



ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES Y DOMÓTICA

EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN UN
DEPARTAMENTO DEL PROYECTO DE VIVIENDA “YOO CUMBAYA
MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA AISLANTE DE PAREDES
DOBLES”.

AUTOR

Rolando Miguel Vallejos Ayala

AÑO

2018



ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES Y DOMÓTICA

TEMA: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN UN
DEPARTAMENTO DEL PROYECTO DE VIVIENDA “YOO CUMBAYA
MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA AISLANTE DE PAREDES DOBLES”.

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

Profesor Corrector

André Jacobo Hernández Mena

Master en Ambiente, Energía y Desarrollo

Autor

Rolando Miguel Vallejos Ayala

Año

2018

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

Máster en Ingeniería Acústica de la Edificación y Medio Ambiente

CI: 1804090437

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

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

André Jacobo Hernández Mena

Master en Ambiente, Energía y Desarrollo

CI: 1716589740

DECLARACIÓN DE LA AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro ante las autoridades de la universidad de las Américas 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”

Rolando Miguel Vallejos Ayala

CI: 1719474734

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, hermanos, hermanas, prima que han sido un apoyo en el transcurso de mi vida, a mi esposa Laura que ha sido mi motivación y el impulso para seguir adelante profesionalmente, a mi Tutor MSc. José Vásquez y corrector Ing. André Hernández por sus conocimientos brindados en este proyecto, y finalmente a la Universidad de las Américas por haberme dado la apertura de iniciar una carrera técnica y por convertirme en un una persona ética, y como profesional .

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis Padres y Suegros que siempre me han brindado una palabra de apoyo, al Ing. Vicente Salazar quien fue el primordial para poder dar este gran pasó en mi vida, a mi amigo incondicional Gonzalo Shuguli por haberme brindado una amistad sincera y por estar pendiente de mi formación académica, a mi Esposa por darme siempre fuerzas para seguir adelante y luchar por un mejor futuro, a mi familia Vallejos Ayala por estar siempre conmigo.

RESUMEN

El presente trabajo propone un aislamiento acústico en el proyecto Yoo Cumbaya, mediante un aislamiento con paredes dobles en el interior del departamento en las paredes medianeras, con una cámara de aire para evitar el ruido el cual será analizado en el conjunto residencial con 128 departamentos, 90 oficinas y 13 locales, con áreas comunales, piscinas de niños y adultos; que emiten un ruido interior y exterior, incluyendo también los ruidos provocados por las viviendas que se encuentran alrededor del conjunto, se va a ocupar un software simulador que predice el aislamiento acústico, se va a trabajar en base las normas nacionales: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), Texto unificado de la legislación secundaria del medio ambiente TULSMA.

Es necesario aportar al proyecto un aislamiento acústico basado en las normas mencionadas para que los propietarios consigan un verdadero confort en sus viviendas obteniendo una verdadera privacidad en su interior y mejorando su salud auditiva.

No existe por el momento en Ecuador viviendas con aislamiento acústico por la falta de capacitación del personal de construcción y por el desconocimiento de los materiales que se necesitan y la manera más efectiva de su instalación.

ABSTRACT

The present work proposes an acoustic isolation for the Project Yoo Cumbaya an isolation with double walls in the interior of the apartment on the walls, with an air cavity to avoid noise, which will be analyzed in the residential complex with 128 departments, 90 offices and 13 premises, with communal areas, children and adult swimming pool that emit an interior and exterior noise, also including the noises provoked by the houses nearby. It will use a software simulator that predicts acoustic isolation will be worked on the basis of the national standards: Ecuadorian Construction Standard (NEC), Unified text of the secondary legislation of the environment TULSMA.

It's necessary to contribute to the Project an acoustic isolation based on the aforementioned standards so that the owners obtain a true comfort in their dwellings obtaining a real privacy in their interior and improving their auditory health.

For the moment, there are no real acoustic isolation in Ecuador, because of the lack of training of construction personnel, the lack of knowledge of the materials they need and the most effective way to install it.

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.....	6
2.1. Qué es el sonido.....	6
2.1.1. Frecuencia	6
2.1.2. La diferencia entre sonido y ruido:	6
2.1.3. Tipos de ruido en las edificaciones	7
2.1.3.1. Ruido de impacto	7
2.1.3.2. Ruido provocado por vibraciones	8
2.1.3.3. Ruido aéreo	8
2.2. Tipos de fuentes de ruido	9
2.2.1 Fuentes externas a la edificación	9
2.2.2 Fuentes internas de la edificación	9
2.3. Tipos de fuentes de ruido en el hogar.....	9
2.3.1. Ruido debido a las personas.....	9
2.3.2. Ruido de dispositivos radio y televisión	10
2.3.3. Ruido de artefactos electrodomésticos.....	10
2.3.4 Ruido de instalaciones	10

2.4 Aislamiento acústico	10
2.5 Indicadores acústicos para el ruido aéreo.....	10
2.6 Indicadores acústicas para el ruido de impacto	13
2.7 Ruido aéreo en paredes	14
2.8 Normativas	14
2.8.1 Normas Ecuatorianas.....	15
2.8.1.1 Texto unificado del medio ambiente (TULSMA)	15
2.8.1.2 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)	16
2.8.1.3 Norma UNE-EN ISO 717-1:2013.....	16
2.8.2 Descripción del proyecto.....	18
2.9 Detalles del departamento construido	18
2.10 Programa de simulación INSUL	21
2.10.1 Ejemplo de simulación en el programa INSUL	22
3. Desarrollo	23
3.1 Paredes con planchas de fibrocemento “eterboard” .	23
3.2 Pared con material de aislamiento acústico	24
3.2.1 Ventajas frente al sistema tradicional vs paredes alivianadas.....	25
3.2.2 Características de los materiales de acuerdo a sus usos.	28
3.3 Componentes para la fijación del sistema.....	29
4.Propuesta del aislamiento acústico.....	31
4.1 Simulación de la propuesta para el aislamiento acústico. ...	33
4.2 Solución de la propuesta para el aislamiento acústico.	37
5. Conclusiones y Recomendaciones.	43
REFERENCIAS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Causas, efectos y problemas del ruido	2
Figura 2. Ruido de impacto (Floria Pedro 7° edición).....	7
Figura 3. Paredes con gran masa (Floria Pedro 7° edición).....	8
Figura 4: Tipos de ruidos que actúan en la pared (Floria Pedro 7° edición).....	14
Figura 5. Imagen del proyecto Yoo Cumbayá (Yoo Cumbaya)	17
Figura 6.Pared de mampostería de bloque (Proyecto Yoo Cumbaya)	19
Figura 7. Pared mampostería con enchape de gypsum (Proyecto Yoo Cumbaya).....	19
Figura 8.Jardineras parte exterior del departamento (Proyecto Yoo Cumbaya	20
Figura 9. Hall de ingreso al departamento y fachadas del proyecto (Proyecto Yoo Cumbaya)	20
Figura 10. Medidor de frecuencias Hz (INSUL).....	22
Figura 11 Pared mineral intermedia (INSUL)	22
Figura 12. Muestra de paredes intermedias ancho 10 cm (Proyecto Yoo Cumbaya).....	23
Figura 13: Pared con aislamiento acústico con # 1 planchas de fibrocemento (Martinez, 2009).....	24
Figura 14: Paredes de ladrillo y corte para instalaciones sanitaria y agua potable (Floria Pedro 7° edición)	25
Figura 15: Paredes de mampostería con instalaciones sanitarias y agua potable (Proyecto Yoo Cumbaya)	25
Figura 16: Mamposterías tradicionales con arrostramiento horizontal y vertical en paredes perimetrales (Proyecto Yoo Cumbaya)	26
Figura 17: Pared con alivianamiento (Proyecto Yoo Cumbaya).....	27
Figura 18: Pared con alivianamientos (Proyecto Yoo Cumbaya)	27
Figura 19: Colocación de anclajes y sujeciones de estructura al piso (Proyecto Yoo Cumbaya)	29
Figura 20: Fijación de conector hacia el piso. (Proyecto Yoo Cumbaya)	30
Figura 21: Epóxico de conectores hacia el piso. (Proyecto Yoo Cumbaya)	30
Figura 22: Bloque hueco de 15cm sin recubrimiento (AUTOCAD).....	31

Figura 24 : Cámara de aire (5cm), Fibrocemento o gypsum 12.5mm (AUTOCAD)	32
Figura 234: Lana de roca (50mm/30kg/m3), Fibrocemento o gypsum 1.5mm (AUTOCAD)	32
Figura 25: Lana de roca (50mm/30kg/m3), Doble fibrocemento o gypsum 12.5mm (AUTOCAD)	32
Figura 26 : Bloque hueco sin recubrimiento (Software INSUL)	33
Figura 27 : Aislamiento con pared de gypsum y cámara de aire. (Software INSUL)	34
Figura 28: Pared de gypsum aislamiento lana de roca. (Software INSUL)	35
Figura 29 : Aislamiento con pared de gypsum dos capas. (Software INSUL)	36
Figura 30 : Plano de la planta general (YOO CUMBAYA).....	37
Figura 31 : Plano del departamento 104 (AUTOCAD)	38
Figura 32 : Bloque hueco de 15cm con recubrimiento (AUTOCAD)	39
Figura 33 : Bloque hueco de 15cm sin recubrimiento (AUTOCAD).....	39
Figura 34 : Plano de la propuesta de aislamiento acústico con lana de roca (AUTOCAD)	40
Figura 35 : Lana de roca (50mm/30kg/m3) fibrocemento o gypsum 12.5 mm (AUTOCAD)	41
Figura 36 : Lana de roca (50mm/30kg/m3) doble fibrocemento o gypsum 12.5mm (AUTOCAD)	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles máximos permisibles según el uso del suelo.....	15
Tabla 2: Niveles de ruidos para interiores	16
Tabla 3 : Precios de Materiales de fibrocemento	23
Tabla 4 Precios de Materiales de aislamiento acústico	24
Tabla 5: Características de los materiales	28
Tabla 6 : Costos de material y mano de obra por m2.....	39
Tabla 7 : Precios de materiales con una plancha de gypsum.	42
Tabla 8 : Precios de materiales con dos planchas de gypsum.....	42

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En el proyecto de Vivienda Yoo Cumbaya en construcción desde el año 2015 se realiza un estudio de aislamiento acústico. En efecto, el aislamiento acústico es uno de los grandes problemas que en la actualidad se plantea en las edificaciones de calidad para controlar el ruido emitido por instalaciones dentro de la vivienda como son: los electrodomésticos, equipos de reproducción sonora, los sistemas de aire acondicionado etc. (Ogliastri & Alberto, 2006)

Al mismo tiempo se han incrementado las exigencias de confort del ciudadano, lo que se puede comprobar en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) o El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Tulsma) Ecuatoriana y también el Real Decreto 1367 Española.

Por la cual, se dictan normas sobre protección, conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos. Toda esta normativa busca disminuir el nivel máximo de emisión en diferentes hábitats para reducir el efecto del ruido en la salud de las personas.

En este desarrollo se han plasmado varias situaciones. Por una parte la necesidad de tener datos concretos y conocimientos del comportamiento acústico de todos los materiales empleados en la edificación obteniendo como resultado la reducción del ruido. Al utilizar un material en la edificación se debe conocer los valores de índice de reducción sonora. (Sebastian, 2017)

Otra solución dentro del ámbito de la ingeniería en el sistema de aislamiento para mitigar el ruido es mejorar las fachadas en edificaciones para impedir el ingreso de sonidos molestos, y a su vez, la utilización de materiales porosos en el interior de recintos para mejorar el flujo del sonido e impedir que el mismo se filtre al exterior.

Pero también es indispensable un buen diseño geométrico en el edificio, ya que una mala distribución de los materiales para el acondicionamiento acústico, junto

con una geometría inadecuada, conducen a generar un edificio con deficiencias acústicas al igual que un edificio no tratado acústicamente. (Martinez, 2009)

Se ha tomado en cuenta la cuantificación de las transmisiones laterales como predicción del aislamiento acústico, la solución constructiva no solo implica en diseñar y validar el muro o la pared de separación con una cámara de aire sino que se debe tener en cuenta todos los elementos instalados en la edificación y valorar la transmisión del ruido por los diferentes caminos que se crean en la solución final.

1.2. Formulación del Problema

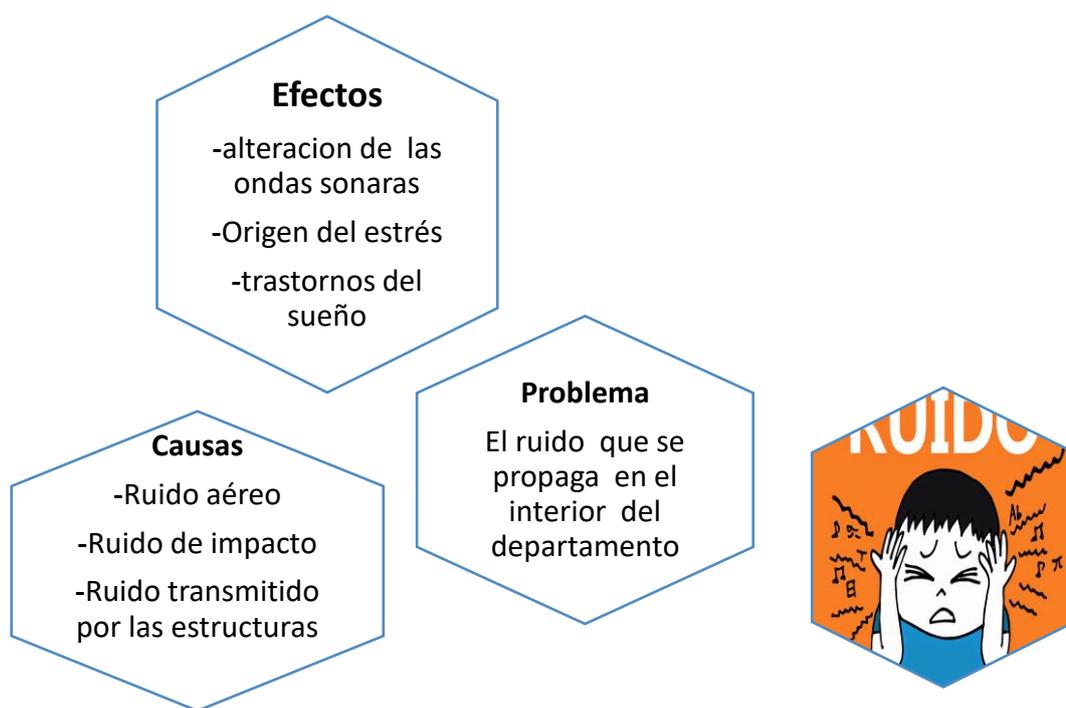


Figura 1. Causas, efectos y problemas del ruido

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el comportamiento actual y final de la pared mediante un software simulador que predice el aislamiento acústico en las paredes dobles.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el comportamiento del sonido en la edificación propuesta mediante el estudio de sus elementos constructivos y tomando en cuenta las normativas existentes nacionales e internacionales.
- Identificar y analizar qué tipo de materiales se va a ocupar y de uso acústico para la conformación de las paredes.
- Alternativas y aplicaciones de materiales para la conformación de sistema acústico.
- Identificar las diferentes fuentes de ruido dentro del departamento, tipos y características que contribuye a su propagación.
- Realizar una serie de simulaciones que permitirá obtener valores aproximados de mediciones in situ.

1.4. Alcance

El estudio del aislamiento acústico tiene un diagnóstico de los niveles de ruido existentes en la actualidad en los departamentos, utilizando el software simulador en las paredes dobles, para posteriormente compararlos con los niveles establecidos por las normativas NEC, TULSMA (Ecuador) Y REAL DECRETO 1367 (España).

Simultáneamente se pretende demostrar la importancia de los análisis de los niveles de ruido a los cuales pueden ser expuestos este tipo de edificaciones dentro del departamento, para incentivar estas consideraciones en el diseño y en la construcción de proyectos futuros.

Con base en el diagnóstico del estado actual de los niveles de ruido dentro del departamento, se realizará la propuesta de construir una cámara de aire acústico en las paredes del departamento.

En la realización del estudio se puede presentar algunas restricciones en la instalación de la cámara de aire como fugas de sonido por flancos, tomas eléctricas, entre otras, es por ese motivo que deben de ser analizados todos los

posibles elementos constructivos que puedan afectar el rendimiento acústico de la solución al problema de ruido.

La transmisión del sonido depende de tres factores:

- Caminos de transmisión.
- Mano de obra
- Ruido exterior

Esto nunca obedece a reglas “aproximadas”. En un elemento separador de doble hoja, el tipo de material absorbente que se instala en la cámara pierde relevancia frente a la falta de solidez de los cerramientos mediante bandas perimetrales, preferiblemente la hoja más ligera que habitualmente se encuentra en la parte interior. En este tipo de cerramientos o medianeras el camino dominante de la transmisión del sonido es el que conecta la hoja interior con los elementos de separación horizontales, si este camino no se anula el resto de materiales que se coloquen en la solución no aportarán ninguna mejora.

Los productos utilizados en edificación y que contribuyen a la protección frente al ruido se caracterizan por las siguientes propiedades.

Resistividad al flujo del aire: Es una característica cuantificable en productos porosos y de celda abierta. Valores bajos significan que el aire necesita una menor presión para traspasar el producto, por tanto las ondas acústicas se verán amortiguadas por rozamiento cuando atraviesa el medio poroso absorbiendo parte de la energía y aumentando el aislamiento. Las unidades de la resistividad (r) son $\text{kPa} \frac{\text{s}}{\text{m}^2}$ obtenidas según la Norma UNE EN 29053. (Ramos, 2013)

Rigidez dinámica: Esta característica mide la capacidad de amortiguación de un producto. Cuanto más bajo es el valor de rigidez dinámica, más elástico es el comportamiento de dicho producto. Por tanto, un producto con un valor bajo de rigidez dinámica tendrá más efectividad el sistema masa-muelle-masa en elementos de separación verticales con PYL. Esta característica es importante

para algunas aplicaciones de aislamiento a ruido aéreo. Las unidades de la rigidez dinámica (s') son $\frac{MN}{m^3}$ obtenidas según la Norma UNE-EN 29052-1.

En general, en las actuaciones de rehabilitación de la envolvente de los edificios donde se incorpora aislamiento por el interior, exterior o inyección de cámaras, se mejora el comportamiento acústico del edificio. Aislar las tuberías, bajantes y conductos de instalaciones evitará la transmisión de ruido de vibraciones entre la estructura del edificio. (Andimat, 2009)

2. Marco Teórico

2.1. Qué es el sonido

Es una sensación auditiva producida por una onda acústica, la misma que es el resultado de una vibración del aire, debido a una serie de expansiones y compresiones por lo que existen variaciones de presión y se lo puede detectar mediante el oído humano o por unos instrumentos. La unidad de medida del sonido es el decibelio (DB). (Vega, 2008)

P= Presión del aire (Pa).

Pref. = Presión de referencia 20×10^{-6} (Pa).

$$\text{NPS} = 20 \log_{10} \frac{P}{P_{\text{ref}}} \quad [\text{dB}] ,$$

(Ecuación 1: Formula para medir los dB)

2.1.1. Frecuencia

Es la cantidad de ciclos por segundo, o lo que es lo mismo, la cantidad de propagaciones por segundo que contiene un sonido.

Se expresa en Hertz (Hz), unidad llamada así en honor a Heinrich Hertz.

La frecuencia de los sonidos audibles está comprendida entre los 20 Hz (sonidos graves) y los 20.000 Hz (sonidos agudos) ó 20 KHz (kilohertz, es decir 1.000 Hz) (Elizondo, 2005)

2.1.2. La diferencia entre sonido y ruido:

Sonido: es toda aquella vibración acústica que se transmite a través de un objeto que produce una sensación audible agradable.

Ruido: es todo aquel sonido indeseado, desagradable y se caracteriza por ser fuerte

2.1.3. Tipos de ruido en las edificaciones

La causa del ruido es la falta de control en los elementos y sistemas constructivos que son utilizados en la edificación; esto se convierte con el tiempo en un problema para los habitantes que los profesionales de la construcción en el país no lo consideran. Los tipos de ruido son los siguientes.

2.1.3.1. Ruido de impacto

Son aquellos que se generan por un golpe o percusión que se produce sobre la superficie, de esta manera entra en vibración, generando un foco sonoro. Aquellas vibraciones son transmitidas por elementos constructivos como paredes o estructuras. El ruido siempre será transmitido por un impacto a larga distancia con poca flexibilidad.



Figura 2. Ruido de impacto (Floria Pedro 7° edición)

Para omitir los ruidos de impacto es necesario utilizar materiales que funcionen como aislamiento acústico con la finalidad que el impacto se convierta en vibración. Acoplar sistemas constructivos rígidos generará nuevos focos de ruido estructural. (Gassab, 2012)

2.1.3.2. Ruido provocado por vibraciones

A este tipo de ruido se le considera como una variante de los ruidos de impacto, se presenta cuando un cuerpo en movimiento actúa sobre un panel divisorio.

Para su desacoplamiento se utiliza materiales elásticos que no transmiten el movimiento que reciben. (Ureña, 2017)

2.1.3.3. Ruido aéreo

Es aquel que se genera por la perturbación del aire que rodea a fuentes sonoras y al llegar a un panel aislante las ondas se convierten en una vibración, provocando la propagación en otro sitio del panel. (Zuma, 2012)

Se propone hacer una cámara de aire la cual consta de fibra de vidrio en la parte interior y cubiertas externamente con planchas de gypsum o de fibrocemento. Existen dos formas de aislar una partición, se puede duplicar la masa de la pared o se puede crear un sistema masa-muelle-masa con dos paredes.

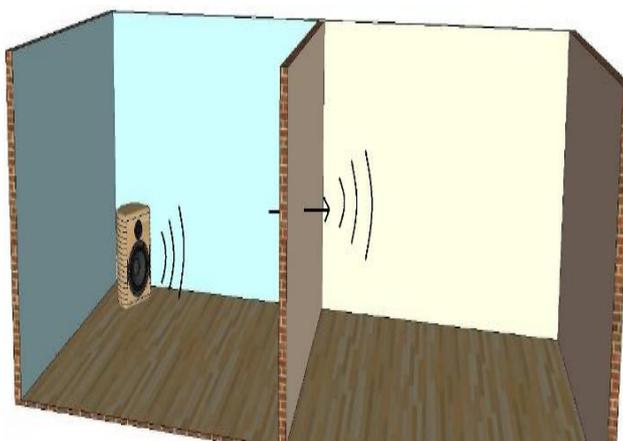


Figura 3. Paredes con gran masa (Floria Pedro 7° edición)

2.2. Tipos de fuentes de ruido

El ruido tiene cada día más trascendencia, por este motivo se trata de estudiar y conocer las fuentes sonoras en la edificación. De esta manera, se logra disminuir los niveles de ruido que generan para proteger a las personas especialmente en construcciones que requiere una gran calidad acústica. (Terena , 2015)

Existen dos tipos de fuentes:

- Externas a la edificación
- Internas a la edificación

2.2.1 Fuentes externas a la edificación

Las fuentes externas en las edificaciones existen por motivo de viento, materiales aplicados, movimiento de estructura, sonidos aéreos, sonidos vehiculares los cuales afecta a las personas que lo habitan.

2.2.2 Fuentes internas de la edificación

Las fuentes internas que existen en la edificación son producidas por las personas que habitan en ella, ya sea mediante el habla o por el uso de equipos mecánicos o electrónicos, los cuales generan un alto nivel de presión sonora, lo que impide el confort en acústico.

2.3. Tipos de fuentes de ruido en el hogar

Las fuentes de ruido en el hogar son:

2.3.1. Ruido debido a las personas

Una persona o un colectivo de personas pueden ser una fuente importante de ruido. Generalmente, si el nivel de ruido de fondo en una edificaciones elevado, las personas tienden a levantar su voz para hacer inteligible la conversación, lo que origina altos niveles de presión sonora dentro de un recinto.

2.3.2. Ruido de dispositivos radio y televisión

El nivel de ruido de estos dispositivos depende del tipo de programa que se escucha o se ve. También del volumen del mismo; una radio a gran volumen produce un nivel de potencia sonora de 80a 90 dB.

2.3.3. Ruido de artefactos electrodomésticos.

La mayoría producen ruido aéreo y estructural. Las fuentes más importantes son los lavavajillas, lavadoras, ventiladores y como aparatos menos ruidosos los frigoríficos.

2.3.4 Ruido de instalaciones

Son una fuente importante de ruido aéreo y estructural ya que propagan al exterior altos niveles de presión sonora cuando estos están en funcionamiento tales como instalaciones de vertederos de basura, ventilación, calefacción, climatización y eléctricas. (Terena , 2015)

2.4 Aislamiento acústico

El aislamiento acústico es el procedimiento que nos permite obtener una acústica determinada, aquí se considerar el sonido que genera, se transmite y se percibe. El aislamiento acústico permite mitigar el ruido mediante el correcto uso de sistemas constructivos. (Promateriales, 2015)

“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, existen de igual manera el ruido de impacto y aéreo.

2.5 Indicadores acústicos para el ruido aéreo

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

$$D = L_1 - L_2 \text{ [dB]}$$

(Ecuación 2: Ruido aéreo)

L1: nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, [dB].

L2: nivel medio de presión sonora en el recinto receptor, [dB].

Los valores acústicos se miden en decibeles, la pérdida de transmisión indica la capacidad que tiene una pared con aislamiento acústico para no transmitir las ondas sonoras. Las pérdidas dependen del espesor de la mampostería o tabique por unidad de área. En las construcciones tradicionales estas pérdidas varían entre 30 y 70 dB se pueden utilizar los siguientes índices para categorizar el nivel de aislamiento acústico.

STC: son magnitudes de transmisión sonora.

FTC: se utiliza en los estados unidos.

RW: son utilizados en Europa.

Generalmente en Iberoamérica se utiliza como magnitud acústica para representar el aislamiento el Índice global de reducción acústica (Rw), que 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 Rw, existe un mejor aislamiento acústico.

$$R_w = 20 \cdot \log(m' d) - 10R'_w + C_{tr} \geq 45dB$$

M: masa por unidad de superficie, en Kg/ m².

D: distancia entre paredes en m.

(Ecuación 3: Magnitudes acústicas)

Para calcular el índice R_w se utilizan los valores por banda de octava obtenidos ya sea en una medición in-situ o en laboratorio, conocidos como R' o R respectivamente.

Índice de reducción acústica (R): se especifica durante una medición de laboratorio para la medición del aislamiento acústico al ruido aéreo en la construcción, como paredes, puertas y ventanas. Diez veces el logaritmo decimal del coeficiente entre la potencia acústica.

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} [dB]$$

(Ecuación 4: Índice de reducción)

S: área de elemento constructivo, [m²].

A: área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, [m²].

L1: nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, [dB].

L2: nivel medio de presión sonora en el recinto receptor, [dB].

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

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} [dB]$$

(Ecuación 5: Índice de reducción)

S: área de elemento constructivo, [m²].

A: área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, [m²].

L1: nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, [dB].

L2: nivel medio de presión sonora en el recinto receptor, [dB].

La Diferencia de niveles estandarizada entre dos edificios interiores (D_{nT}): es la diferencia entre los niveles medios de presión sonora en dos edificios por una o varias fuentes de ruido, normalizada al valor 0,5 s del tiempo de reverberación. Este índice de igual forma es función de la frecuencia. (CONSEJERIA DE VIVIENDA, 2008)

$$D_{nt} = L_1 + L_2 + 10 \cdot \text{Log} \frac{T_0}{T} \text{ [dB]}$$

(Ecuación 6: Índice de la frecuencia)

Dnt: Dependen de la frecuencia.

L1: nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, [dB].

L2: nivel medio de presión sonora en el recinto emisor, [dB].

T: T60 del recinto de prueba en segundos

T₀: tiempo de referencia de 0.5s

2.6 Indicadores acústicas para el 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 en techos, losas y pisos.

$$L'_n = L + 10 \cdot \log \frac{A}{10} \text{ [dB]}$$

(Ecuación 7: Ruido de impacto)

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. (VALDIVIEZO, 2015)

$$L'_n = L + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ [dB]}$$

(Ecuación 7: Ruido de impactos)

2.7 Ruido aéreo en paredes

Un ruido incurre sobre un material su energía acústica que se distribuyen en tres clases: ruido transmitido, ruido absorbido y ruido reflejado el cual se va a proponer en la edificación.

El ruido reflejado es el que incide al reflejarse sobre una pantalla del material, es devuelto al mismo sitio donde se lo produjo.

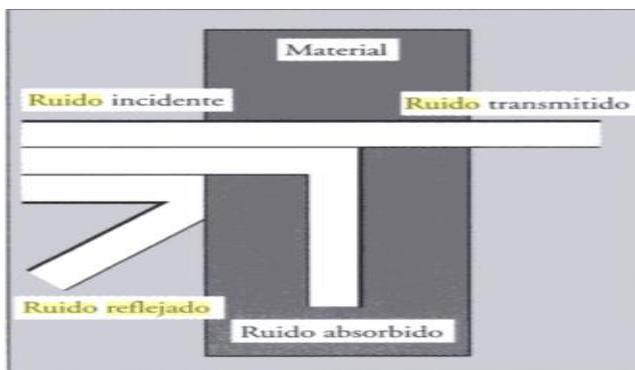


Figura 4: Tipos de ruidos que actúan en la pared (Floria Pedro 7ª edición)

2.8 Normativas

Las normativas son reglas que controlan el funcionamiento correcto de determinada actividad. En este caso se especifican aquellas relaciones con el ámbito acústico a nivel nacional e internacional que permiten el control del ruido y el aislamiento.

2.8.1 Normas Ecuatorianas

A nivel nacional no se ha realizado un control explícito sobre el ruido entre espacios constructivos. La información aparece en la Norma Ecuatoriana de la Construcción donde se mencionan los niveles de ruido que son permitidos en las diferentes edificaciones.

2.8.1.1 Texto unificado del 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 1: 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: (TULSMA)

2.8.1.2 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.

Tabla 2: Niveles de ruidos para 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: (NEC)

2.8.1.3 Norma UNE-EN ISO 717-1:2013

Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.



Figura 5. Imagen del proyecto Yoo Cumbayá
Tomado de: (Yoo Cumbaya)

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. (Consejo General de la Arquitectura Técnica, 2014)

Se conoce como un método de presentar las mediciones de aislamiento acústico al ruido en los edificios y los elementos constructivos, el cual es normalizado. Esta normativa permite entregar un índice que califica la calidad acústica con un solo número, el mismo que se ha utilizado desde 1968.

La norma ISO 717:2013 se divide en dos partes:

Parte 1: ISO 717-1 Aislamiento a ruido aéreo.

Parte 2: ISO 717-2 Aislamiento a ruido de impacto.

En este proyecto se utilizará la Parte 1, ya que se aplicará para predecir el rendimiento acústico al ruido aéreo en las paredes dobles y se buscará posteriormente soluciones para mejorar la acústica interior.

2.8.2 Descripción del proyecto

YOO Cumbayá es un proyecto rodeado de áreas verdes y grandes plazas, ubicado de manera estratégica, dentro de la mejor zona residencial del Valle de Cumbayá. Se caracteriza por ofrecer a sus futuros residentes la creación de un lifestyle (estilo de vida) bajo el concepto de espacios públicos que promuevan el buen vivir.

El concepto que manejan tanto Uribe & Schwarzkopf como YOO, trata de contemplar y priorizar el gusto del cliente, por ello cada unidad de vivienda se ajustará a su interés estético y sus necesidades. Departamentos de 1, 2 y 3 dormitorios, algunos con terraza privada en la azotea, acabados de primera, balcones y amplios ventanales que aseguran iluminación interna de manera adecuada.

YOO Cumbayá se destaca como un proyecto de uso mixto: oficinas y vivienda, construcciones totalmente independientes, cada uno con accesos privados y zonas delimitadas; con amplios espacios verdes y un río con peces que cruza todo el proyecto.

2.9 Detalles del departamento construido

En el proyecto se encuentran las paredes perimetrales con bloque hueco de 15cm y las paredes medianeras con bloque hueco de 10cm con riostras horizontales y verticales con un espesor de 10cm con hormigón armado para evitar las fisuras por los movimientos de la estructura y se encuentra con un recubrimiento de enchape en las paredes para lo cual se utiliza una plancha de gypsum de 1.5cm. Se instala con un mortero que es el bondex premiun con un espesor de 1cm y después en las juntas va con romeral más la cinta y el terminado es el empaste y pintura, esto nos evita las fisuras en el proyecto.



Figura 6. Pared de mampostería de bloque
Tomado de: (Yoo Cumbaya)

Los acabados de las fachadas están conformados por ventanas de aluminio con un vidrio de 5 mm, los cuales son instalados con vinil en el interior como el exterior y así evitar el ruido al interior del departamento.



Figura 7. Pared mampostería con enchape de gypsum (Tomado de: (Yoo Cumbaya)



Figura 8. Jardineras parte exterior del departamento
Tomado de: (Yoo Cumbaya)

La losa es de hormigón armado con un espesor de 15cm, de forma maciza con porcelanato de 1cm de grosor, será instalado con un mortero de 1cm “bondex Premium”, este es un mortero pegante para gypsum”. Esto brinda una buena adherencia entre los dos materiales utilizados.



Figura 9. Hall de ingreso al departamento y fachadas del proyecto
Tomado de: (Yoo Cumbaya)

Los muebles son de MDF y las puertas tienen ranuras en los marcos que cumplen un sellado hermético para evitar el sonido que se produce en el conjunto de vivienda y así obtener un mejor confort acústico.

Sin embargo, las características anteriores no aseguran un buen aislamiento hacia el interior debido a que las paredes perimetrales y medianeras del departamento no poseen muros con un buen rendimiento acústico.

2.10 Programa de simulación INSUL

INSUL es una herramienta para predecir el comportamiento acústico en las: paredes, pisos, techos o ventanas. El software calcula el índice de reducción de sonido (R) y los niveles de ruido de impacto (L_n) por 1/3 de octava, así como los índices globales de la norma ASTM (R_w , STC).

El Software INSUL se comercializa desde hace más de 15 años y ha experimentado considerables mejoras durante este período (ahora se encuentra en la versión 9). Sobre las muchas actualizaciones, el software se ha convertido en una herramienta sencilla y ergonómica perfectamente adaptada al entorno de Windows. La precisión de los cálculos se ha perfeccionado mediante mediciones de cálculos de comparaciones en laboratorio para una buena precisión para un gran número de construcciones.

La arquitectura de la interfaz está diseñada para poder realizar modelos en segundos, incluso los más complicados. Además, el riesgo de error es bajo gracias a la interfaz gráfica que permite ver en tiempo real los sistemas.

INSUL tiene en cuenta las dimensiones de los elementos, lo cual es muy importante para muestras pequeñas como ventanas, pero también para las más grandes, especialmente en las bajas frecuencias.

Al igual que cualquier software de predicción, INSUL no puede sustituir las mediciones. Sin embargo, las comparaciones con numerosos informes de pruebas acústicas indican que el margen de error de INSUL es inferior a 3 dB (STC o R_w) para la mayoría de los sistemas. INSUL es una herramienta de toma

de decisiones que permite mejorar significativamente los campos de acción de las oficinas de diseño acústico en el marco de sus prescripciones.

2.10.1 Ejemplo de simulación en el programa INSUL

Se tiene una pared forrada a cada lado con un marco de metal de 90 mm de espesor la cual será la fijación de las planchas de gypsum de 1,24m x 2,4.m embebida con lana mineral en la cavidad, la cual va a dar el funcionamiento de aislamiento acústico al interior del departamento para la evaluación y la propuesta que se está diseñando. (ZURITA, 2016)

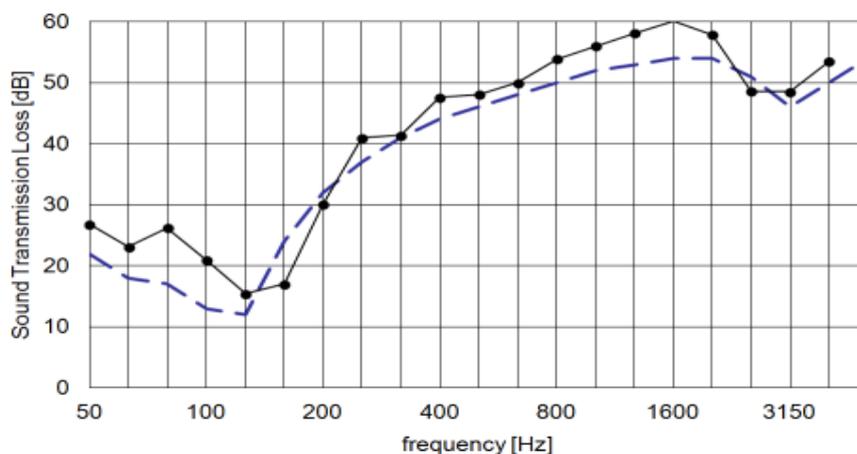


Figura 10. Medidor de frecuencias Hz
Tomado de: (INSUL)

- - - - Calculado: $R_w = 42$ dB
 ----- Medido: $R_w = 43$ dB

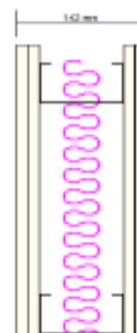


Figura 11 Pared mineral intermedia
Tomado de: (INSUL)

3. Desarrollo

3.1 Paredes con planchas de fibrocemento “eterboard”.

Los elementos fundamentales que se necesita para armar las paredes medianeras con un espesor de 10cm son los siguientes. Material y mano de obra.

Tabla 3 : Precios de Materiales de fibrocemento

Materiales	Precios
Canal (Track)	\$ 3.85 m2
Paral (Stud)	\$ 4.95 m2
Tornillos de fijación de perfiles	\$ 2.20 m2
Anclajes	\$ 3.15 m2
Lana de fibra de vidrio	\$ 6.50 m2
Lana de roca	\$ 7.80 m2
Polyestireno expandido	\$ 4.60 m2
Paneleria de recubrimiento 8mm	\$ 8.50 m2
Tratamiento de juntas	\$ 2.20 m2

Elaborado por: Rolando Vallejos

Imagen tomada de una muestra realizada con los canales (Track), para el (Stud), lana de fibra de vidrio, tornillos de sujeción, plancha de fibrocemento.



*Figura 12. Muestra de paredes intermedias ancho 10 cm
Tomado de: (Yoo Cumbaya)*

3.2 Pared con material de aislamiento acústico

Se aprovecha la cámara interna libre del sistema del muro en sistema liviano, se inserta dentro de ella un material de aislamiento como por ejemplo un panel acolchonado de fibra de vidrio, como se ve en la gráfica.

Se logra un muy buen incremento del nivel de aislamiento, sin hacer un espesor más grueso en el muro y un costo por m² de \$ 35 dólares y se gana tiempo en la forma de ejecución en las obras.

Tabla 4 Precios de Materiales de aislamiento acústico

Materiales	Precios
Estructura y tornillos	\$ 9.70
Plancha de fibrocemento	\$ 13.50
Masilla para juntas	\$ 4.60
Empaste de paredes	\$ 2.35
Mano de obra	\$ 4.85

Elaborado por: Rolando Vallejos

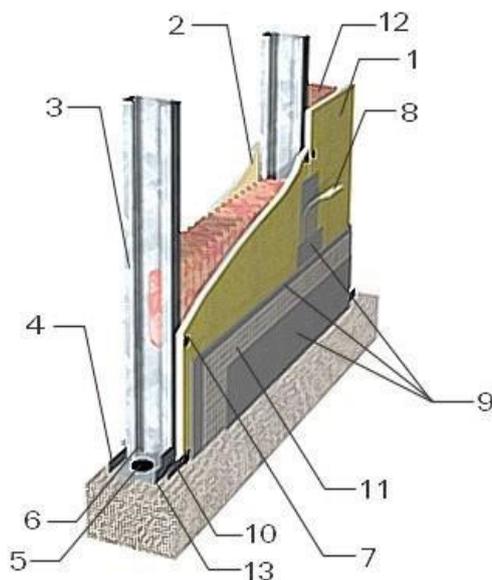


Figura 13: Pared con aislamiento acústico con # 1 planchas de fibrocemento
Tomado de: (Martinez, 2009)

3.2.1 Ventajas frente al sistema tradicional vs paredes alivianadas

El sistema tradicional de mampostería o tabiques con espesores de 10cm, 15cm y 20cm, que son muros divisores o perimetrales instalados con morteros, tienen un recubrimiento que es el enlucido, el cual demora más tiempo en la ejecución del proyecto.



Figura 14: Paredes de ladrillo y corte para instalaciones sanitarias y agua potable
Tomado de: (Floria Pedro 7° edición)

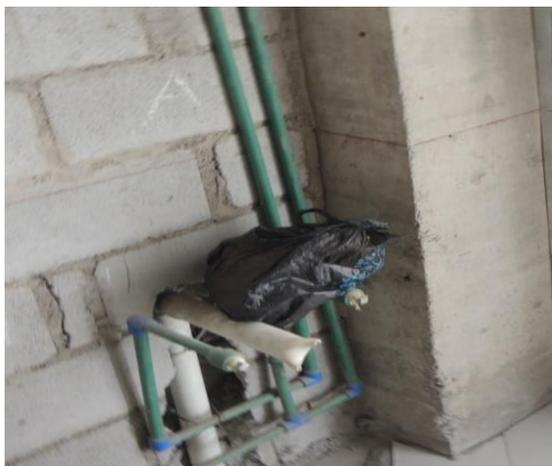


Figura 15: Paredes de mampostería con instalaciones sanitarias y agua potable
Tomado de: (Proyecto Yoo Cumbaya)



Figura 16: Mamposterías tradicionales con arrostramiento horizontal y vertical en paredes perimetrales
Tomado de: (Proyecto Yoo Cumbaya)

En las paredes alivianadas se ocupa perfilaría o canal (Track) y para el (Stud), lo cual se instala con sujeciones al piso y luego se complementa con un recubrimiento con planchas de fibro cemento, planchas de gypsum y se gana un alivianamiento en la estructura.

- Practico ahorro en tiempo y dinero, trabajo con herramientas sencillas de fácil manejo y transporte.
- Remodelaciones permite hacer cambios con un mínimo de desperdicio.
- Logística lo más sencillo.



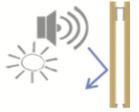
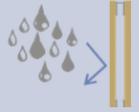
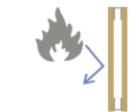
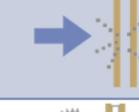
Figura 17: Pared con alivianamiento
Tomado de: (Proyecto Yoo Cumbaya)



Figura 18: Pared con alivianamientos
Tomado de: (Proyecto Yoo Cumbaya)

3.2.2 Características de los materiales de acuerdo a sus usos.

Tabla 5: Características de los materiales

CARACTERÍSTICAS		CONDICIÓN
	ASLANTE	Si las condiciones físicas o ambientales lo requieren, el sistema permite la inserción entre paramentos de materiales aislante como mantos de lana mineral, fibra de vidrio u otros. Con esto se obtienen elevados porcentajes de disminución de ruidos, temperatura y de vibraciones.
	HIDRÓFUGO (RH)	Materiales resistentes a la humedad, además contempla el uso de imprimantes hidrófugos, cortinas o mantos repelentes del vapor de agua y otras, asegurando impermeabilidad.
	CORTA FUEGO (RF)	Retarda la expansión y transmisión de fuegos ya que en su composición no se tienen elementos combustibles o explosivos. No genera humos.
	LIVIANO	Por su bajo peso permite la optimización de costos disminuyendo las cargas muertas en las construcciones en altura.
	SISMO RESISTENTE	Por sus características de conformación con perfiles de acero y placas de fibrocemento, bajo peso y masa, estos sistemas resisten movimientos sísmicos de mayor magnitud que los sistemas tradicionales de construcción rígidos y pesados. El diseño y cálculo puede asumir este sistema como de simple elemento arquitectónico, en su función y comportamiento sísmico.
	AMORTIGUA Y RESISTE	Excelente amortiguador y retenedor de impactos inherentes de la construcción convencional habitable. A mayor espesor de sus componentes más resistencia mecánica.
	INERTE	Sus materiales componentes no permiten el crecimiento de hongos, algas, gérmenes ni el ataque de insectos y roedores.
	PRÁCTICO Y ECONÓMICO	Por su rendimiento, mínima producción de desperdicios, bajo peso y masa.

Tomado de : (Sebastian, 2017)

Con las características de los materiales mencionados anteriormente podemos conocer para que sirven y cuál es el sistema de acuerdo a lo que se necesita en un departamento y así tener un mejor confort. Por otra parte permite disminuir los precios constructivos, menos desperdicio de materiales y realizar la construcción con más rapidez que las construcciones tradicionales.

3.3 Componentes para la fijación del sistema

Anclajes químicos.- se utiliza una pieza conectora (placa de anclaje) que permite vincular el montante con la solera y el anclaje, y se instala una vez que la platea está totalmente curada, los anclajes son certificados que toman grandes valores de carga.



Figura 19: Colocación de anclajes y sujeciones de estructura al piso
Tomado de: (Proyecto Yoo Cumbaya)

Primero se marca el lugar donde se realizara la fijación y luego se realiza la perforación del hormigón con una broca adecuada según las indicaciones dadas por el instructivo de instalaciones de anclaje para el diámetro de varilla roscada seleccionado, se realiza la limpieza del orificio según proceso de instalación y se rellena el hueco con el anclaje químico especificado. Luego se coloca la varilla y una vez curado el anclaje se procede a realizar la instalación del conector.



Figura 20: Fijación de conector hacia el piso.
Tomado de: (Proyecto Yoo Cumbaya)



Figura 21: Epóxico de conectores hacia el piso.
Tomado de: (Proyecto Yoo Cumbaya)

4. Propuesta del aislamiento acústico.

INSUL es el software utilizado para obtener las proyecciones de aislamiento acústico; es posible predecir el resultado de ruido de aislamiento acústico de paredes, suelos de hormigón con diferentes acabados, techos, ventanas y cubiertas.

El software predice el aislamiento acústico a ruido aéreo e impacto estudio que se realizó en este proyecto.

La fiabilidad del software INSUL; permite realizar evaluaciones de manera más rápida, en materiales y sistemas .INSUL no sustituye a las mediciones. Sin embargo, la comparación con medidas reales indica que la fiabilidad de INSUL está en 3 dB para valores de R_w y 5 dB para valores de $L_{n,w}$, en la mayoría de los casos.

El software presenta una base de datos ampliable con los materiales y suelos más comunes, presenta parámetros físicos de los materiales definibles por el usuario para su simulación, su almacenaje de soluciones complejas en disco para una valoración respectiva.

Ejemplos de simulaciones realizadas en el software INSUL.

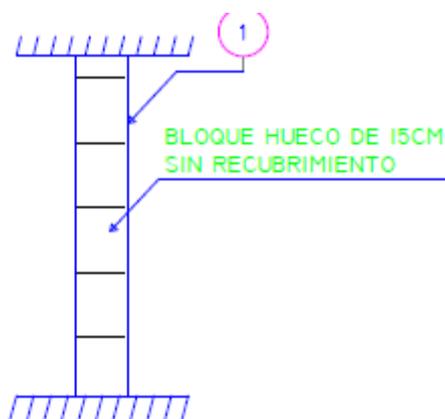


Figura 22: Bloque hueco de 15cm sin recubrimiento
Tomado de: (*AUTOCAD*)

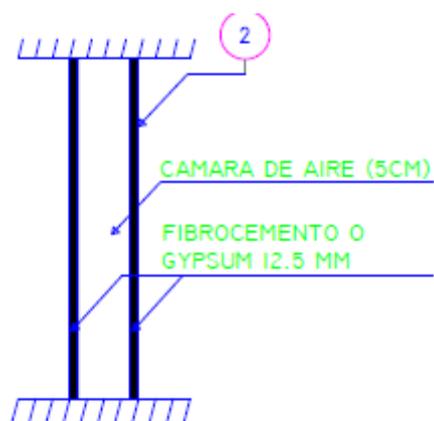


Figura 24 : Cámara de aire (5cm),
Fibrocemento o gypsum 12.5mm
Tomado de: (AUTOCAD)

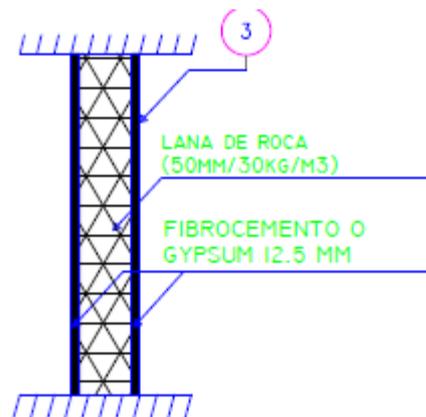


Figura 23: Lana de roca
(50mm/30kg/m3), Fibrocemento o
gypsum 1.5mm
Tomado de: (AUTOCAD)

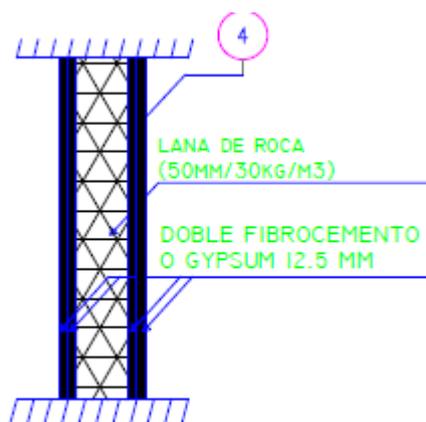
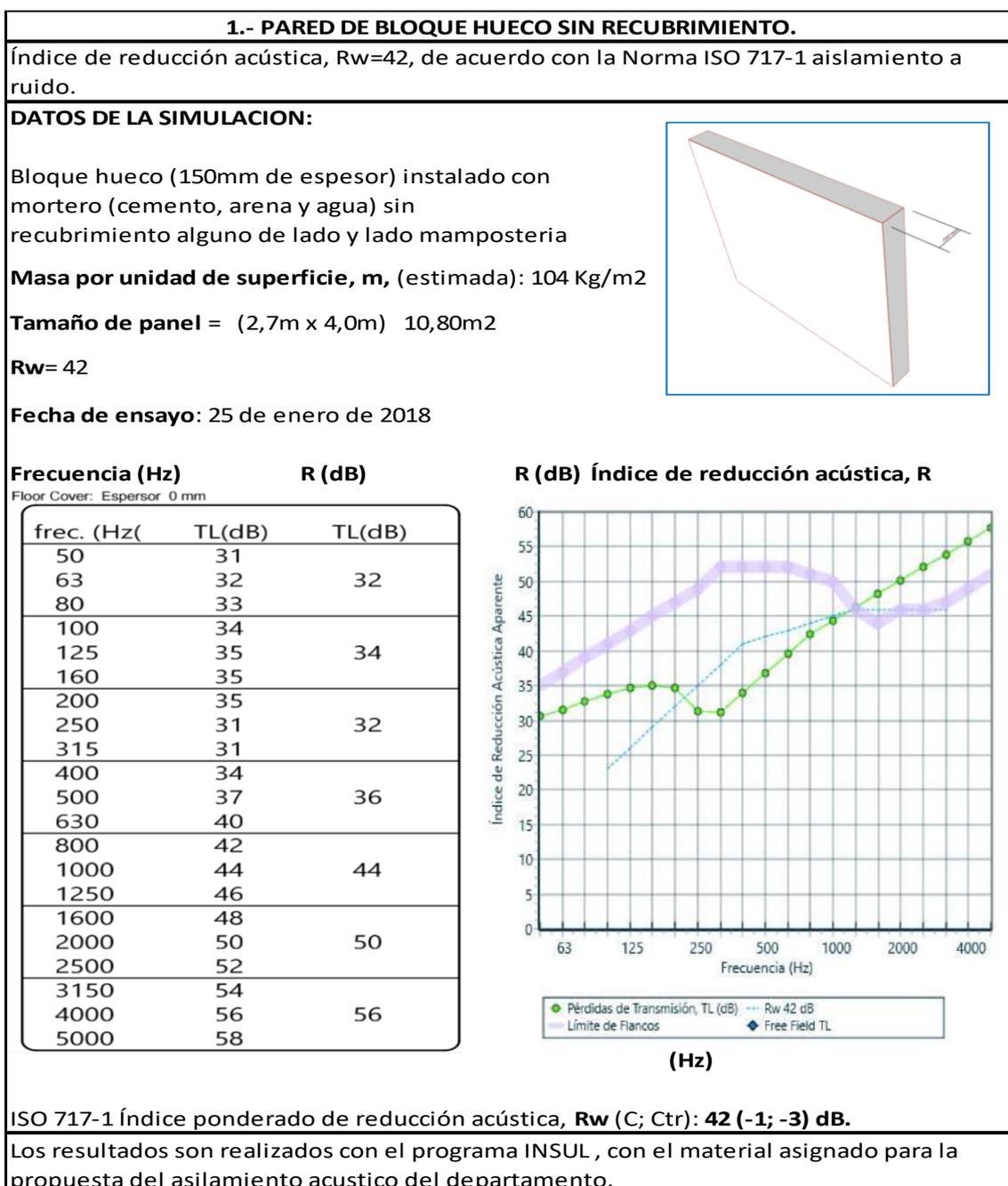


Figura 25: Lana de roca (50mm/30kg/m3), Doble
fibrocemento o gypsum 12.5mm
Tomado de: (AUTOCAD)

4.1 Simulación de la propuesta para el aislamiento acústico.

- **Bloque hueco sin recubrimiento.**

Bloque hueco (150mm de espesor) sin recubrimiento en la parte interior y exterior de la mampostería.



ISO 717-1 Índice ponderado de reducción acústica, R_w (C; Ctr): **42 (-1; -3) dB.**

Los resultados son realizados con el programa INSUL, con el material asignado para la propuesta del aislamiento acustico del departamento.

Figura 26 : Bloque hueco sin recubrimiento
Tomado de: (Software INSUL)

- Pared de gypsum con cámara de aire.

Pared con una cámara de aire (5cm de espesor) con capa de gypsum a cada lado sin aislamiento acústico en el interior.

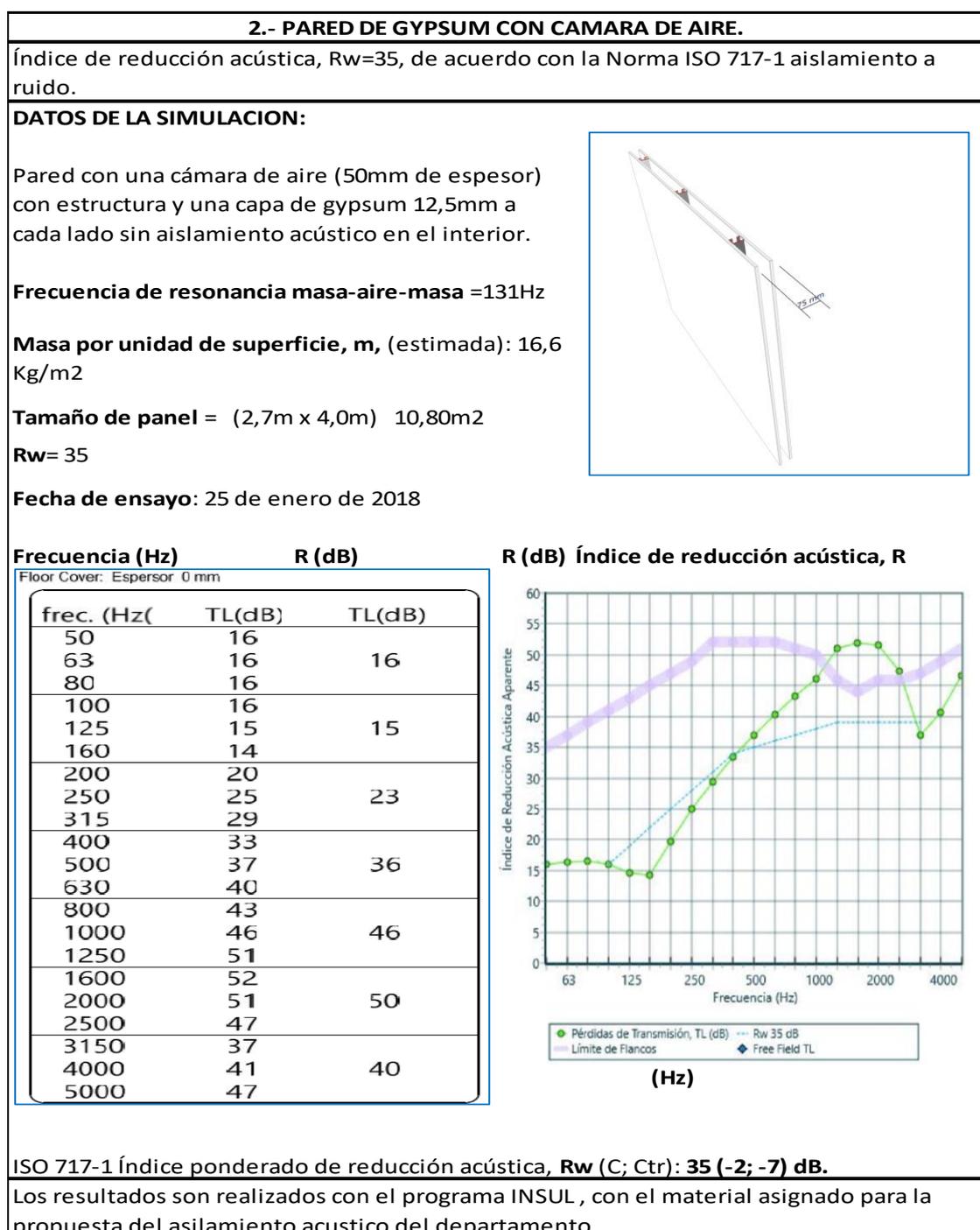


Figura 27 : Aislamiento con pared de gypsum y cámara de aire.
Tomado de: (Software INSUL)

- **Pared de gypsum aislamiento lana de roca.**

Pared con capa de gypsum a cada lado y lana de roca de (50mm/30kg/m³) en el interior.

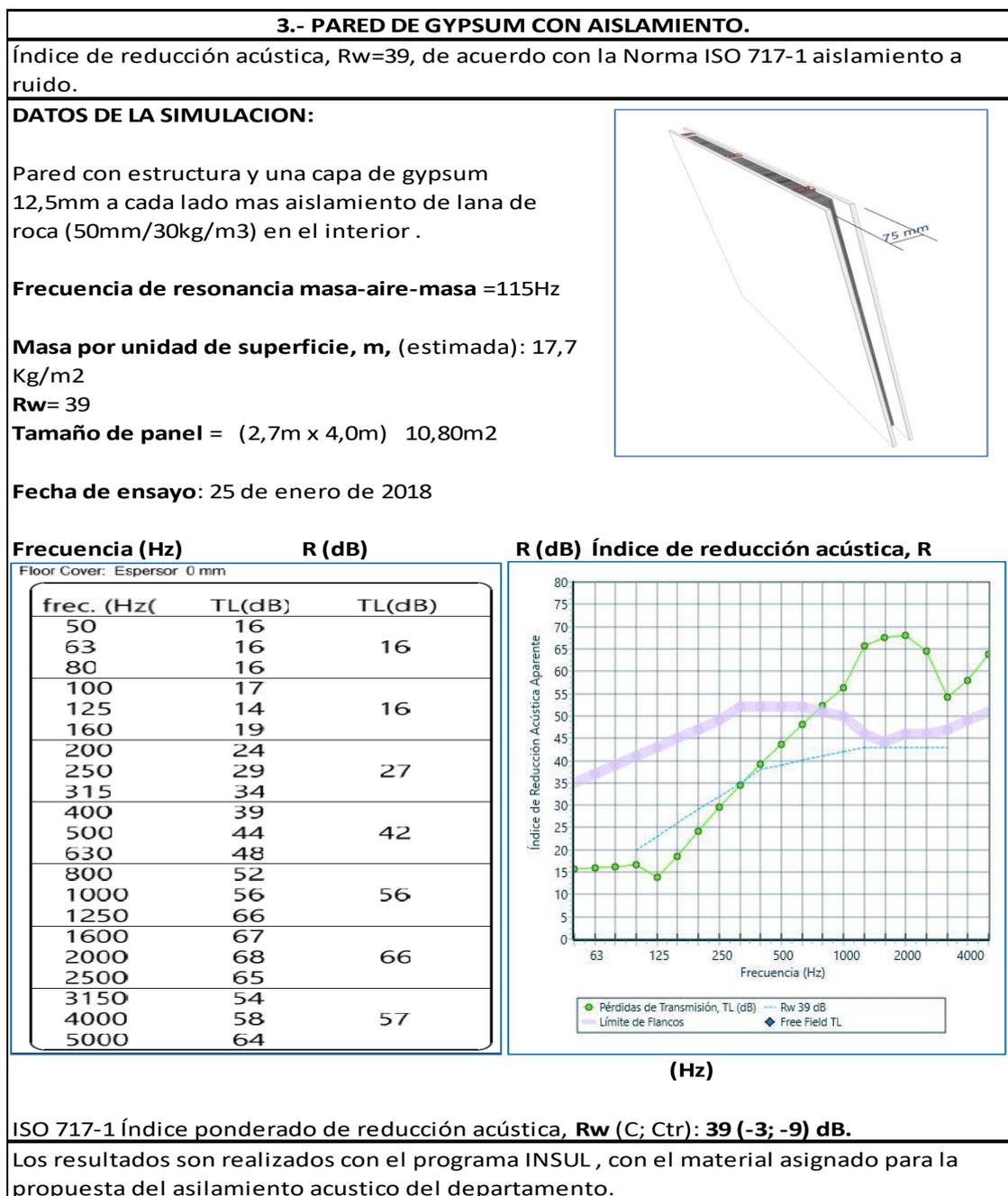
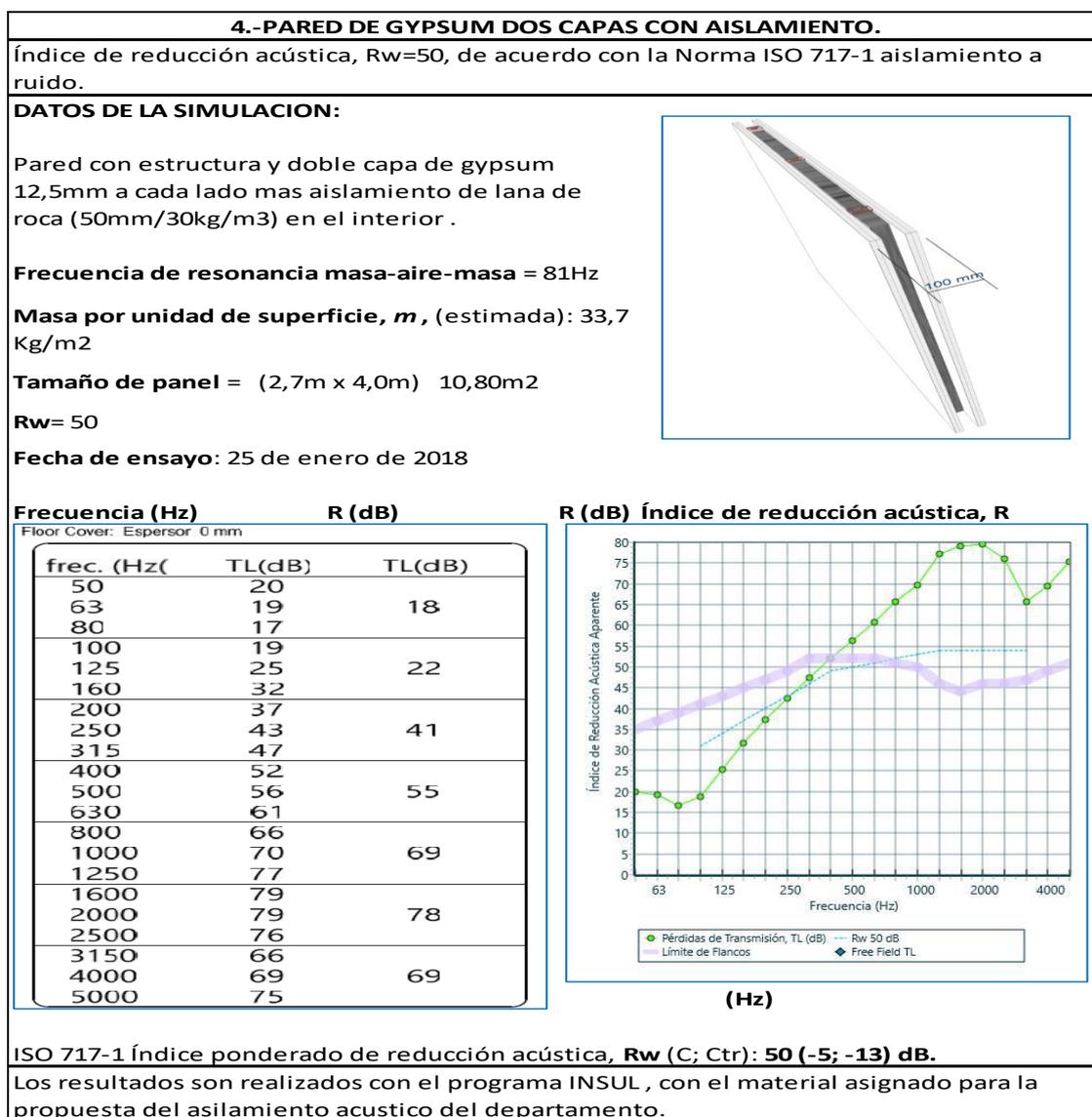


Figura 28: Pared de gypsum aislamiento lana de roca.
Tomado de: (Software INSUL)

Se debe tomar en consideración que el R_w es un índice global. Para sonidos específicos se puede dar un resultado diferente al de la simulación; debido a los elementos constructivos a utilizar en el entorno.

- **Pared de gypsum dos capas.**

Pared con doble capa de gypsum a cada lado y lana de roca de (50mm/30kg/m3) en el interior.
en el interior.



*Figura 29 : Aislamiento con pared de gypsum dos capas.
Tomado de: (Software INSUL)*

4.2 Solución de la propuesta para el aislamiento acústico.

- **PLANTA GENERAL YOO CUMBAYA.**

El proyecto se encuentra construido en la Avenida Pampite alrededor del sector de la Universidad San Francisco. El uso de suelo de la zona es residencial. El mayor contaminante acústico proviene del flujo vehicular, el cual se transmite por vía área hacia el conjunto habitacional.

PLANTA GENERAL



Figura 30 : Plano de la planta general
Tomado de: (YOO CUMBAYA)

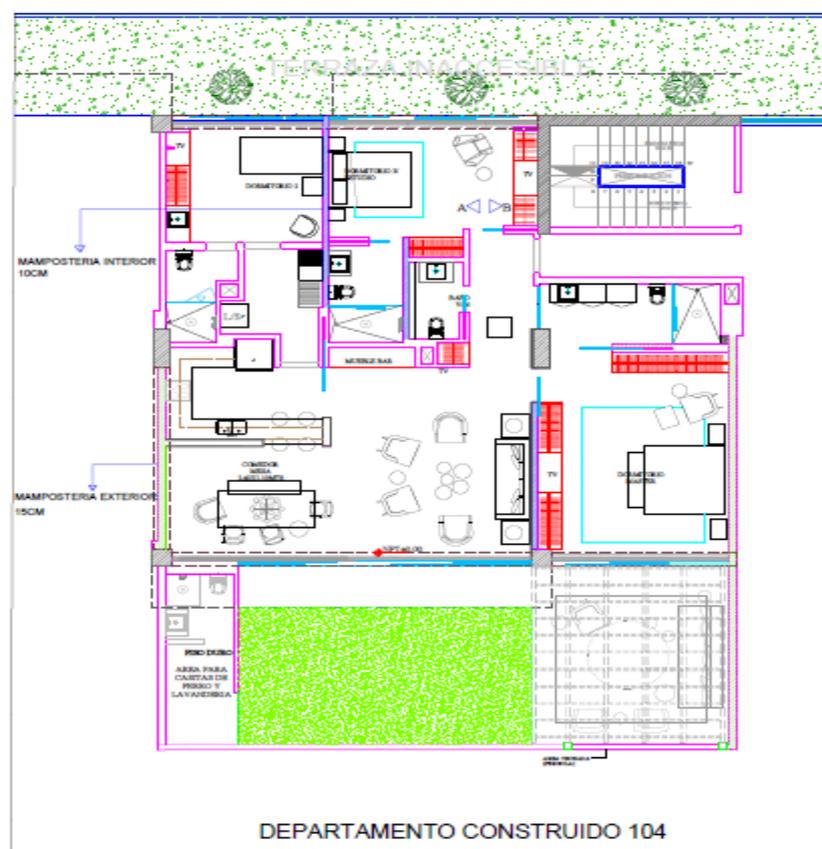
- **Detalle del departamento construido 104.**

Para la construcción del departamento se empieza con el replanteo de paredes exteriores de 15cm y las paredes interiores de 10cm.

Método constructivo: se funde las cadenas de humedad en los baños, se instala la mampostería de 10 o 15cm y se arma riostras horizontales, verticales en las divisiones de la pared de mampostería, en los marcos de las puertas, las paredes tienen un recubrimiento con gypsum de 12.5mm.

Los materiales que se ocupa:

- Bloque de 15cm y 10cm
- Arena, cemento, bondex
- Planchas de gypsum 12mm



*Figura 31 : Plano del departamento 104
Tomado de: (AUTOCAD)*

Cortes del departamento construido 104.

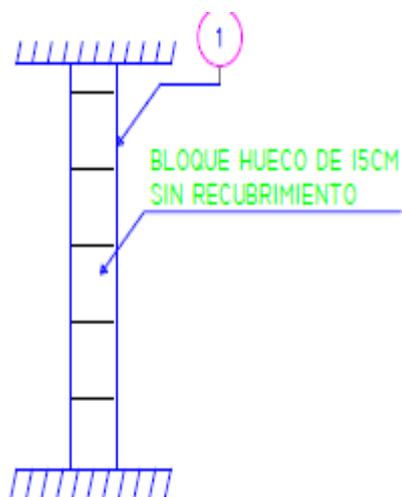


Figura 33 : Bloque hueco de 15cm sin recubrimiento (AUTOCAD)



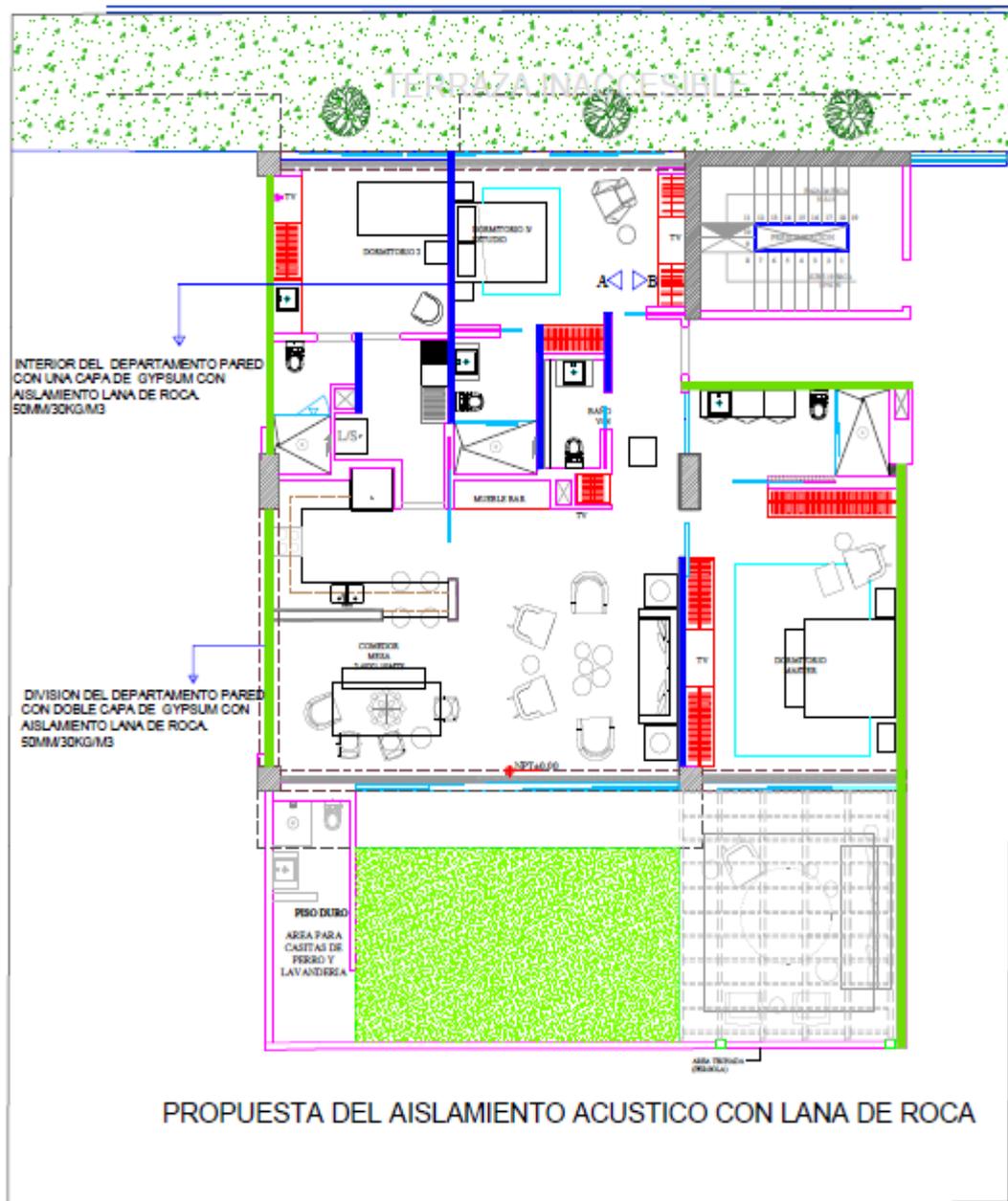
Figura 32 : Bloque hueco de 15cm con recubrimiento (AUTOCAD)

Tabla 6 : Costos de material y mano de obra por m2.

Materiales	Precios
Replanteo de mampostería	\$ 0.56
Riostras verticales y horizontales	\$ 9.46
Mampostería de 10 y 15 cm	\$ 12.20
Revocado de mampostería	\$ 3.00
Enchape de paredes y encintado	\$ 10.46
Total por m2	\$ 35.68

Tomado de: Autoría propia

- Propuesta de aislamiento acústico para el departamento.



- **Cortes de la propuesta del departamento con aislamiento.**

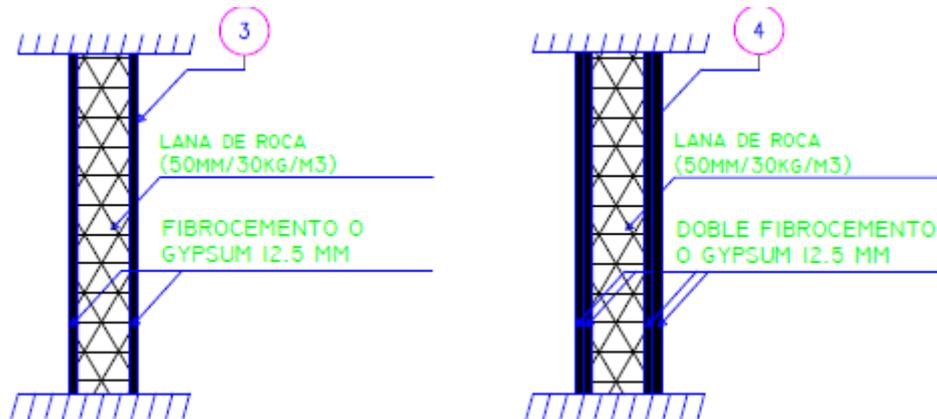


Figura 35 : Lana de roca (50mm/30kg/m³) doble fibrocemento o gypsum 12.5mm (AUTOCAD)

VENTAJAS DE LA PROPUESTA:

- Practico ahorro en tiempo y dinero, trabajo con herramientas sencillas de fácil manejo y transporte.
- Remodelaciones permite hacer cambios con un mínimo de desperdicio.
- Diseño sencillo.
- Evita el peso en la estructura 50% de acuerdo a la mampostería.
- Pared una capa de gypsum en el interior $R_w = 39\text{dB}$.
- Pared con doble capa de gypsum para división del departamento $R_w = 50\text{dB}$.
- Aislamiento acústico 39 dB y 50dB.
- Calculo estructural menos costoso evitando el peso de paredes convencionales.
- No existe tanto desperdicio de materiales.
- Confort acústico para los clientes.

- **Costos de material y mano de obra por m^2 paredes interiores del departamento.**

Tabla 7 : Precios de materiales con una plancha de gypsum.

Materiales	Precios
Replanteo de paredes	\$0.56
Estructura y tornillos	\$9.70
Una plancha de gypsum	\$13.50
Encintado	\$1.50
Lana de roca	\$7.80
Total por m2	\$33.06

Tomado de: Autoría propia

- **Costos de material y mano de obra por m^2 paredes exteriores del departamento.**

Tabla 8 : Precios de materiales con dos planchas de gypsum.

Materiales	Precios
Replanteo de paredes	\$0.56
Estructura y tornillos	\$9.70
Doble plancha de gypsum	\$16.50
Encintado	\$1.50
Lana de roca	\$7.80
Total por m2	\$39.06

Tomado de : Autoría propia

5. Conclusiones y Recomendaciones.

- **Conclusiones.**

- En el proyecto propuesto, se realizó la evaluación del comportamiento inicial y final de las paredes en estudio; mediante un software simulador que predice el aislamiento acústico 50dB en las paredes dobles para las divisiones de los departamentos, con lo que se obtiene un aislamiento aceptable. Es necesario el uso de la norma UNE-EN ISO 717-1:2013 parte 1 que provee información del aislamiento al ruido aéreo.
- Se realizó simulaciones de sistemas constructivos con la ayuda del software Insul, hasta obtener los materiales adecuados para el aislamiento acústico de las paredes en este trabajo de titulación. En base a las simulaciones, se concluye que, el aislamiento acústico es mayor para frecuencias altas, mientras que en el aislamiento disminuye para frecuencias bajas
- En base al análisis realizado, se recomienda siempre el uso de materiales acústicos en el interior de paredes, como la lana de roca o lana de vidrio, que han demostrado ser óptimos para aumentar el aislamiento acústico no solo entre unidades de vivienda sino dentro de cada uno de los espacios.
- Se identificó que el ruido que se propaga por vía aérea, es la fuente principal de molestia para los habitantes dentro de una edificación. Los dispositivos eléctricos y electrónicos de uso diario como: electrodomésticos, entretenimiento y de uso personal genera este tipo de ruido. La propuesta de aislamiento de paredes, detallado anteriormente, es la manera más adecuada de mitigar el ruido, y aumentar el confort acústico.

- **Recomendaciones.**

- Es necesario analizar y evaluar los niveles de ruido que afectaran a los proyectos nuevos, para considerar el uso de materiales que permitan el aislamiento acústico y reducir así el impacto de la emisión de ruido.
- En el caso de que el proyecto por su diseño, use como elemento principal vidrios y ventanas, la perfilaría debe estar acoplada correctamente con el fin de que no ocurran pérdidas de aislamiento.
- Es importante implementar sobretodo en proyectos nuevos, el uso de programas de simulación con los materiales a utilizar. La información obtenida nos permitirá conocer el rendimiento del sistema constructivo.

REFERENCIAS

- Álvarez, F. (1968). *El vidrio en la construcción*. Barcelona, España: Ediciones CEAC SA.
- ANDIMAT. (Junio de 2009). Recuperado el 04 de Agosto de 2017, de <https://www.andimat.es/storage/soluciones-de-aislamiento-acustico-andimat-jun09.pdf>
- Asamblea Nacional. (2011). *Ley de Propiedad Horizontal*. Quito: Jurídica.
- Carvajal, E. (2013, p. 12). *Reducción de ruidos en señales 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.
- CONSEJERIA DE VIVIENDA. (Febrero de 2008). Recuperado el 14 de Octubre de 2017, de <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1202739758277&ssbinary=true>
- CONSEJO GENERAL DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA. (Septiembre de 2014). Recuperado el 29 de Octubre de 2017, de http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/GUIA_DBHR_v02_septiembre_2014.pdf
- 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.
- ELIZONDO, F. (2005). Recuperado el 05 de Septiembre de 2017, de <http://elizondo.fime.uanl.mx/ACUSTICA/GENERALIDADES/Caracteristicas%20basicas%20del%20sonido.pdf>
- Eterboard. (2011). *Manual Técnico Sistema constructivo en seco*. Colombia: Eternit.
- GASSAB, S. (Junio de 2012). Recuperado el 12 de Septiembre de 2017, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1904/1/PFC-P%2034.pdf>
- 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.
- Martinez, V. E. (2009). Recuperado el 05 de 07 de 2017, de http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/acevedo_v/sources/acevedo_v.pdf
- 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.
- NEC, N. E. (s.f.). *Apartado 3,5*. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2632/1/UDLA-EC-TISA-2015-11%28S%29.pdf>
- OGLIASTRI, R. F., & ALBERTO, P. S. (2006). Recuperado el 04 de julio de 2017, de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/37885.pdf>
- PROMATERIALES. (2015). Recuperado el 05 de Octubre de 2017, de <https://www.promateriales.com/pdf/pm0307.pdf>
- RAMOS, A. N. (Junio de 2013). Recuperado el 03 de Agosto de 2017
- Ricardo Cepeda, G. (2014). *Gypsum, Información General*. México: Díaz de Santos.
- Rougeron, C. (1977). *Aislamientoacústicoy térmicoenlaconstrucción*. Barcelona, España: Editorestécnicosasociados S.A.
- Rougeron, C. (1977, p. 45). *Aislamientoacústicoy térmicoenlaconstrucción*. Barcelona, España: Editorestécnicosasociados S.A.
- SEBASTIAN, S. Q. (2017). Recuperado el 04 de 07 de 2017, de Universidad de las Americas: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7360/1/UDLA-EC-TISA-2017-03.pdf>
- 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.

TERENA. (02 de Junio de 2015). Recuperado el 02 de 10 de 2017, de https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_02_03/Acustica_arquitectonica/practica/FUENTES2.HTML

TULSMA. (s.f.).

UREÑA, C. G. (Febrero de 2017). Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21750/%2825%29%20Cesar%20Urue%C3%B1a%20Gomez%20-%20Sistemas%20aislantes%20ac%C3%BAsticos%20en%20plafones%20y%20muros%20Caso%20Armstrong.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VALDIVIEZO, A. E. (2015). Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/publicaciones_4355ti044.pdf

VEGA, C. P. (2008). Recuperado el 03 de 09 de 2017, de <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Sonido%20y%20Audicion.pdf>

Villasante, E. (1995). *Mampostería y Construcción*. México D.F.: Trillas SA.

Villasante, E. (1995, p. 36). *Mampostería y Construcción*. México D.F.: Trillas SA.

ZUMBA, M. L. (2012). Recuperado el 18 de Septiembre de 2017, de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3518/1/SOTO%20ZUMBA%20MARCOS%20LEONARDO.pdf>

ZURITA, J. G. (Julio de 2016). Recuperado el 05 de Noviembre de 2017, de http://oa.upm.es/43695/1/TESIS_MASTER_JOSE_GABRIEL_VASQUEZ_ZURITA.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Bloque hueco sin recubrimiento.

Sound Insulation Prediction (v9.0.7)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017
margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB
Sono Arquitectura - Key No. 0295

Job Name: Initials:juanf
Job No.:
Date: 24/1/2018
File Name:

Notes:



R_w 42 dB

C -1 dB

Ctr -3 dB

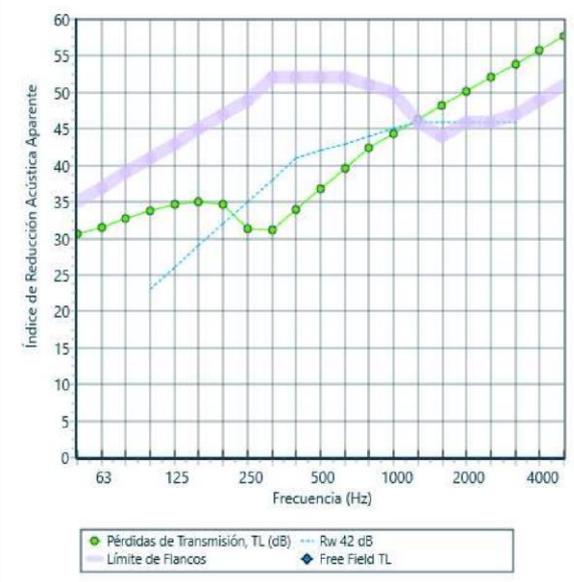
Tamaño de Panel = 2,7 m x 4,0 m
Partition surface mass = 104 kg/m²

System description

Panel: 1 : 1 x 150,0 mm Ladrillo hueco de hormigón

Floor Cover: Espesor 0 mm

frec. (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	31	
63	32	32
80	33	
100	34	
125	35	34
160	35	
200	35	
250	31	32
315	31	
400	34	
500	37	36
630	40	
800	42	
1000	44	44
1250	46	
1600	48	
2000	50	50
2500	52	
3150	54	
4000	56	56
5000	58	

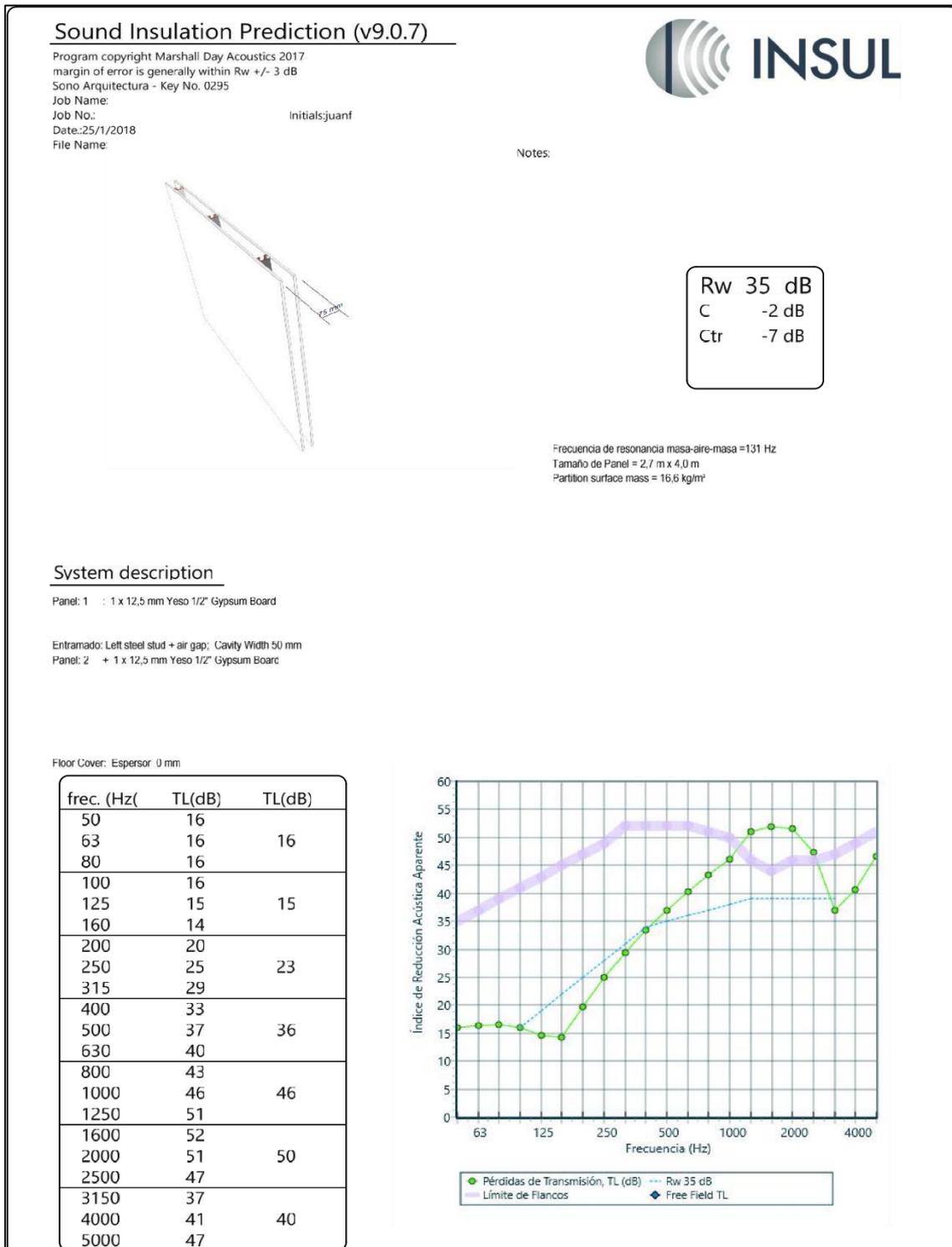


Índice de Reducción Acústica Aparente

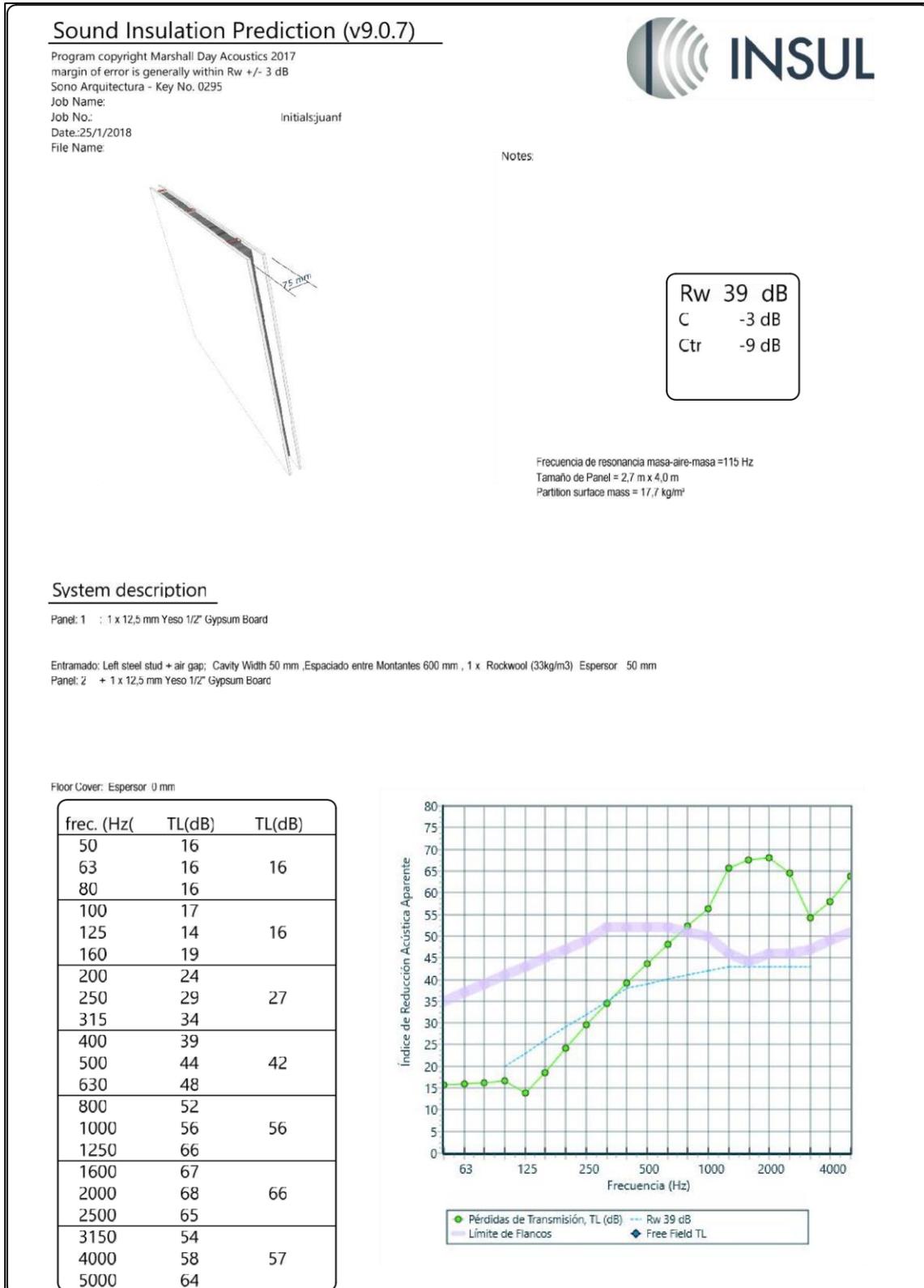
Frecuencia (Hz)

● Pérdidas de Transmisión, TL (dB) --- R_w 42 dB
 --- Límite de Flancos ◆ Free Field TL

Anexo 2: Pared de gypsum con cámara de aire.



Anexo 3: Pared de gypsum con lana de roca interior.



Anexo 4: Pared de gypsum con dos capas con lana de roca interior.

