1-5.
- Ricardo Cepeda, G. (2014). *Gypsum, Información General*. México: Díaz de Santos.
- Rougeron, C. (1977). *Aislamientoacústicoytérmicoenlaconstrucción*. Barcelona, España: Editorestécnicosasociados S.A.
- Rougeron, C. (1977, p. 45). *Aislamientoacústicoytérmicoenlaconstrucción*. Barcelona, España: Editorestécnicosasociados S.A.
- Suter, A. (2015). *Ruido*. México D.F.: Díaz de Santos.
- Suter, A. (2015, p. 47). *Ruido*. México D.F.: Díaz de Santos.
- Suter, A. (2015, p. 49). *Ruido*. México D.F.: Díaz de Santos.
- Villasante, E. (1995). *Mampostería y Construcción*. México D.F.: Trillas SA.
- Villasante, E. (1995, p. 36). *Mampostería y Construcción*. México D.F.: Trillas SA.

ANEXOS

- ANEXO 1: Micrófono RTA Dbx –M

Specifications

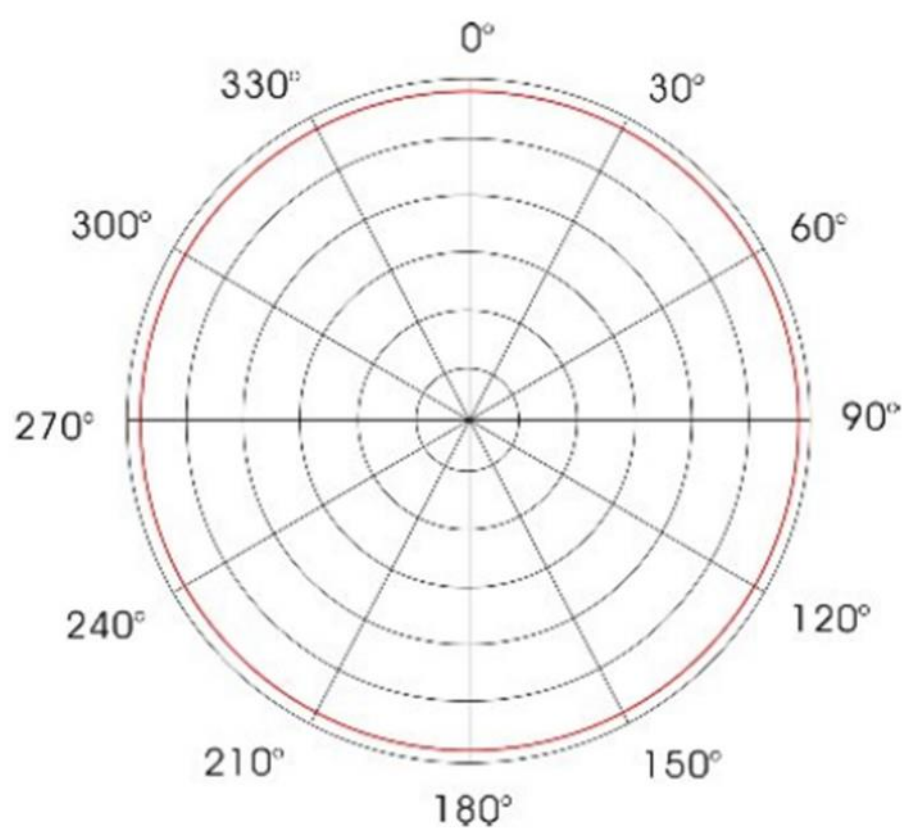
Element	Back Electret Condenser
Polar Pattern	Omnidirectional
Frequency Range	20 Hz ~ 20,000Hz
Impedance	250 Ω \pm 30% (@ 1KHz)
Operating Voltage	9~52V DC Phantom Power
Sensitivity	-63 dB \pm 3 dB (0 dB=1V/microbar 1,000 Hz indicated by open circuit)
Dimensions	\varnothing 10(mic head) x 145(L) mm



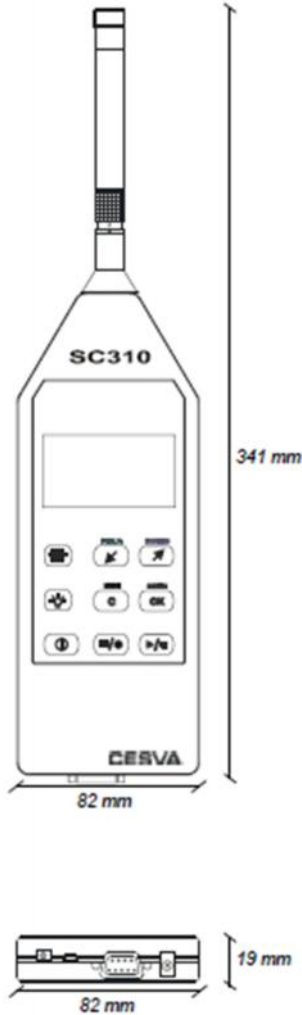
The RTA-M is an omni-directional, flat frequency measurement microphone specially designed for the Driverack series to pick up all frequencies from 20 Hz to 20 kHz , ensuring accurate "pinking"/real-time analysis of your audio. It runs on phantom power (supplied by the Driverack units) and comes with a clip and case.

Features:

Polar Pattern : omni-directional
 Element : back electret-Condenser
 Frequency Response : 20 Hz - 20 kHz
 Impedance : 250 +/-30% (at 1,000Hz)
 Sensitivity : -63 dB +3 dB (0 dB=1V/ microbar 1,000 Hz indicated by open circuit)
 Operating Voltage : phantom power 9V-52VDC



- ANEXO 2: Sonómetro Cesva C-130



Micrófono

- Modelo **CESVA** C-130: Micrófono de condensador de 1/2". Polarización: 200 V. Capacidad nominal: 22,5 pF. Sensibilidad nominal: 17,5 mV/Pa en condiciones de referencia. Preamplificador: PA-13
- Modelo **CESVA** C240: Micrófono de condensador de 1/2". Polarización: 0 V. Capacidad nominal: 20,0 pF. Sensibilidad nominal: 49,0 mV/Pa en condiciones de referencia. Preamplificador: PA040

Ponderación temporal

L_F, L_S, L_I conforme tolerancias clase 1

Parámetros

Ver tabla| Resolución: 0,1dB

Filtros de octava

Clase 1 según EN 61260:95/ A1:01 Frecuencias centrales nominales de las bandas de octava: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 Hz

Filtros de tercio de octava

Clase 1 según EN 61260:95/ A1:01 Frecuencias centrales nominales de las bandas de tercio de octava: 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000 Hz

Influencia de la humedad

Margen de funcionamiento: 25 a 90 %
 Error máximo para 25% < H.R. < 90% a 40 °C y 1 kHz: 0,5 dB
 Almacenamiento sin pilas: < 93 %

Influencia de los campos magnéticos

En un campo magnético de 80 A/m (1 oersted) a 50 Hz da una lectura inferior a 25 dB(A)

Influencia de la temperatura

Margen de funcionamiento: -10 a +50 °C
 Error máximo (-10 a +50°C): 0,5 dB
 Almacenamiento sin pilas: -20 a +60 °C

Influencia de las vibraciones

Para frecuencias de 20 a 1000 Hz y 1 m/s²: < 75 dB(A)

Alimentación

2 pilas de 1,5 V tipo LR6 tamaño AA.

Duración típica con funcionamiento continuo:

- Modo Sonómetro: 15 horas
- Modo Analizador Espectro 1/1: 13 horas
- Modo Analizador Espectro 1/3: 11,5 horas

Alimentador de red: AM240

Dimensiones y peso

Dimensiones: 341 x 82 x 19 mm

Peso: con pila 550 g ; sin pila 500 g

- ANEXO 3:Interfaz de audio M-box mini 3

	Mbox Pro (3rd gen)	Mbox (3rd gen)	Mbox Mini (3rd gen)
Line Inputs (Balanced)			
Freq Response, 20 Hz - 20 kHz	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB
Dynamic Range (A-wt)	112 dB	110 dB	106 dB
SNR (A-wt)	-112 dB	-110 dB	-106 dB
THD+N, 1 k, -1 dBFS	-100 dB	-100 dB	-94 dB
Crosstalk at 1 k	-120 dB	-120 dB	-116 dB
Maximum Input Level	+14 dBu / +6 dBV (switched)	+4.2 dBu	+0 dBu
Input Impedance	10 k (20 k)	10 k (20 k)	10 k (20 k)
Mic Inputs (Balanced)			
	Min Gain, No Pad	Min Gain, No Pad	Min Gain, No Pad
Freq Response, 20 Hz - 20 kHz	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB
Dynamic Range (A-wt)	110 dB	110 dB	106 dB
SNR (A-wt)	-110 dB	-110 dB	-106 dB
THD+N, 1 k, -1 dBFS	-100 dB	-100 dB	-94 dB
EIN Unwtd, 54 dB gain, 150 R	-128 dB	-128 dB	-128 dB
Crosstalk at 1 k	-120 dB	-120 dB	-116 dB
Max Input Level (No Pad)	+0.5 dBu	+4.2 dBu	+0 dBu
Max Input Level (With Pad)	+20.5 dBu	+24.2 dBu	+20 dBu
Input Impedance	1.8 k (3.6 k)	2.2 k (4.4 k)	2.2 k (4.4 k)
Gain Range	54 dB (74 dB with Pad)	54 dB (74 dB with Pad)	54 dB (74 dB with Pad)
Pad in dB	-20 dB	-20 dB	-20 dB
Inst Inputs (Unbalanced)			
	Min Gain, No Pad	Min Gain, No Pad	Min Gain, No Pad
Freq Response, 20 Hz - 20 kHz	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB
Dynamic Range (A-wt)	109 dB	109 dB	105 dB
SNR (A-wt)	-109 dB	-109 dB	-105 dB
THD+N, 1 k, -1 dBFS	-98 dB	-98 dB	-94 dB
Crosstalk at 1 k	-120 dB	-120 dB	-110 dB
Max Input Level	+16 dBV	+16 dBV	+16 dBV
Input Impedance	1 Mohm	1 Mohm	1 Mohm
Gain Range	54 dB (74 dB with Pad)	54 dB (74 dB with Pad)	54 dB (74 dB with Pad)
Pad in dB	-20 dB	-20 dB	-20 dB
Aux Inputs (Unbalanced)			
Freq Response, 20 Hz - 20 kHz	+/-0.1 dB	n/a	n/a
Dynamic Range (A-wt)	105 dB	n/a	n/a
SNR (A-wt)	-105 dB	n/a	n/a
THD+N, 1 k, -1 dBFS	-98 dB	n/a	n/a
Crosstalk at 1 k	-120 dB	n/a	n/a
Maximum Input Level	+2 dBV	n/a	n/a
Input Impedance	10 k	n/a	n/a
Line Outputs (Balanced)			
	Max Level	Max Level	Max Level
Freq Response, 20 Hz - 20 kHz	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB	+/-0.1 dB
Dynamic Range (A-wt)	109 dB	109 dB	109 dB
SNR (A-wt)	-109 dB	-109 dB	-109 dB
THD+N, 1 k, -1 dBFS	-102 dB	-102 dB	-93 dB
Crosstalk at 1 k	-120 dB	-110 dB	-110 dB
Maximum Output Level	+14 dBu	+10.2 dBu	+10.2 dBu
Headphone Outputs			
	Max Level, 32 R	Max Level, 32 R	Max Level, 32 R
Freq Response, 20 Hz - 20 kHz	+/-0.2 dB	+/-1.0 dB	+/-0.2 dB
Power into Ohms	60 mW into 32 R	20 mW into 32 R	20 mW into 32 R

- ANEXO 4:Generador de ruido amplificado Cesva AP-602

PRESENTATION

The AP602 comprises, in a small size and lightweight, a white and pink noise generator, a 1/3 octave band graphic equalizer and a power amplifier.

Thanks to its noise generator output and the signal input, the AP602 allows equalizing and amplifying the signal coming from an external noise generator or inserting additional signal processing equipments in the reproduction chain.

The AP602 has intermittent operation mode to facilitate background noise measurements interspersed with reception measurements

The AP602 screen shows all the information necessary to control it: reproduced noise type, internal or external configuration, equalizer on/off, playback

status play/stop, numerical and graphical information about the noise volume, graphic equalizer curve, protection equipment status PROT (power and overload protection status) and CLIP (signal clipping).

The AP602 can be operated directly from the keyboard, through MA001 remote control (with AN001 antenna) or by a PC with the included software. This communication with the PC can be done through USB cable or through type1 included Bluetooth® wireless technology, up to 80 meters coverage.

Also the forced ventilation cooling system of the AP602 is efficient for the background noise measurements.

APPLICATIONS

- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements ISO 10140-2, ISO 140-4, ISO 16283-1
- Measurement of the reverberation time of rooms ISO 3382-1/-2
- Measurement of sound absorption ISO 354

MAIN CHARACTERISTICS

- 1/3 octave band graphic equalizer included
- Reduced size: 350 x 300 x 150 mm
- Lightweight : 4,75 kg
- Bluetooth® wireless technology incorporated
- MA001 Remote control included
- 123 dB PWL with omni-directional loudspeaker BP012



TECHNICAL SPECIFICATIONS

STANDARDS

ISO 10140-2, ISO 140-4, ISO 16283-1
ISO 3382-1/-2
ISO 354

MAXIMUM OUTPUT POWER

Pink noise filtered between 50 and 5000 Hz 1/3 octave bands 6 W: 580 W

FREQUENCY RESPONSE ($\pm 0,15$ dB)

20 – 20000 Hz

TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD)

3 dB below the nominal power, 20 Hz – 20 kHz and 8 Ω load < 0.05 %

SIGNAL TO NOISE RATIO (SNR)

A weighting, 20 Hz – 20 kHz and 8 Ω load > 119 dB

DAMPING FACTOR

< 1 kHz @ 8 Ω > 1000

TYPICAL POWER CONSUMPTION

6 A
(580 VA)

MAINS

120/230 ~ VAC
50/60 Hz

SIZE AND WEIGHT

Size: 350 x 300 x 150 mm
Weight: 4750 kg

INPUTS AND OUTPUTS: CONNECTORS

Loudspeaker signal output: 4-pin Speakon® (+1, -1)

Line signal output: XLR male (unbalanced)

pin1 → ground, pin2 → hot, pin3 → free

Line signal input: XLR female (unbalanced)

pin1 → ground, pin2 → hot, pin3 → free

USB Port: Digital Type B complies with USB rev. 2.0

Wireless communication: Bluetooth® class 1

Coverage range: 80 m

MA001 Remote control communication: Radiofrequency

Coverage range (with antenna): 45 m

ACCESSORIES

SUPPLIED ACCESSORIES

- CN2US USB Cable for the communications of the AP602 with a computer.
SF600 Software for the remote control of the AP602
MA001 Remote control to control the AP602
AN001 Antenna to control the AP602 through the MA001

OPTIONAL ACCESSORIES

- BT002 Bluetooth® wireless technology device for PC



The characteristics, technical specifications and Accessories may vary without prior notice

- ANEXO 5:Fuente omnidireccional Cesva bp 102

PRESENTACIÓN

El BP012 es un conjunto de 12 altavoces montados en un baffle dodecaédrico que asegura una **emisión omnidireccional** del ruido reproducido (ver fig. 2). Esto permite emitir por igual en todas las direcciones del espacio, cumpliendo los requisitos de directividad establecidos en las normativas ISO 16283-1, ISO 140, ISO 10140, ISO 16283-1, ISO 3382-1, ISO 3382-2 y ISO-354.

El BP012 acepta una potencia de 600 W RMS con la cual es capaz de desarrollar **123 dB de potencia acústica (PWL)** en las bandas de tercio de octava de 50 a 5000 Hz(ver fig.1).

El altavoz está diseñado para proporcionar la máxima potencia durante más de una hora

El BP012 esta internamente reforzado con un bastidor de aluminio que le proporciona robustez y le permite adaptarlo al tripode TR014.

El BP012 se suministra con el cable de conexión al amplificador GN012 y la caja de transporte FL012.

APLICACIONES

- Medición del aislamiento ISO 10140-2, ISO 140-4, ISO 16283-1
- Medición del tiempo de reverberación de salas ISO 3382-1/-2
- Medición de coeficientes de absorción. Cámara reverberante ISO 354

CARACTERÍSTICAS

- Peso ligero: 14,5 kg
- Potencia acústica 123 dB PWL (con AP602)
- Diagrama de directividad omnidireccional



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NORMAS

ISO 10140-2
ISO 140-4
ISO 16283-1
ISO 3382-1/-2
ISO 354

DIMENSIONES Y PESO

Diámetro: 400 mm
Peso: 14,5 kg

IMPEDANCIA

Impedancia nominal: 6 Ω

CONECTOR

Speakon® de 4 pines (+1, -1)

POTENCIA

Potencia máxima de entrada: 600 W rms
Potencia acústica: 123 dB PWL
(ruido rosa, bandas de 1/3 de octava de 50 a 5000 Hz)
Distribución de potencia por bandas de tercio de octava:

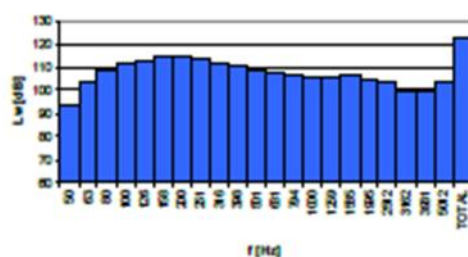


Fig.1 Distribución frecuencial de la potencia acústica del BP012

DIRECTIVIDAD

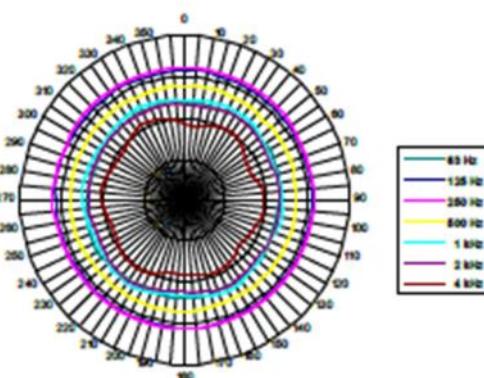
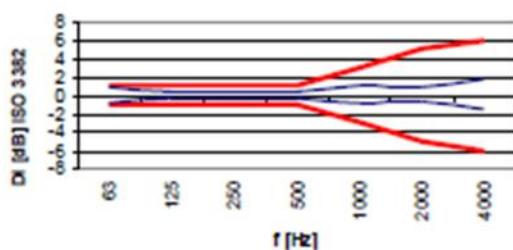
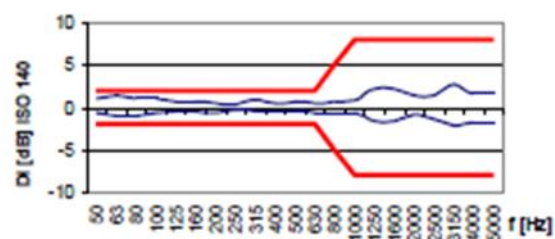


Fig. 2 Diagrama de Directividad para las bandas de octava centradas a 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz y 4 kHz