



ESCUELA DE MÚSICA

DESARROLLO, ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN ACÚSTICA DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN CASERO ANTE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN PROFESIONAL.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Licenciado en música

Profesor Guía  
Lic. José Álvarez Torres

Autor  
Diego Fernando Vaca Loyo

Año  
2016

### **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 Álvarez Torres  
Licenciado en Música Contemporánea  
CI: 1708232267

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.**

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

---

Diego Fernando Vaca Loyo.

CI: 1721602777

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi padre Patricio, a mi hermana Cristina, a mi abuelo Carlos, a mi primo Bryan, a Juan y a mi familia, por ser pilares esenciales en mi vida, por forjarme como el ser que con orgullo habito.

A los hijos de Cletus por su apoyo, su libertad, y por ser uno de mis medios de catarsis.

A Daniela por formar parte de la duda, el pensamiento, la muerte, el caos, el renacimiento, y mi mundo.

A Ivonne, Daniel, Carla y Francisco, quienes me han brindado su apoyo incondicional durante tantos años y en quienes encontré hermandad, alegrías, peleas, sinceridad, verdad, sentido vital, y la simplicidad de sentarse a discutir reminiscencias o porvenires que la vista y el cuerpo no alcanzan.

A Fernando Loyo y VAK, por ser esenciales en mi cosmogonía, por permitirme amar el arte como se ama los sueños y sin los cuales, esta realidad no sería posible.

## DEDICATORIA

A mi madre Susy, mi tesoro invaluable en cualquier dimensión del tiempo y el espacio que te encuentres, si hoy soy alguien, si hoy soy real, si hoy continúo mi lucha es por ti.

A Thaly por ser esa persona tan demencial y desquiciante en mi vida, por ser ese espejo que podemos atravesar y sentirnos parte de ese país de las maravillas, por compartir conmigo lo que todos ignoran, por las palabras, por los gestos, por la paciencia, por la catarsis, por ser única, por ser arte.

A mi más grande amigo y hermano, mi áter ego Eduardo, por acompañarme desde el inicio de esta odisea del pensamiento, por compartir junto a mí, los placeres más sencillos y a la vez más complejos, por el cariño, por abrirme las puertas a un mundo lleno de demencia, de libros, de arte, de montaña, de café, de cigarros, de ajedrez, de historias, de experiencia, de catarsis, de rebeldía, de libertad, de esencia. Hoy y siempre parte de ustedes.

## RESUMEN

Desde el origen de la producción musical la experimentación sonora formaba parte de la creatividad artística y tecnológica, con la cual, evolucionaron infinitas posibilidades de: grabación, interpretación musical, post-producción y construcción de recintos acústicamente adecuados (estudios de grabación). Actualmente la innovación tecnológica ha permitido el fácil acceso a equipos de grabación, *software* y *hardware* especializados en la edición de audio, lo que por efecto ha dado la posibilidad de producir música de manera casera, así la producción *amateur* ha generado diversas necesidades principalmente relacionadas con la calidad del sonido mediante la experimentación acústica, razón por la cual, se construyen estudios caseros empleando diversas técnicas y materiales, los mismos que facilitaran la captación del sonido puro para la grabación. De esta manera el siguiente escrito pretende indagar en la historia de la grabación de audio y los métodos de construcción de estudios y recintos de grabación, así con la información obtenida en la investigación se pretende crear un manual con técnicas de adecuación acústica de un recinto, técnicas que a su vez se pondrán a prueba con la adecuación de un espacio real, además se estudiará el mismo por medio del análisis de la post-producción de temas musicales que serán grabados en dos recintos diferentes denominándolos como: estudio de grabación profesional y estudio casero.

## **ABSTRACT**

Since the origin of music production, sound experimentation was a part of the artistic and technological creativity, which evolved endless possibilities: recording, musical interpretation, post-production and construction of suitable acoustic enclosures (recording studios). Currently technological innovation has allowed easy access to recording equipment like, software and hardware and audio editing, this effect has the possibility of producing home-style music, so the amateur production has generated diverse needs related quality sound by sound experimentation, the home studios are built using various techniques and materials, the same to facilitate the uptake of pure sound recording. The following paper aims to investigate the history of audio recording, acoustic construction methods for home studios and recording techniques. With the information obtained in the research will create a manual of technical adequacy of an enclosure which in turn will test the suitability in a real space, besides the efficacy will be checked by analysis of the post-production of songs that will be recorded in two different spaces calling them as professional recording studio and home studio.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Introducción.....  | 1  |
| Antecedentes. ....   | 2  |
| Alcance.....   | 3  |
| Justificación.....   | 3  |
| Objetivos .....  | 3  |
| Objetivo general:.....                                     | 3  |
| Objetivos específicos: .....                               | 3  |
| 1. Capítulo I. Cronología e historia de la grabación. .... | 4  |
| 1.1. Grabación y reproducción acústica.....                | 4  |
| 1.2. Fonoautógrafo.....                                    | 4  |
| 1.3. Fonógrafo.....  | 5  |
| 1.4. Gramófono .....                                       | 8  |
| 1.5. Grabación y reproducción eléctrica. ....              | 13 |
| 1.5.1. Tocabiscos.....                                     | 13 |
| 1.5.2. Magnetófono .....                                   | 16 |
| 1.5.2. Cartucho de 8 pistas. ....                          | 20 |
| 1.5.3. Casete.....   | 21 |
| 1.6. Grabación digital.....                                | 23 |
| 1.6.1. Disco compacto – CD .....                           | 24 |
| 1.7. Acústica .....  | 27 |
| 1.7.1. Sonido.....   | 28 |
| 1.7.2. Formas de onda.....                                 | 30 |
| 1.7.3. Espectros de sonido.....                            | 32 |
| 1.8. Acústica arquitectónica.....                          | 35 |
| 1.8.1. Reverberación.....                                  | 37 |
| 1.8.2. Tiempo de reverberación .....                       | 38 |
| 1.8.3. Cámara de eco.....                                  | 40 |
| 1.8.4. Cámara anecoica .....                               | 41 |
| 1.8.5. Modos propios.....                                  | 42 |
| 1.8.6. Aislamiento acústico. ....                          | 44 |

|  |           |
|--|-----------|
| 1.8.7. Materiales de absorción acústica.....                                 | 45        |
| 1.9. Procesamiento de señal. ....  | 46        |
| <b>2. Capítulo II. Elaboración del manual y tratamiento del recinto.....</b> | <b>47</b> |
| 2.1. Mediciones.....   | 48        |
| 2.2. Cálculos. ....  | 50        |
| 2.3. Adecuación acústica del recinto casero.....                             | 55        |
| 2.3.1. Tratamiento de paredes .....  | 55        |
| 2.3.2. Tratamiento de piso .....   | 58        |
| 2.3.3. Planos arquitectónicos del recinto casero.....                        | 62        |
| 2.3.4. Detalle de materiales utilizados.....                                 | 64        |
| 2.4. Estudio de grabación profesional. ....                                  | 64        |
| 2.4.1. Sala LR1 y cabina de voces.....                                       | 67        |
| 2.4.2. Sala CR3.....   | 69        |
| 2.5. Grabación CR3 .....   | 73        |
| 2.5.1. Batería .....   | 74        |
| 2.5.2. Guitarras .....   | 74        |
| 2.5.3. Bajo.....   | 75        |
| 2.5.4. Voz y Sección de vientos .....  | 75        |
| 2.6. Grabación en estudio casero.....  | 76        |
| 2.6.1. Batería .....   | 77        |
| 2.6.2. Guitarras .....   | 79        |
| 2.6.3. Bajo.....   | 80        |
| 2.6.4. Sección de vientos .....  | 81        |
| <b>3. Capítulo III. Análisis de grabaciones.....</b>                         | <b>82</b> |
| 3.1. Acústica .....  | 83        |
| 3.2. Instrumentos musicales. ....  | 83        |
| 3.3. Microfonía .....  | 85        |
| 3.4. Dispositivos tecnológicos .....   | 92        |
| 3.5. Post producción. ....   | 95        |
| 3.6. Análisis de postproducción de audios .....                              | 99        |
| 3.6.1. Baterías.....   | 100       |

|   |     |
|---|-----|
| 3.6.2. Paneo.....                                   | 101 |
| 3.6.3. Bombo.....                                   | 102 |
| 3.6.4. Toms.....                                    | 104 |
| 3.6.5. Caja.....                                    | 106 |
| 3.6.6. Hi-hat .....                                 | 108 |
| 3.6.7. Overs .....                                  | 109 |
| 3.6.8. Reverberación.....                           | 110 |
| 3.6.9. Bajo.....                                    | 111 |
| 3.6.10. Guitarras. ....                             | 112 |
| 3.6.11. Sección de vientos.....                     | 114 |
| 3.6.12. Saxofón tenor.....                          | 114 |
| 3.6.13. Saxofón alto .....                          | 114 |
| 3.6.14. Trompeta.....                               | 115 |
| 3.6.15. Voz.....                                    | 115 |
| 3.6.16. Masterización.....                          | 117 |
| 4. Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones..... | 117 |
| Referencias .....                                   | 121 |
| ANEXOS .....  | 127 |

## Introducción

La evolución de la grabación, la estética musical, y la experimentación sonora, han ido de la mano conjuntamente con los avances tecnológicos de cada época, la innovación resulta tan congruente que las mismas se construyen de acuerdo a necesidades en cadena.

La música y la comunicación siempre han sido medios fundamentales de entretenimiento, vinculación social y naturaleza innata de todos, hasta llegar al punto de la evolución de las mismas como una industria. A lo largo de la historia, la música se convirtió en una necesidad del hombre. Desde su origen en las cavernas buscando imitar los distintos sonidos emitidos por los animales, el arrullo de las madres para calmar y dormir a sus recién nacidos, el silbido que apacigua los paseos y el oficio, además de todas las emociones que el ser humano es capaz de percibir y sentir, siempre acompañadas de la musicalidad y hasta el ritmo que brindan el caminar y el palpitar del corazón. La música se plasmó en el hombre de manera tan elemental, que ninguno podría vivir sin ella.

De esta manera se dio origen a un diverso campo de estilos musicales y ritmos autóctonos, como también, diversas formas de representación de la pertenencia y origen cultural como: la música dedicada a la alabanza de deidades, la música ritual, los himnos de guerra, los himnos nacionales, la música política o protesta, y la música idealista, dando origen a las subculturas urbanas. (Álava, 2015) (Otero, 2012, pp. 5-7)

Antiguamente a partir del renacimiento, la única manera de escuchar y estar al tanto de los cantantes y diversos músicos de la época era recurrir a eventos organizados por la burguesía, dando origen a una expansión escénica lucrativa, dado que, se remuneraba tanto a los intérpretes como a *luthiers*, sin embargo las personas también sentían la necesidad de tener música en sus casas utilizando, en inicio cajas musicales y pianolas: artefactos que funcionaban con automatizaciones mecánicas sencillas.

La innovación llevó a su vez al origen de diversos medios de reproducción musical como conocemos en la actualidad, La necesidad musical a su vez despertó la curiosidad de diversos personajes con respecto a artefactos y experimentación sonora, ya que, no todos poseían la habilidad de componer y tocar música, por lo que, se comenzó una profunda investigación del sonido, dando origen a diversos artefactos de principios mecánicos sencillos para reproducir sonidos, con la desventaja de su capacidad de almacenamiento, a diferencia de la época actual donde se puede contar con dispositivos digitales de alta capacidad de almacenamiento, diversas opciones de formatos e interacción tecnológica, además de los recintos de grabación tomando en cuenta el estudio acústico de los espacios arquitectónicos. (García, 2013)

“La música era hasta hace poco un entretenimiento de las clases privilegiadas. En las últimas décadas esto ha cambiado radicalmente, sobre todo gracias a los medios de comunicación de masas. Aparentemente, la música se ha democratizado y hoy la música es un lujo que está al alcance de todos”. (Andrés, 2007, p. 2)

### **Antecedentes.**

El avance tecnológico computacional y diversos dispositivos digitales y herramientas de producción musical, han brindado la posibilidad de grabar y editar música de calidad de manera casera, así, la dependencia de estudios profesionales disminuye cada vez más, aunque la diferencia entre dispositivos tecnológicos sofisticados y dispositivos de un estudio casero es evidente en cuanto a la sonoridad y calidad, por lo que, siempre se debe tomar en cuenta las circunstancias, el capital, los parámetros y necesidades del sonido que se requiera y se busque para una producción musical efectiva, esto no quiere decir que en un estudio casero se pueda utilizar programas, dispositivos, micrófonos y recintos comunes, ya que, los resultados serán de iguales características, por esto es importante la adquisición de equipos y adecuación de recintos tanto eficientes, como asequibles, además del aspecto profesional y la experiencia del productor casero ante un ingeniero de sonido. (Day, 2006, pp. 5-6)

**Alcance.**

La elaboración de un manual enfocado a la correcta adecuación acústica de espacios caseros, logrando un material tangible de ayuda para futuros interesados en la instalación de estudios de grabación caseros.

La producción de un tema musical en dos sitios de diferente acústica, permitirá la comprobación de las posibilidades de la producción musical casera económica, además de la comprensión y necesidad de la adecuación acústica y equipo tecnológico como medio fundamental, para obtener un sonido de calidad.

**Justificación.**

Esta investigación obtendrá como resultado beneficios tanto para los miembros del equipo de trabajo como son: ingenieros de sonido, productores musicales y músicos, como también para la sociedad, ya que al crear un estudio de grabación casero la industria musical independiente y numerosos artistas lograrán emprender producciones musicales a un precio asequible, razón que tiende a ser un obstáculo para la producción musical, además, fortalecer el crecimiento cultural y artístico a nivel nacional, lo cual resulta favorable a escala global.

**Objetivos****Objetivo general:**

Crear un manual de adecuación acústica para la implementación, y/u optimización de un estudio de grabación casero.

**Objetivos específicos:**

- Adecuar acústicamente un recinto designado como *live room* o sala de músicos.
- Grabar y producir un tema musical en dos recintos de diferente acústica, refiriéndonos a estos como: Estudio de grabación profesional y estudio de grabación casero.

- Post-producción y análisis del material sonoro obtenido.

## **1. Capítulo I. Cronología e historia de la grabación.**

### **1.1. Grabación y reproducción acústica**

Los primeros artefactos de grabación no tenían ningún enlace con aparatos eléctricos, todo el proceso de investigación del sonido se llevó a cabo por medio de máquinas acústicas o mecánicas, su sistema dependía de bocinas, diafragmas flexibles, agujas y hojalata donde era posible la grabación del sonido como se explicará a continuación.

“Las señales sonoras nacen en forma de vibraciones que viajan a través del aire y es en este medio donde mueren después de haber pasado todas las etapas del proceso de grabación y reproducción.” (Rumsey & McCormick, 2004, p. 54)

### **1.2. Fonoautógrafo**

En 1857 Édouard-Léon Scott de Martinville inventó el fonoautógrafo, primer aparato capaz de graficar ondas sonoras en un cilindro a manera de sismógrafo con la dirección de los sonidos a través de un cono metálico, ya que tenía la cualidad de responder a la sensibilidad de las vibraciones del sonido, pero este dispositivo poseía una desventaja al no poder reproducir las ondas graficadas, como resultado, sólo se obtenía el registro gráfico. Este artefacto se utilizó principalmente para el estudio visual del sonido, de esta manera se podía comprender la matemática y la física del sonido mejor conocida como acústica, así se podía observar la frecuencia de un tono musical, ya que, el tamaño de la onda de tonos similares resultan, exactamente iguales, la velocidad de las vibraciones, amplitud de onda, etc.

De esta manera comenzó una investigación del sonido y demás fenómenos estudiados en un inicio por Pitágoras, Galileo, Mersenne, entre otros reconocidos físicos. Recientemente las herramientas tecnológicas han permitido escanear las gráficas obtenidas por el fonoautógrafo y traducirlas en ondas audibles por medio de sofisticados métodos de software y hardware,

permitiendo reproducir la primera grabación de audio que se realizó en el mundo, audio de una popular canción francesa llamada *Au clair de la lune*, se detecta ruido en la grabación pero según expertos se puede distinguir claramente la pieza musical.

El desarrollo de este artefacto colaboró con la investigación de la acústica y la posterior invención de nuevos artefactos como el fonógrafo. (Rosen, 2008) (Monroy, 2009) (Bueno, 2008, p. 2)



### 1.3. Fonógrafo

El fonógrafo fue el primer dispositivo cuya cualidad era la reproducción de audio, fue diseñado y estudiado por Thomas Alva Edison, el mismo que lo perfeccionó y patentó en 1877, al ser un hombre de negocios e industria, pero, según varios documentos, Edison nunca pensó que su fonógrafo iba a ser utilizado para grabar música, tenía en mente distintas tareas como implementar el fonógrafo en escuelas con el fin de enseñar ortografía, las primeras incursiones en audio libros para las personas no videntes, grabar testamentos o la última voluntad de personas en agonía, grabar discursos, entre otras.

Todas estas ideas enfocadas en la utilización masiva del artefacto con mayor interés económico.

Este artefacto revolucionó totalmente la época de tal manera que las personas mostraban asombro y temor a tal suceso de escuchar sonidos emitidos por el artefacto. En la exposición del fonógrafo en Europa, el famoso filólogo Jean Bouillard, reiteró que los sonidos emitidos por el artefacto no eran más que un truco de ventrílocuo. “La noble palabra humana no puede ser reemplazada por un metal”. (Kaniguin, 2012, p. 1)

Su funcionamiento era bastante similar al fonógrafo con la diferencia de que este poseía una aguja unida a un diafragma flexible con terminación en una bocina, todo el sistema plasmaba las vibraciones de manera helicoidal en una superficie mineral: cartón recubierto con estaño enrollado en un cilindro metálico, lo que permitía realizar grabaciones cortas aproximadamente de un minuto de duración.

Posteriormente se cambió el material del cilindro por cera sólida, lo cual, permitía realizar grabaciones de mayor duración y mayor calidad, los materiales seguían probándose hasta llegar al plástico duro, el cual, era más perdurable debido a que el cilindro se desgastaba al ser reproducido varias veces, por lo que, se pulían para ser regrabados, Los componentes tenían la cualidad de ser bastante sensibles en un ámbito mecánico-analógico, por lo que, era posible reproducir el sonido grabado, invirtiendo el proceso mediante la manivela, este proceso final de reproducción se lograba gracias al transductor acústico mecánico, el cual, constaba de un diafragma sencillo y la amplificación de una bocina metálica.

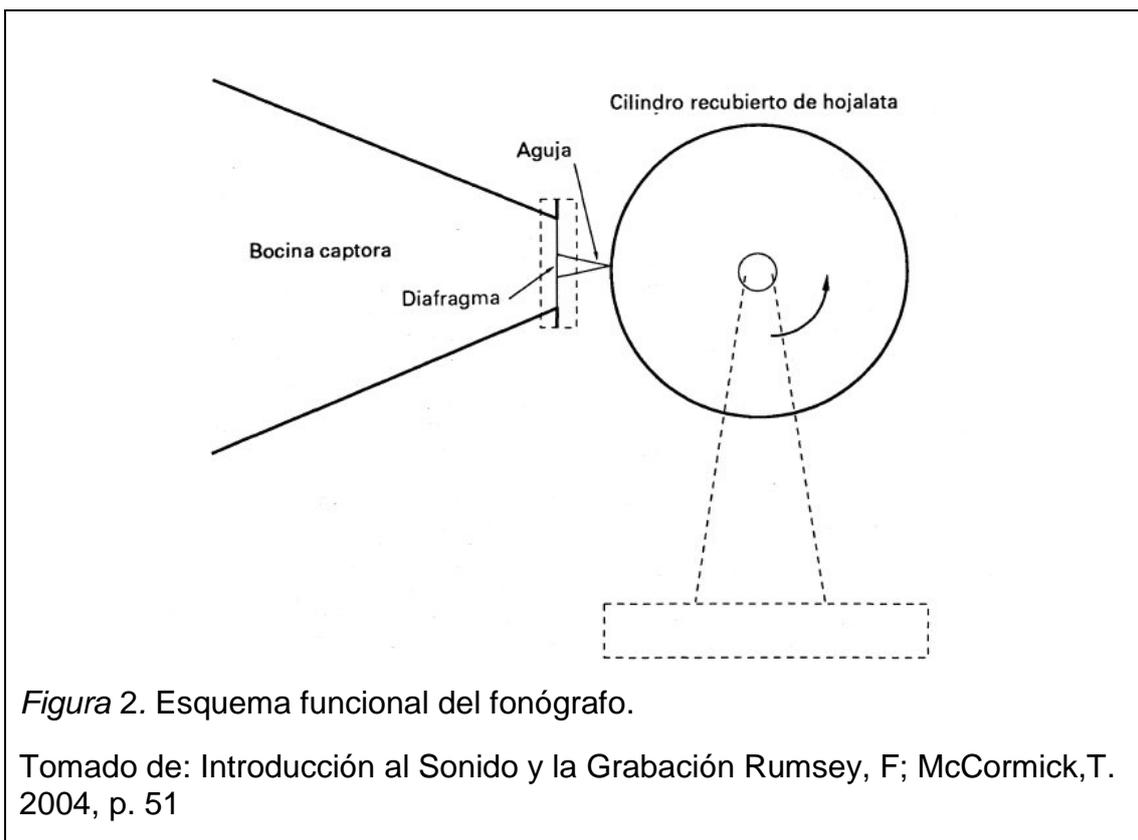


Figura 2. Esquema funcional del fonógrafo.

Tomado de: Introducción al Sonido y la Grabación Rumsey, F; McCormick, T. 2004, p. 51

Al notar que esta invención podía ser bien remunerada Edison comenzó a grabar pequeñas piezas musicales en su estudio *Edison Cylinder Records*, el cual, podemos denominar el primer estudio de grabación. La primera canción que se registró fue *Mary have a Little lamb*. Pero en 1889 se comercializó masivamente la grabación de *Fifth Regiment March* interpretado por *Issler's Orchestra*, de esta manera se dio origen a la industria de la grabación y el entretenimiento que en un inicio, solo la clase social alta podía tener acceso a ella, ya que, el valor de un fonógrafo era de 400 dólares y 18 dólares en valores actuales aproximadamente.

El entretenimiento musical se podía encontrar principalmente en lugares públicos hasta 1890, década en la cual se podía acceder más fácilmente al artefacto para el uso hogareño. (Kaniguin, 2012), (LIBRARY OF CONGRESS, 2015), (Rumsey & McCormick, 2004, pp. 53-54)



*Figura 3. Fonógrafo.*

Tomado de: <https://solaris525.wordpress.com/tag/fonografo/>. 2009

#### **1.4. Gramófono**

La investigación de la grabación y reproducción del sonido continuaba, llegando a la invención del gramófono, siendo el primer artefacto capaz de reproducir un disco plano gracias a su creador Emile Berliner. Desde muy joven tenía un gran interés por la ciencia y el sonido, lo que lo llevaría en una ocasión a encontrarse con un invento innovador de la época el teléfono de Alexander Graham Bell, este acercamiento lo llevó a la investigación y la perfección del mismo debido a la implementación de micrófonos de carbón, denominados transmisores en esa época, de esta manera se permitió la eficaz transmisión de señales audibles a largas distancias, así obtuvo mayor prestigio además de convertirse en uno de los pioneros del estudio de la microfonía.



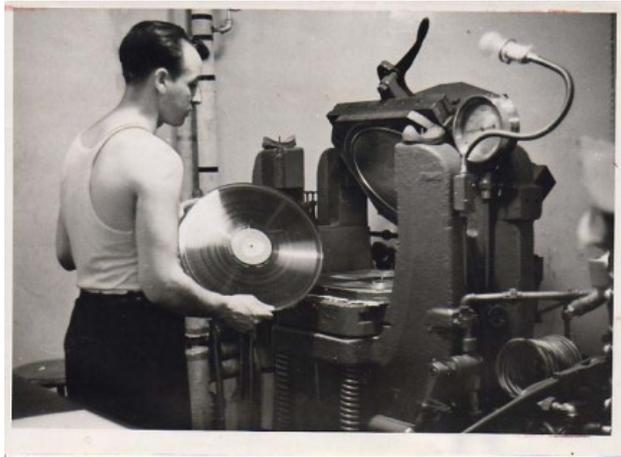
*Figura 4.* Fonógrafo.

Tomado de: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/gramophone-134547384.html>. 2014

Berliner logró innovar el proceso de grabación y reproducción de sonido al reemplazar el cilindro utilizado por Edison, por un disco o plato que estaba hecho de goma laca, una sustancia o secreción anaranjada obtenida del gusano de la laca, el mismo se reproducía de manera horizontal, por medio de una aguja que seguía los surcos del disco, el mismo que giraba en su propio eje a 78 RPM, transmitiendo el sonido a través de la aguja, el diafragma y finalmente la bocina.

La grabación continuaba siendo mecánica similar al fonógrafo, pero, esta vez se graficaba el sonido sobre un plato de cera o metal también denominado hojalata maleable, los discos en un principio se elaboraban con ebonita o piedra caliza, a continuación se cubría la grabación con un baño de metal con el fin de obtener una matriz de reproducción que se prensaba con el material mencionado anteriormente, de ésta manera se obtenía una copia idéntica, protegiendo la grabación original aunque aún poseía fallas audibles. (Colección F.B, 2015)

"Durante la reproducción las ondulaciones del surco hacían vibrar la aguja y el diafragma, provocando que el aire dentro de la bocina se moviera en simpatía creando sonidos. El margen de frecuencias era muy limitado y el sonido tenía excesiva distorsión." (Rumsey & McCormick, 2004, p. 50)



*Figura 5.* Fabricación de discos.

Tomado de: <http://www.breakthrradio.com/#/post/?blog=26&post=4823>.  
2012

Ésta forma de manufactura permitió la producción y distribución masiva de discos pre-grabados revolucionando la industria de la música, a diferencia de los cilindros de fonógrafo que resultaban complicados de reproducir en masa, en contraste el fonógrafo permitía grabar los sonidos emitidos por el usuario mientras el gramófono sólo reproducía música pregrabada. Varias desventajas producto de la grabación mecánica, tenía que ver con la imposibilidad de la edición del sonido y su capacidad máxima de cuatro minutos, así, las grabaciones que tenían errores de interpretación musical se tenían que regrabar completamente, o se omitían los errores y se imprimía la grabación para su posterior distribución.

En el caso de piezas musicales extensas se tenían que realizar en varios discos y en varias tomas, por lo que, se podía notar discontinuidad en la sonoridad, al cambiar los discos, además, de que era posible encontrar

variaciones en el tempo y en el tono de la pieza, todos estos efectos a causa de que sólo se grababa una sola cara del disco, otra desventaja al momento de la grabación con este artefacto tenía que ver con la acústica, ya que, la bocina era el único receptor y transductor del sonido, se tenía que posicionar los instrumentos de manera equilibrada, en algunos casos se tenía que sustituir instrumentos por su intensidad sonora para su mejor captación e incluso se los sustituía por choque y balance de frecuencias, como en el caso del contrabajo que en ocasiones tenía que ser reemplazado por la tuba.

Estos inconvenientes acústicos también llevaron a la creación de un violín, diseñado especialmente para las grabaciones, el cual, poseía una bocina metálica similar al fonógrafo para su mayor direccionalidad e intensidad de volumen, debido a la carencia de amplificadores, el mismo se patentó y tomó el nombre de *phonoviolin* o *violin stroh*. (Rumsey & McCormick, 2004, p. 54), (Ingeniatic, 2011), (History Wired, 2015)



Figura 6. Grabación acústica de una orquesta.

Tomado de: <http://www.sonandoydepie.com.ar/noticias.php?&fecha=2014-03-06&noticia=DSA>. 2014

El *violin stroh* se utilizó por varias décadas hasta la innovación tecnológica de grabación y microfónica.



*Figura 7. Violin stroh.*

Tomado de: <http://instrumundo.blogspot.com/2013/04/strohviol-stroh-violin-vioara-cu-goarna.html>. 2015

El gramófono se utilizó en manera masiva desde 1850 hasta 1940, se consideraba un dispositivo de clase social alta, ya que sólo las familias adineradas tenían acceso al mismo. Surgieron diversas variaciones de fonógrafos enfocados a la optimización de la amplificación y la rotación del disco, en un inicio se realizaba con un motor de cuerda, similar al que se utilizaba en los relojes, después pasó a fabricarse con un motor de aire caliente que funcionaba a base de alcohol, el cual, fue muy efectivo y se comercializó en masa, este se lo conocía por el nombre de “Maestrophone”.

En las mejoras de la amplificación, surgió un gramófono denominado “*Le violon qui chante*” o “Palmodian”, en francés “el violín que canta”, este gramófono poseía un violín como pieza de reproducción y amplificación del sonido, ya que, sus creadores Reginald Herbert Payne y Thomas Broadvent consideraban que la caja de resonancia del violín, era mucho más óptima que la clásica bocina

metálica de gramófono. (Galindo, 2015) (Museo de la música Colección Luis Delgado, 2015, p. 1)



*Figura 8. Palmodian.*

Tomado de: [http://www.breker-news.com/newsletter\\_show.php?id=20](http://www.breker-news.com/newsletter_show.php?id=20). 2012

## **1.5. Grabación y reproducción eléctrica.**

La experimentación y los inicios de la transducción electromagnética, permitieron la conversión de señales acústicas a señales eléctricas y a su vez en señales sonoras, las técnicas de grabación y la calidad del sonido poseían numerosas mejoras en comparación a la grabación acústica, además la aparición de los micrófonos dieron un giro a la proximidad y captación de audio debido a la posibilidad de conexiones remotas al equipo de grabación y posterior manipulación de la señal de audio. (Rumsey & McCormick, 2004, pp. 54-57)

### **1.5.1. Tocabiscos**

En 1925 y mediados de los años 30, surgen avances eléctricos gracias a Charles Brush, quién mejoraría la industria eléctrica, además de sus primeras mejoras en las agujas piezoeléctricas, que poseían transductores eléctricos,

esto mejoró tanto la grabación como la reproducción de sonido teniendo el control de la intensidad del volumen, de esta manera surge el tocadiscos, el mismo reemplazó los sistemas de cuerda, y motores a alcohol por motores eléctricos.



*Figura 9.* Tocadoiscos.

Tomado de: <http://www.maquinas-musica.com/images/tocadoisco/tocadoiscos.jpg>. 2015

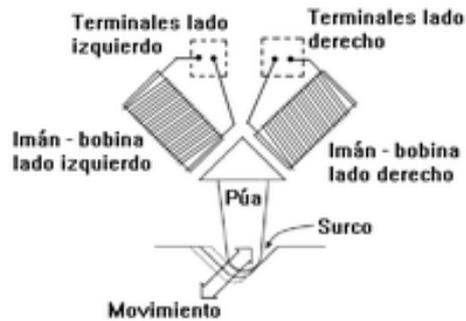
El tocadiscos está conformado por tres elementos esenciales las cuales están englobadas en un sistema denominado fonochasis, el mismo está conformado por: Plato giradiscos, brazo fonocaptor y cápsula.

El plato giradiscos se encarga de la rotación y precisión posicional del disco para su correcta reproducción, además del motor el cual tiene que girar el rotor y plato a una velocidad constante, la siguiente pieza es el brazo fonocaptor como elemento liviano y móvil, se encarga de seguir con precisión el radio de la circunferencia del disco, posee varios contrapesos para el correcto balance y peso del brazo sobre el disco, también alberga a la cápsula fonocaptora, la misma que alberga la aguja o púa, la cápsula es la pieza más importante ya que se encarga de transformar la energía mecánica producida por el roce de la púa y los surcos del disco en pequeñas diferencias de voltaje, el transductor electroacústico en este caso los altavoces transmiten esta energía en sonido. (Millán, 2011)

La innovación de los materiales para la fabricación de discos se evidenciaba debido a la escases de los materiales utilizados anteriormente para fabricarlos, la escases se dio a causa de la segunda guerra mundial, por lo que surgió el disco de vinilo.

A la par con las mejoras tecnológicas se buscaba un mayor margen de estandarización de las velocidades de reproducción a 78,45, y 33 RPM, otro avance para la mejora de la calidad y la percepción del sonido estaban a cargo de Alan Blumlein y Arthur Keller, quienes lograrían las primeras grabaciones estereofónicas y sistemas de grabación binaural con el objetivo de producir una sensación natural de audio y una espacialidad entre los sonidos reproducidos.

Este tipo de grabación se logró al añadir movimiento vertical a la aguja, ya que, la grabación monoaural prescindía únicamente de movimientos horizontales de la misma, de ésta manera se podía visualizar el sonido de manera vectorial permitiendo una percepción del campo estéreo, de esta manera la mejora en la calidad del sonido progresó hasta llegar a los discos y reproductores “Hi-fi” *High fidelity*, o alta fidelidad como término de productos de reproducción perfecta del sonido. (Millán, 2011)

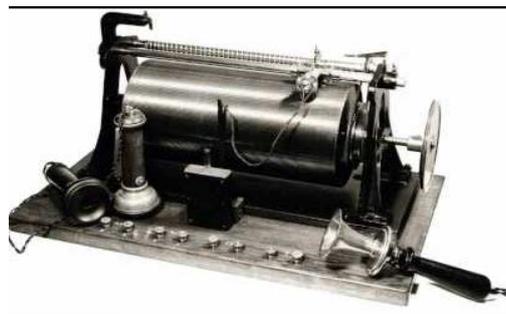


*Figura 10.* Esquema funcional del tocadiscos.

Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tocadiscos>. 2015

### 1.5.2. Magnetófono

El origen del magnetófono se debió a descubrimientos anteriores realizados por Valdemar Poulsen, inventó el telegráfono, un artefacto destinado a grabar mensajes a manera de contestadora telefónica, pero poseía muchos avances en torno a la grabación. El artefacto consistía en un cilindro enrollado con un alambre de acero, el cual, recibía señales eléctricas captadas por un micrófono, a su vez todo el sistema giraba sobre un electroimán, al invertir el proceso de giro, las señales eléctricas se convertían nuevamente en señales sonoras las cuales eran reproducidas en un altavoz.



*Figura 11.* Telegráfono.

Tomado de: <http://proyectoidis.org/telegrafono/>. 2015

En 1928 se sustituyó el alambre de acero por plástico o papel cubierto de polvo imantado, pero se deterioraban rápidamente, posteriormente se desarrolló un material más flexible y eficaz fabricado de acetato de celulosa recubierto por óxido férrico obteniendo la particularidad de la retención del flujo magnético, este proceso es bastante similar a la magnetización de una varilla de hierro, al friccionarla con un imán dando como resultado grabaciones de alta fidelidad, además se pudo mejorar el proceso de impresión ya que era posible transmitir la grabación magnética a un disco máster para su reproducción y posterior distribución, otra ventaja que brindó la aparición de la cinta fue la mayor duración de la grabación, la posibilidad de manipulación y edición del audio grabado permitiendo grabar temas musicales en varias tomas. (Petra, 2014), (Rumsey & McCormick, 2004, pp. 161-165)



*Figura 12.* Magnetófono.

Tomado de: <https://danielatorres1601.wordpress.com/about/definiciones-2/magnetofono/>. 2015

El magnetófono fue muy utilizado en la Alemania Nazi, ya que, la radiodifusión estaba en auge y era un medio muy útil de información para la escucha de discursos principalmente, los mismos que eran pregrabados para evitar errores a tiempo real, más tarde John T. Jack Mullin militar estadounidense, conocido por ser uno de los pioneros en la grabación en cinta magnética, tenía conocimientos sobre los magnetófonos diseñados por los alemanes, los cuales

resultaban de una calidad muy adelantada para la época, además eran muy utilizados para las comunicaciones en la guerra por lo que muchos militares tenían como trabajo el espionaje sobre la radio y la tecnología alemana.

Al culmine de la segunda guerra mundial, Mullin realizó pruebas en laboratorios con las máquinas y comprobó su fidelidad, las envió a Estados Unidos como botín de guerra para su posterior estudio y mejoras, lo que, sería la puerta para *Ampex*, como la empresa pionera en fabricación de magnetófonos y cinta magnética estadounidense, la post guerra le dio un giro a la grabación con la venta de grabadoras magnéticas, entre sus primeros adquiridores estuvieron *Capitol records, Decca, RCA Víctor, Columbia Records*, entre otros. (Snell, 2006)



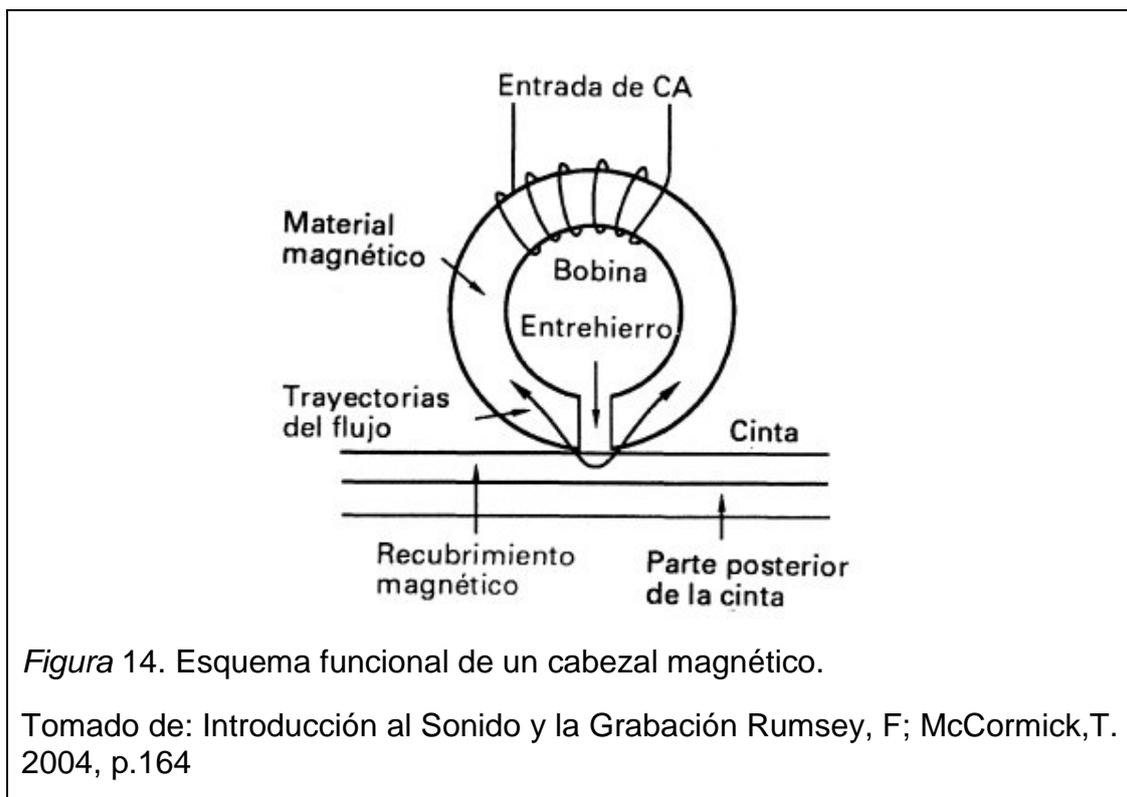
*Figura 13.* John T. Jack Mullin en los estudios NBC.

Tomado de: [http://ethw.org/First-Hand:Bing\\_Crosby\\_and\\_the\\_Recording\\_Revolution](http://ethw.org/First-Hand:Bing_Crosby_and_the_Recording_Revolution). 2015

El funcionamiento de una magnetófono profesional depende de tres cabezales los cuales son: Cabezal de borrado encargado de la eliminación de grabaciones existentes en una cinta si se requería, cabezal de grabación encargado de grabar o regrabar las señales eléctricas recibidas y cabezal de reproducción encargado de la conversión de señales magnéticas en eléctricas

para la escucha respectivamente, se puede decir que las cabezas funcionan como electroimanes por medio de corriente continua y corriente alterna, en las cabezas existe un entrehierro o ranura generando un campo magnético, el cual, a su vez magnetiza la cinta de grabación.

La evolución del magnetófono llegó a la grabación multipista dando nuevas ventajas y posibilidades de grabación y edición de audio, como la grabación individual de cada instrumento, la distribución de la cinta se daba en distintas fases por ejemplo: el formato estéreo, el cual, se graba dividiendo la cinta en dos secciones iguales a diferencia de la grabación monofónica, la cual, ocupaba el ancho de toda la cinta, también existía un formato doble el cual consistía en cuatro pistas estéreo donde se podía grabar material distinto dándole la vuelta a la cinta, de la misma manera los estudios profesionales utilizaban 8, 16 y 24 pistas de grabación variando la medida de ancho de la cinta hasta dos pulgadas. (Rumsey & McCormick, 2004, pp. 161-165)



Este nuevo sistema de grabación brindó numerosas ventajas técnicas, además de posibilidades creativas, ya que, se podía obtener distorsiones, las cuales, se

utilizaron en guitarras, además efectos sonoros al cortar y pegar la cinta a manera de edición, otras técnicas usadas eran *doublé tracking*, la cual consistía en el doblaje de voces para darle más intensidad y eco, así también se podía controlar la velocidad de la misma e incluso se podía reproducir al revés obteniendo el efecto conocido como *backmasking*, además de la grabación multipista permitiendo a los artistas interpretar más de un instrumento musical para su posterior mezcla, de esta manera se aplicaron de manera creativa y artística como en el caso de famosas producciones de *The Beatles*. (Kukka, 2013)

### 1.5.2. Cartucho de 8 pistas.

El medio de almacenamiento de música continuó hasta la aparición de los cartuchos de ocho pistas, el cual surge al reemplazar las grabadoras de carrete abierto para la protección de la cinta, su mayor facilidad de grabación y reproducción, ya que, estaba dentro de un cartucho plástico, se comercializa en los años sesenta convirtiéndose en un eficaz medio de almacenamiento además de ser el primer artefacto para reproducirse en los automóviles, su talud se dio en los años setenta debido a la aparición del casete. (eitb.eus, 2011)



*Figura 15.* Cartucho de 8 tracks.

Tomado de: <http://www.heragtv.com/historia-de-la-musica-para-llevar/>. 2014

### 1.5.3. Casete.

El casete fue lanzado por la empresa *Philips* en 1963, su cúspide comercial llego debido a que era un artefacto de almacenamiento de uso doméstico, caracterizado por la reducción de la dimensiones, pero en inicios de desarrollo debido su baja calidad en el audio, hasta la comercialización masiva y mejoras de diseño por parte de la empresa *Sony*, a diferencia de los diseños de cinta utilizados anteriormente, éste contaba con una carcasa plástica, la cual alberga a la cinta magnética de tres milímetros con cuatro pistas de capacidad, para la eficaz reproducción de la cinta el cartucho poseía pequeñas piezas de fieltro, las cuales servían de apoyo a la cinta, ya que, al momento de reproducción los cabezales necesitaban estar en perfecto contacto con la misma para evitar ruidos debido a las pequeñas dimensiones del sistema. (Rumsey & McCormick, 2004, p. 163)



Figura 16. Casete.

Tomado de: <http://www.nationalvideo.com.au/audio-cassettes-to-mp3-cd-transfers-in-canberra>. 2015

El casete fue muy utilizado en aquella época, siendo así, una alternativa a los discos de vinilo con la ventaja de que podían ser regrabados, lo cual dio inicio a la reproducción casera ilegal, ya que se podía grabar música de casete a casete e incluso la grabación de las emisoras de radio. La invención de este artefacto dio paso a nuevos tipos de grabadores y reproductores portátiles

como el caso de *Walkman*, reduciendo el tamaño de estos sistemas, su talud llegó a finales de los años ochenta debido a la aparición del *Compact disc* o disco compacto, mejor conocido como CD. (Chavarria, 2012)



*Figura 17.* Reproductor de casete.

Tomado de: <http:// practica3info.blogspot.com/2013/09/evolucion-de-los-reproductores-de-musica.html>. 2013



*Figura 18.* Reproductor de casete portátil *walkman*.

Tomado de: <http://www.xataka.com/audio/sony-dice-adios-a-sus-reproductores-walkman-de-casete>. 2010

## 1.6. Grabación digital.

La evolución de la grabación llegó al punto digital con la llegada de la tecnología informática y computacional, las señales de audio necesitan de un proceso de conversión, el cual se traduce en código binario, este proceso se denomina A/D y consiste en el muestreo: como su nombre lo refiere este proceso se encarga de la toma de muestras en ciertos periodos de tiempo, tomando como medida estándar 44.1 Hertz (Hz) refiriendo a el número de muestras por segundo, dependiendo la calidad de la grabación es posible trabajar con 48 muestras por segundo.

La siguiente parte del proceso se denomina cuantificación: consiste en la nominación numérica, valor que será equivalente al valor del voltaje producido por las señales analógicas de la muestra, el valor numérico será representado de acuerdo al número de bits dependiendo la capacidad del dispositivo digital. Finalmente tenemos el proceso de codificación: consiste en la traducción de la nominación numérica obtenida en la cuantificación a un número determinado de bits siendo estándares 8,16,32,64 bits respectivamente, habiendo obtenido el formato digital este podrá ser manipulado en cualquier ordenador como un archivo cualquiera como en el caso del texto o imágenes. (Rumsey & McCromick, 2004, pp. 201-210)

Existen tres métodos de grabación digital como: grabación magnética digital, la cual consiste en la transmisión de señales digitales sobre formatos magnéticos, como por ejemplo tenemos el caso de DAT, dispositivo que fue comercializado en los años ochenta. Otro tipo de grabación es la óptica digital, la cual, requiere de un disco circular óptico donde la grabación y la reproducción se dan por medio de un rayo láser el mismo que grafica microsurcos, más tarde las secciones serán reproducidas gracias a un fotodiodo, el cual traducirá la señal a código binario posteriormente se traducirá a señal eléctrica y finalmente en presión sonora para la escucha, éste el caso del formato CD.

Por último está la grabación magneto-óptica digital, la cual, consiste en la grabación magnética pero la reproducción se da de manera óptica, éste es el caso de los CD's regrabables. (Hernández I. S., 2015, pp. 70-89)



*Figura 19. Digital Audio Tape.*

Tomado de: [http://www.currybet.net/cbet\\_blog/2008/07/a-lifetime-of-lost-playlists-p-8.php](http://www.currybet.net/cbet_blog/2008/07/a-lifetime-of-lost-playlists-p-8.php). 2008

### **1.6.1. Disco compacto – CD**

El disco compacto fue diseñado por *Sony* y *Philips*, fue un éxito como dispositivo de almacenamiento en los años ochenta y en la actualidad se continúa utilizando, característico por su capacidad de almacenamiento de cualquier tipo de archivo, ya sea imágenes, música, texto, entre otros.



*Figura 20. Disco Compacto.*

Tomado de: <http://phdministriesinc.com/products-page/cd/a-new-thing/>. 2015

Característico por su grabación y reproducción láser como se detalló anteriormente, además fue precursor de nuevos artefactos electrónicos domésticos como el reproductor de CD y *Discman* de *Sony*, el cual, era un reproductor de discos compactos portátil mostrándose como la evolución de *walkman*.

Posteriormente se realizaron adaptaciones de nuevos formatos de acuerdo a necesidades específicas como: CD-ROM, formato establecido para el almacenamiento de altas cantidades de información en 600 a 700 MB ,CD-VCD, éste formato fue diseñado específicamente para el almacenamiento de audio y video, CD-R formato diseñado para poder realizar grabaciones permanentes en las distintas secciones del disco a diferencia de CD-RW, este formato estaba diseñado para ser regrabado, ya que, el mismo permitía borrar los datos almacenados anteriormente. (Schouhamer, 2015) (Rumsey & McCormick, 2004, pp. 234-236)



*Figura 21.* Reproductor de CD.

Tomado de: <http://www.euronics.es/numark-mp103usb-reproductor-cd-mp3.html>. 2015



Figura 22. Reproductor de CD portátil Discman.

Tomado de: <http://ciberspace-cityspace.blogspot.com/2012/03/hitos-de-la-tecnologia.html>. 2009

En los últimos años la innovación de artefactos de almacenamiento ha resultado muy pronunciada, ya que, cada vez busca mayores estándares de capacidad y calidad, por lo que han surgido formatos como: DVD principalmente utilizado en el formato de video de amplia capacidad, surgió en el año 1995 en reemplazo al casete VHS, más tarde aparecería el formato MP3, el cual, se caracteriza por la compresión de audio por medio de un sistema llamado algoritmo de compresión y pérdida, éste proceso consiste en el almacenamiento de una aproximación de los datos guardados, eliminando detalles que son poco perceptibles para el ser humano, una vez empeñada la compresión será imposible obtener nuevamente la información original, pero este medio permitía el almacenamiento de una alta cantidad de información, pero con pérdida de calidad a diferencia de los formatos WAV, AIFF, los cuales son formatos utilizados en computadores y no son sometidos a ningún tipo de compresión, por esto son muy utilizados para la manipulación de audio profesional. (Hernández J. R., 2015)

Actualmente encontramos el formato *blue-ray* el cual se caracteriza por su amplia calidad y capacidad, brindando la posibilidad de almacenamiento hasta 25 GB a diferencia del DVD y DVD-R DL, el cual es un formato de grabación en

disco mediante dos capas superpuestas una sobre otra con la capacidad de 4.7 GB cada una. El avance tecnológico llevó a la creación de diversos artefactos de reproducción cuyas características varían en tamaño y capacidad de almacenamiento, entre los más famosos se encuentran el reproductor de MP3 y el *I pod*, además del origen de dispositivos USB, como estándar de conexión periférica de los ordenadores, permitiendo así mayor facilidad en la transferencia de información y señales.

De esta manera la evolución tecnológica continúa evolucionando brindando mayores comodidades en diversos aspectos enfocados en la nanotecnología, amplitud de capacidad de almacenamiento y calidad de la información. (Aizpurúa, 2014),(Markoff, 1995), (DVD, 2004)



## 1.7. Acústica

En el momento de la adecuación de recintos y grabación es necesario el estudio de la acústica para la mayor eficacia en torno a la obtención de sonido

de calidad, se puede definir a la acústica como la ciencia que estudia el sonido en varios procesos y aspectos.

Entre los más conocidos tenemos: el estudio físico y matemático de fenómenos sonoros, denominando a esta rama como la acústica física, también el estudio de la propagación del sonido en distintos recintos, involucrando el aislamiento o la adecuación acústica para la fidelidad y funcionalidad del sonido, de acuerdo a la necesidad requerida, otra rama de la acústica es referente al estudio de escalas, registros, timbres, comportamiento de los instrumentos musicales definiéndola como acústica musical, también el estudio de los procesos fisiológicos y perceptivos por parte del cuerpo humano ante el sonido, a esta rama se la conoce como psicoacústica entre otras ramas de estudio del sonido. (Miyara I. F., 2003, pp. 1-3) (Bidondo, 2005, pp. 1-4)

### **1.7.1. Sonido.**

Comprendiendo al sonido como una onda que se propaga en el aire a una velocidad de  $c=345\text{m/s}$  dependiendo de la temperatura y por medio de perturbaciones en la presión del mismo, podemos definir a nuestro entorno como englobado de sonidos periódicos, dado que, estos son el resultado de fuentes diversas sucesivas, dando como resultado los sonidos de la naturaleza.

Se debe tomar en cuenta varios aspectos característicos del sonido como: la longitud de onda, la cual, mide la distancia entre dos perturbaciones sucesivas de aire, variando entre 2 centímetros como sonidos agudos y 17 metros como sonidos graves respectivamente, de esta manera podemos analizar la propagación del sonido ante el choque de obstrucciones, ya que, los sonidos graves al ser más amplios pasan fácilmente a diferencia de los sonidos agudos que se dispersan o atenúan, la longitud de onda se representa por medio de la letra lambda ( $\lambda$ ).

Otra característica o parámetro del sonido es el período, el cuál define el tiempo que transcurre entre las perturbaciones de las fuentes de sonido, por esto se lo representa con la letra (T) y se mide en segundos o milisegundos, el umbral del período en la audición humana abarca entre 0,05 ms y 50 ms.

La frecuencia es una característica o parámetro muy importante en el sonido, ya que, mide la cantidad de ciclos entre las perturbaciones sonoras, ésta se representa con la letra (f) y sus valores se expresan en *Hertz* o (Hz), el umbral de las frecuencias audibles abarca entre 20 Hz y 20,000 Hz o 20 KHz, también se debe tomar en cuenta la presión sonora versus la presión atmosférica para el correcto desarrollo de cálculo, la presión sonora se representa con la letra (p) y se mide en pascales (pa), la amplitud es otro factor que se debe tomar en cuenta ya que mide el valor máximo de una oscilación de una onda sonora con la cual se puede obtener la envolvente, definiéndola como la forma obtenida por medio de la unión de los ciclos.

Dados estos parámetros es posible obtener valores mediante la resolución de ecuaciones. (Miyara I. , 2003, pp. 11-17), (Díaz, 2007, pp. 1-9)

$$f = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f}$$

(Ecuación 1)

$$\lambda = \frac{c}{\gamma}$$

$c$  = velocidad de la luz en el vacío

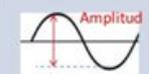
$\lambda$  = longitud de onda

$\gamma$  = frecuencia

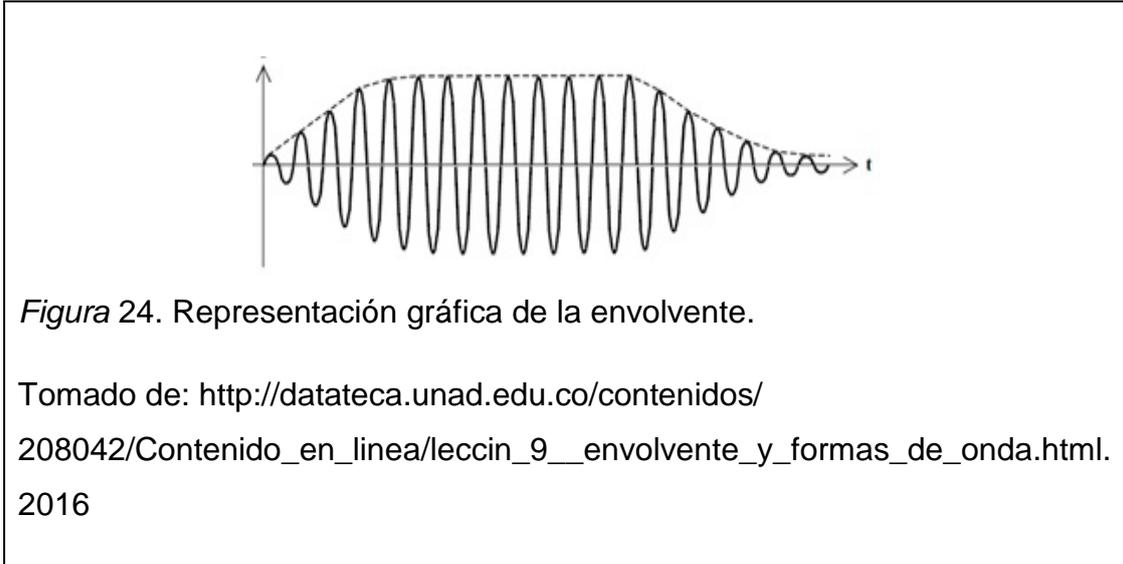
(Ecuación 2)

Tabla 1. Cualidades del sonido.

• Las cualidades del sonido:

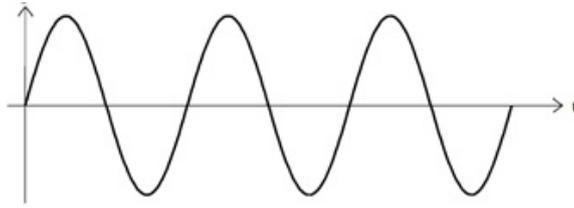
| CUALIDADES | Qué indica  | Onda  | Medida                  |
|------------|---|---|-------------------------|
| ALTURA     | Tono<br>Distinción entre sonidos<br>GRAVES y AGUDOS   |  | Hercios<br>(Frecuencia) |
| DURACIÓN   | Prolongación en el tiempo<br>Distingue sonidos<br>LARGOS y CORTOS                                   |  | Decibelios<br>(Volumen) |
| INTENSIDAD | Volumen<br>Sonidos FUERTES y SUAVES   |  | Segundos<br>(Tiempo)    |
| TIMBRE     | Identificación de la <b>fente sonora</b> . Distingue la voz o el instrumento que produce el sonidos |  | NINGUNA                 |

Tomado de: (In SlideShare, 2016)



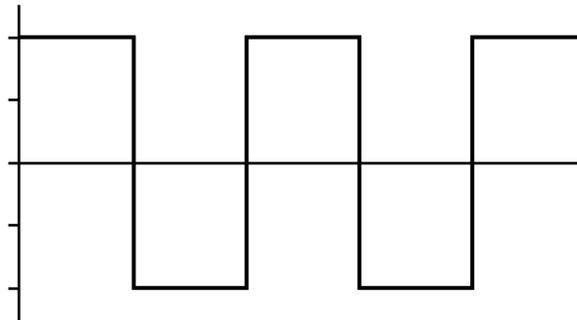
### 1.7.2. Formas de onda.

El tipo de onda más importante por ser simple, real y por tener una sola frecuencia es la onda senoidal, es posible encontrarla en instrumentos como la flauta y la guitarra interpretados a dinámica piano o en un diapason ya que emiten tonos puros como referencia para la afinación de instrumentos musicales. También existen diversas formas de onda que no son reales en sonidos naturales, pero se pueden observar y sintetizar de manera electrónica virtual, estas formas de onda se representan como figuras geométricas por ejemplo: la onda cuadrada, onda triangular, diente de sierra, entre otras. La diferencia en el sonido de estas ondas varía de acuerdo a sus distintas conformaciones de armónicos brindándole un timbre característico. (Miyara I. F., 2003, pp. 11-15)



*Figura 25.* Onda senoidal.

Tomado de: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208042/Contenidoenlinea/leccin9envolventeyformasdeonda.html>. 2016



*Figura 26.* Onda cuadrada.

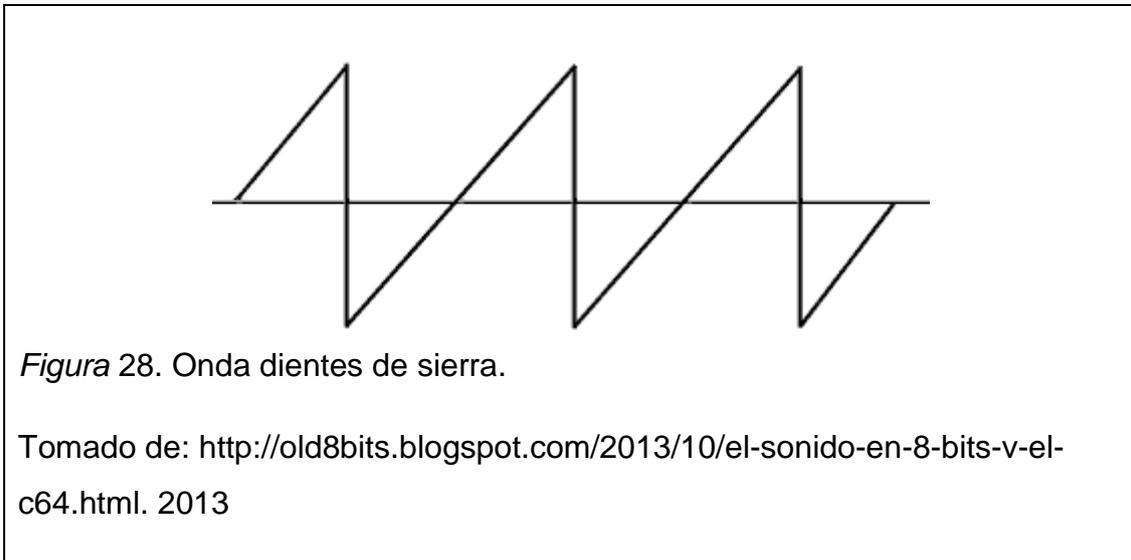
Tomado de: <http://forum.lawebdefisica.com/threads/13242-problema-series-de-fourier-en-una-onda-cuadrada>. 2010



*Figura 27.* Onda triangular.

Tomado de: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208042/Contenidoenlinea/leccin\\_9\\_\\_envolvente\\_y\\_formas\\_de\\_onda.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208042/Contenidoenlinea/leccin_9__envolvente_y_formas_de_onda.html). 2016

Podemos encontrar particularidades en las formas de onda que generan distorsión.

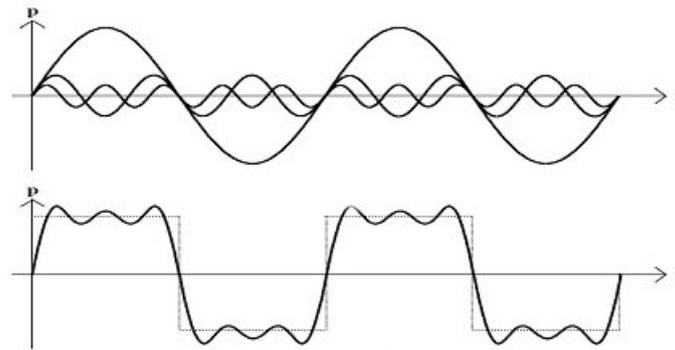


### 1.7.3. Espectros de sonido

El espectro contiene toda la información sobre las frecuencias obtenidas de un sonido además de sus amplitudes, al analizar los sonidos periódicos se puede comprobar que se conforman por sus respectivos armónicos, poseen su propia amplitud, representándose en distintas progresiones numéricas o múltiplos de una frecuencia base o fundamental según las cualidades de la fuente. Existen también espectros inarmónicos, los cuales, carecen de período y frecuencias identificables, ya que, los armónicos se representan en frecuencias al azar, las frecuencias varían y son parciales, este es el caso de varios sonidos como el de algunos instrumentos de percusión, por último los espectros continuos, mejor conocidos como ruido en sí, debido a la constante variedad y cercanía entre los parámetros, característico de este tipo de sonido está el de una cascada, el mar, la pronunciación de la letra (s), entre otros.

El ruido también es muy importante en distintos aspectos por ejemplo la utilidad que se le da al ruido blanco como análisis para la acústica de recintos ya que es constante, posee igual intensidad en todas las frecuencias permitiendo realizar mediciones por medio de un sonómetro, determinando el aislamiento y

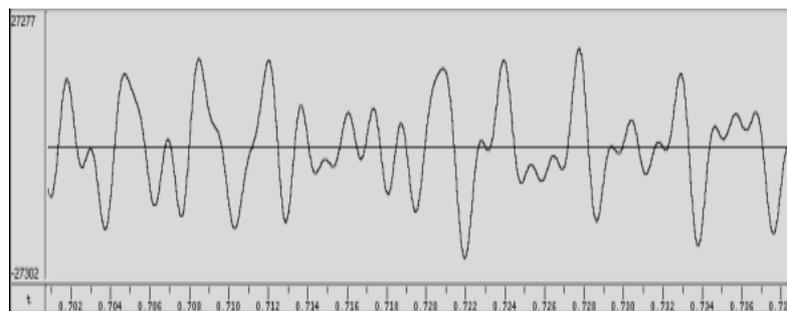
la reverberación del mismo, el ruido rosa también es importante y útil debido a sus cualidades de contener densidad espectral en frecuencias bajas, se utiliza para medición, calibración de equipos y ecualización de sistemas de sonido. (Miyara I. F., 2003, pp. 11-17), (Díaz, 2007, pp. 1-9)



*Figura 29.* Espectro del sonido

Tomado de: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208042/>

Contenido\_en\_linea/leccin\_11\_\_espectro\_y\_bandas\_de\_octava.html. 2016



*Figura 30.* Espectro inarmónico.

Tomado de: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/presentaciones/fisica/frecuencia/inarmonico1.html>. 2006

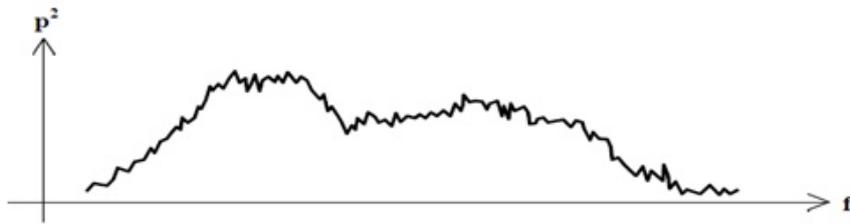


Figura 31. Espectro continuo

Tomado de: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208042/>

Contenido\_en\_linea/leccin\_11\_\_espectro\_y\_bandas\_de\_octava.html, 2016

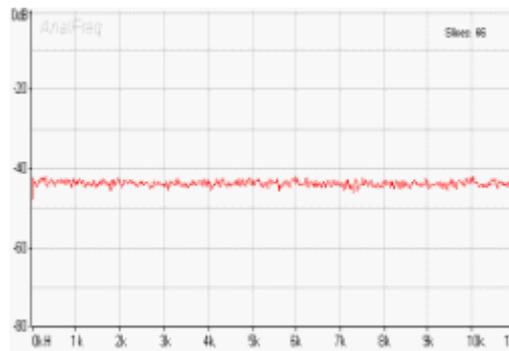


Figura 32. Ruido blanco.

Tomado de: <http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/ruido-blanco.htm>. 2007

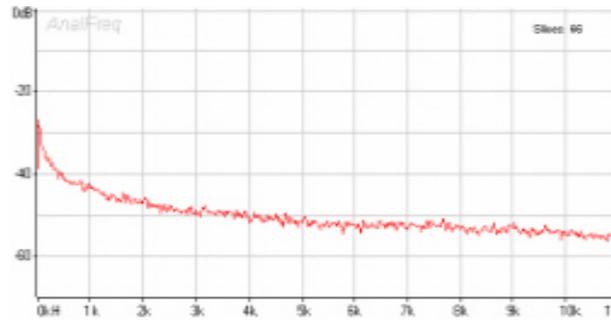


Figura 33. Ruido rosa.

Tomado de: <http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/ruido-rosa.htm>. 2007

### 1.8. Acústica arquitectónica.

Como se mencionó anteriormente, la acústica arquitectónica se encarga del análisis, estudio, interacción y manipulación de la propagación del sonido en distintos recintos o entornos dependiendo de una necesidad determinada, en este caso la de un *live-room* o sala de instrumentos para la grabación de música en sí, abarcando la temática del aislamiento acústico y la adecuación acústica, para lo cual, se debe tomar en cuenta diversos aspectos característicos del sonido como los ecos, los cuales se definen como el sonido de las reflexiones de un recinto y pueden representar problemas en la acústica y la escucha, el eco puede ser medido en tiempo representado con la letra (t) posibilitando el cálculo de variables mediante los factores de la distancia (d) y la velocidad del sonido (c). (Miyara I. F., 2003, pp. 44-46)

Las reflexiones tempranas conforman otra característica de la propagación del sonido ya que se define como la recepción simultánea de sonido directo y sonido reflejado en los distintos elementos del recinto, lo cual, generará la sensación ambiental o ambiencia.

Dependiendo de la relación distancia tiempo entre las reflexiones percibidas por el oyente, será posible la percepción del espacio en el que se encuentra el mismo, dando como resultado ambientes absorbente o reverberantes, las

reflexiones de sonido son parciales, ya que, parte del sonido se disipa dependiendo de la superficie en la cual este se refleja, debido a que cada material posee un coeficiente de absorción, éste coeficiente varía de acuerdo a las cualidades que conforman dichos materiales, es por esto que se ha catalogado a materiales rígidos como materiales reflectantes, como es el caso de las construcciones más comunes a base de concreto y estructuras metálicas, a diferencia de materiales dúctiles, fibrosos y porosos los mismos que se catalogan como materiales absorbentes, como es el caso de la lana de vidrio.

El coeficiente de absorción se identifica con la letra alfa ( $\alpha$ ), para obtener el coeficiente de absorción se debe tomar en cuenta los valores numéricos de la energía absorbida y la energía incidente y se emplea mediante la siguiente ecuación. (Miyara I. F., 2003, pp. 44-47), (Ingenieros Acústicos Consulting, S.L., 2016, pp. 1-4)

$$\alpha = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía incidente}}$$

(Ecuación 3)

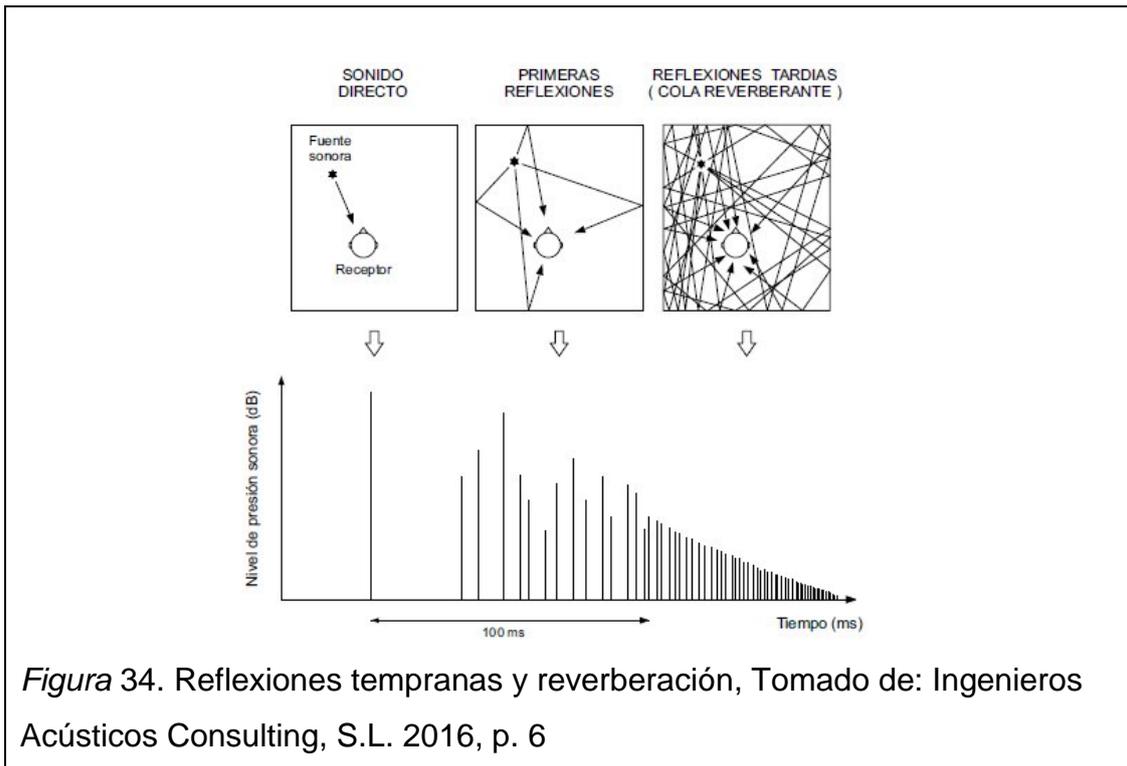
Tabla 2 Coeficientes de absorción de varios materiales.

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

Tomado de: Acústica y Sistemas de Sonido, Federico Miyara. 2003, p. 47

### 1.8.1. Reverberación

El término reverberación se define como el sonido que persiste una vez que la fuente se ha silenciado o interrumpido, a su vez este sonido es el producto de las reflexiones tempranas y sus múltiples sucesiones las cuales se vuelven más profundas o densas conociéndolas como cola reverberante, este proceso continúa hasta la dispersión total del sonido, el mismo que se absorberá, se disipará a recintos aledaños, y se transformara en energía calórica. (Miyara I. F., 2003, pp. 47-50), (Ingenieros Acústicos Consulting, S.L., 2016, págs. 5-8)



### 1.8.2. Tiempo de reverberación

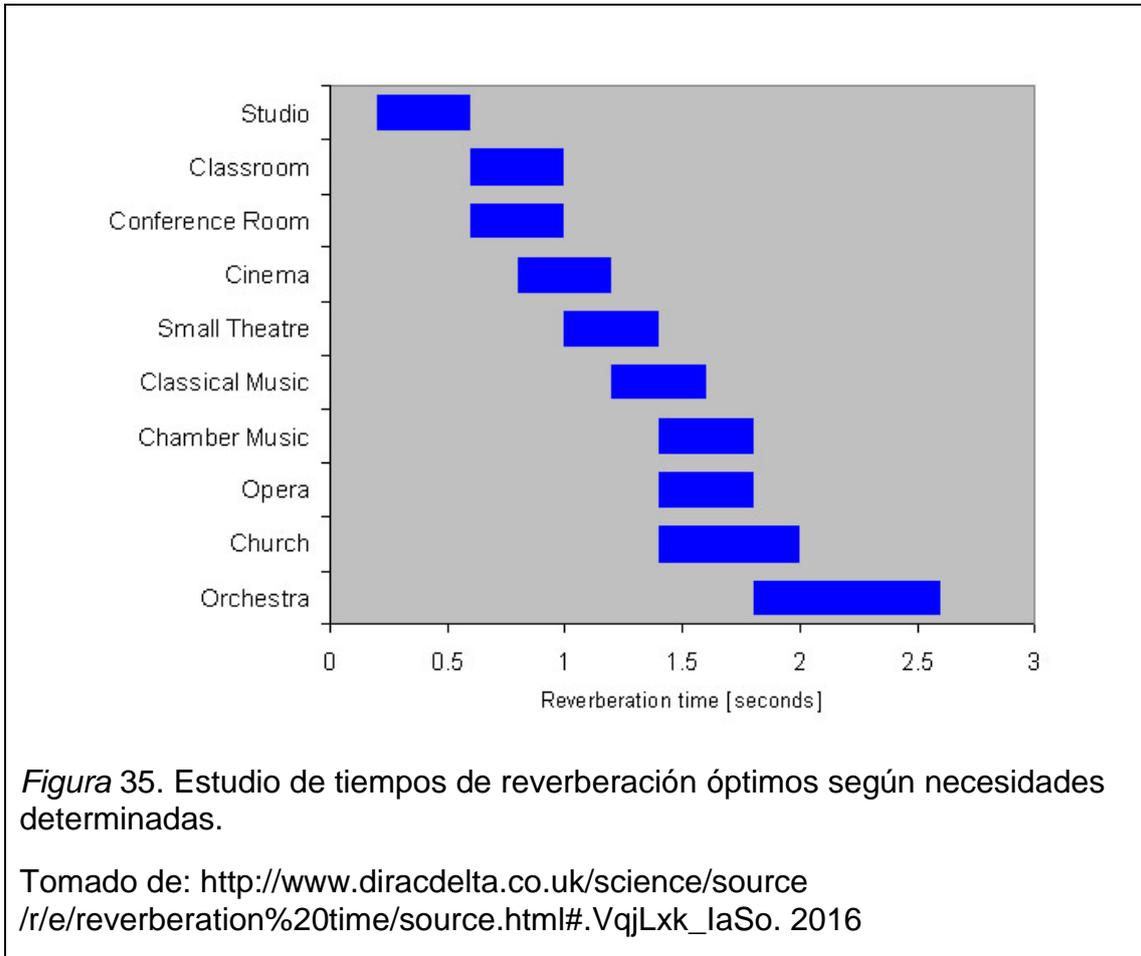
Se ha introducido este término con el objeto de calcular y adecuar un recinto de acuerdo a una necesidad determinada, ya que, un auditorio o un estudio de grabación necesitan distintos valores de tiempo de reverberación óptimos para lograr sus objetivos tanto de calidad sonora, para la grabación o la correcta propagación del sonido en una sala para la escucha de una audiencia respectivamente, por lo que, se toma en cuenta varios aspectos para realizar las mediciones como el tiempo que tarda el sonido en extinguirse.

Así se ha tomado como referencia un estándar de 60 dB, ya que se considera que a este nivel el sonido ya está extinto o ya no es perceptible a el oído, los valores fluctuarán de acuerdo a los materiales del recinto, mientras más absorbentes sean los materiales, el valor del tiempo será corto, mientras que, si los materiales del recinto son reflectantes el valor será más grande. El tiempo de reverberación se representa mediante las siglas (T 60) o (RT 60), los valores requeridos se pueden obtener mediante la ecuación de Sabine mediante las variables (V) volumen del recinto expresado en m<sup>3</sup>, ( $\alpha$ ) coeficiente

de absorción, (S) área del recinto expresada en m<sup>2</sup>. (Miyara I. F., 2003, pp. 47-50), (Ingenieros Acústicos Consulting, S.L., 2016, p. 9)

$$T = \frac{0.161V}{S\bar{\alpha}}$$

(Ecuación 4)



Se debe tomar en cuenta otro factor perteneciente a la propagación del sonido en un ambiente, se trata del campo sonoro, el cual, se define como el nivel de presión sonora adquirida dentro del recinto, a su vez el campo sonoro comprende a el campo directo que se define como el sonido en bruto, es decir el sonido que se ha emitido pero todavía no ha sido reflectado o absorbido, el mismo produce un efecto de atenuación de 6 dB, de acuerdo al doble de la distancia recorrida en contra de la fuente de emisión.

El campo reverberante abarca el sonido reflejado, el cual, se considera persistente cuando se propaga en recintos cerrados, ya que las múltiples reflexiones generan una ambiencia la misma que se considera pareja o uniforme, ambos factores son directamente proporcionales al tamaño del recinto en el que interactúan. (Miyara I. F., 2003, pp. 48-50), (Díaz, 2007)

El uso de difusores es muy común en los estudios, consiguiendo la distribución uniforme de frecuencias medias en un recinto, los mismos se construyen de acuerdo a las características arquitectónicas de un recinto y de acuerdo a la longitud de onda de las frecuencias que se requiera distribuir, existen distintos tipos de difusores, estos pueden ser numéricos debido a su forma de construcción matemática, policilíndricos, unidimensionales, y bidimensionales, entre otros. (Vázquez, 2013, pp. 16-28)

Según Mitch Gallagher, es posible utilizar libreros como difusores, variando las posiciones de los libros, esto se puede realizar como una alternativa práctica, ya que de esta manera no se tiene conocimiento de las frecuencias sobre las cuales se está trabajando, pero se podrá dar una coloración a la sala. (Gallagher, 2006)

### **1.8.3. Cámara de eco.**

Las cámaras de eco eran muy utilizadas años atrás brindándole un sonido con mucha presencia a los instrumentos que se grababan, las cámaras se construían de manera aislada con materiales reflectantes, la eficiencia y calidad de la mismas dependía de sus dimensiones y los materiales que se utilizaban en su construcción y adecuación acústica, el proceso consistía en enviar una grabación previa a través de parlantes que se ubicaban en la cámara, esta señal se emitía a una intensidad fuerte para que la interacción con el recinto reflectante sea óptima, la señal era receptada por dos micrófonos dándole una imagen estéreo captando las reflexiones del recinto que serían grabadas nuevamente obteniendo el efecto de reverberación acústica.

Otro elemento muy utilizado era la placa de eco, la cual, se conformaba de una extensa lámina metálica que se instalaba en un recinto aislado, de igual manera la interacción entre transductores emisores y receptores ubicados en la Lámina, provocaban un efecto de resonancia. (Rumsey & McCormick, 1994, pp. 291-293)

#### **1.8.4. Cámara anecoica**

Las cámaras anecoicas son recintos que se consideran laboratorios, ya que se encargan de la medición de sonidos en campo libre, se caracterizan por tener un aislamiento acústico por medio de material poroso muy absorbente en forma de cuñas piramidales produciendo un efecto de reverberación nula, es decir que cualquier sonido emitido carecerá de reflexiones, ya que, serán absorbidas, de esta manera se obtiene un recinto de condiciones acústicas ideales para la medición de sonido, las cámaras anecoicas se utilizan en diversas áreas, especialmente para pruebas en maquinaria ya sea para la medición de ruido de motores, medición de equipo radioactivo, construcción y prueba de armamento y vehículos militares enfocados en la evasión de radares, entre otras. (Jara, 2014)

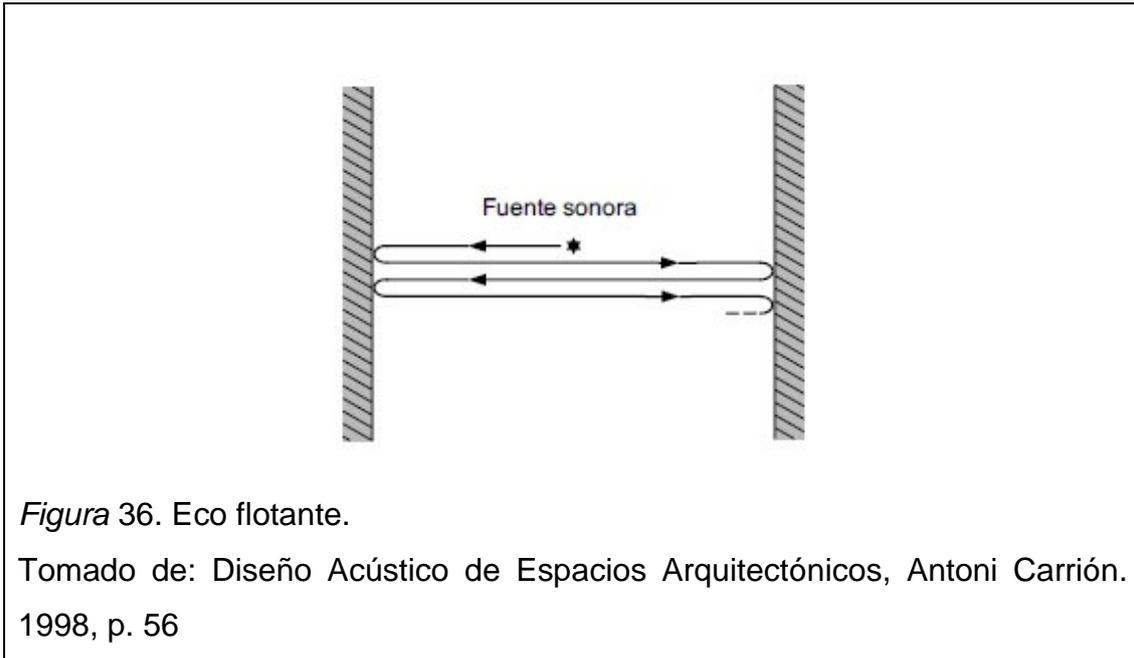


*Figura 44. Cámara anecoica.*

Tomado de: <http://ecodiario.eleconomista.es/ciencia/noticias/4056128/06/12/La-camara-anecoica-absorbe-el-9999-por-ciento-de-los-sonidos.html>. 2012

#### **1.8.5. Modos propios**

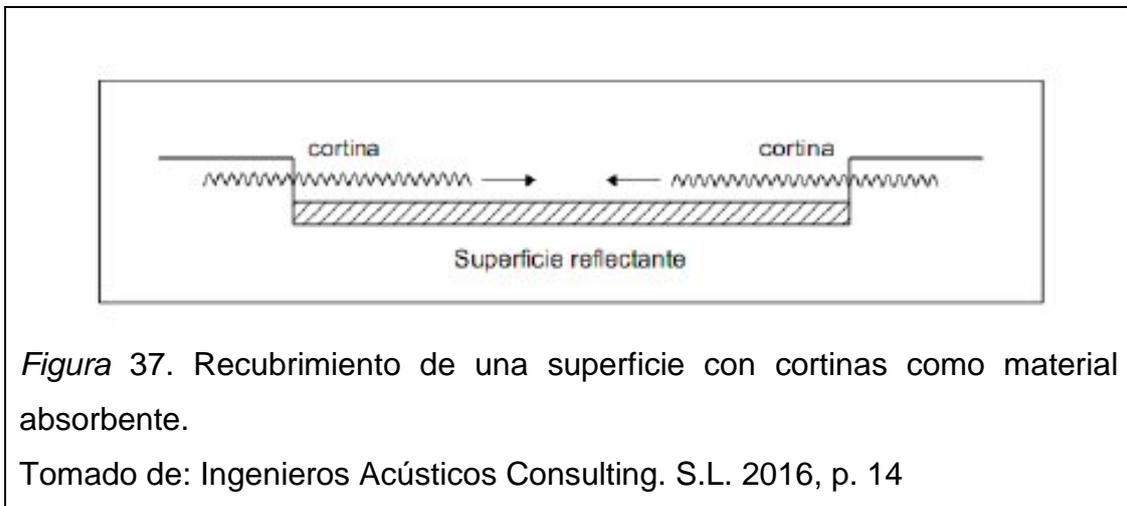
También conocidos como resonancias, se definen como factores físicos del comportamiento del sonido que afectan la calidad acústica de un recinto, principalmente se presentan según el diseño arquitectónico del mismo, los denominados ecos flotantes, se producen debido a múltiples reflexiones perpendiculares que se interponen entre superficies paralelas reflectantes, produciendo ondas estacionarias, este fenómeno produce perturbaciones en la captación del sonido, ya que los residuos de onda convierten a éste en una onda ligeramente diferente, ya que, se producen anulaciones, amplificaciones y prolongaciones de ciertas frecuencias de manera desequilibrada, en relación a las demás frecuencias emitidas por una fuente. (Miyara I. F., 2003, pp. 51-53)



Existe una relación asociativa entre los modos y frecuencias determinadas y sus respectivos armónicos, los cuales, se estudian y analizan por medio de la acústica geométrica, la estadística y la acústica ondulatoria. Los modos propios pueden llegar a ser benéficos tanto como perjudiciales en la propagación del sonido, estos son infinitos y varían de acuerdo al recinto, la enfatización energética en dichas frecuencias permiten la sonoridad particular o característica en cada recinto a lo cual se le ha llamado coloración, por lo que, se debe priorizar el balance de la propagación del sonido especialmente en recintos pequeños para optimizar la captación de un sonido puro.

Según Federico Miyara se tiene varias recomendaciones para el control de modos propios como son: el uso de difusores, de material de absorción acústica para la reducción del tiempo de reverberación, en lo posible evitar las construcciones de recintos paralelos de lo contrario se debe variar la inclinación de las superficies permitiendo la libre propagación de las reflexiones o cubrir de material de absorción acústica las paredes opuestas. El uso de cortinas también es apropiado como absorbente sonoro, tomando en cuenta el material de las mismas ya que mientras más gruesas y porosas serán más efectivas, a su vez éstas se podrían utilizar como un medio de acústica variable al

momento de grabación. (Miyara I. F., 2003, p. 54), (Ingenieros Acústicos Consulting, S.L., 2016, p. 8)



*Figura 37.* Recubrimiento de una superficie con cortinas como material absorbente.

Tomado de: Ingenieros Acústicos Consulting. S.L. 2016, p. 14

#### **1.8.6. Aislamiento acústico.**

Se define como el control sobre la transmisión de ruido de un recinto, tanto hacia afuera como dentro del mismo, de esta manera se evitará la interferencia de sonidos no deseados que puedan contaminar la pureza de una grabación, de la misma manera se evitará la transmisión de sonido que podría resultar molesto para los recintos vecinos o aledaños.

El aislamiento acústico de un recinto se realiza principalmente mediante la superposición de paredes conocidas como tabiques dobles, ya que, la aislación acústica es directamente proporcional a la densidad superficial de las mismas, por esta razón se construyen con diversas capas y diversos materiales de absorción acústica, un material común de paredes falsas son las planchas de yeso más conocidas como gypsum, pladur, o durlock.

Un elemento importante en el aislamiento es la pecera, nombre por el cual se conoce a la ventana que conecta el cuarto de músicos con el cuarto de control con el fin de tener una mejor comunicación entre los participantes de la grabación, para el aislamiento se utiliza el mismo principio de tabiques dobles, utilizando dos cristales de diferentes espesores de amplio volumen, estos se adhieren al marco con pegamentos flexibles como silicona para la reducción de

vibraciones, además se instalan ambos cristales a diferentes angulaciones, ya que, si los cristales tuvieran el mismo volumen y la misma angulación producirían sumatoria de frecuencias las cuales se amplificarán y podrán transmitirse fácilmente hacia el recinto vecino.

Es común el uso de diversos deshumectantes como sílica gel para evitar el empañamiento de los cristales producto de la condensación. (Miyara I. F., 2003, pp. 54-57), (Ingenieros Acústicos Consulting, S.L., 2016, pp. 9-15), (Vázquez, 2013)

Se utilizan dos aspectos muy importantes para clasificar la eficiencia de diversos materiales, englobando sus características de aislación acústica, entre estos aspectos o variables se tiene (PT) simbología que representa a la pérdida de transmisión, expresada en decibeles, esto nos indica la energía sonora que se pierde durante la interacción del sonido emitido y el tabique de aislamiento. El siguiente aspecto que se analizará es (STC) simbología que representa la clase de transmisión sonora, es decir la pérdida de transmisión de diversas frecuencias permitiendo conjuntamente el análisis de la eficiencia de varios materiales y estructuras como aislantes acústicos. (Miyara I. F., 2003, pp. 54-57), (Ingenieros Acústicos Consulting, S.L., 2016), (Vázquez, 2013, pp. 34-47)

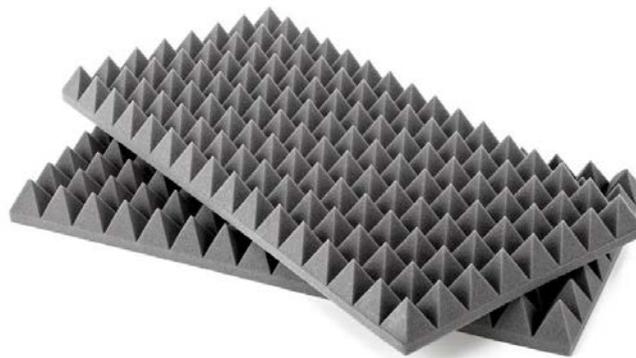
#### **1.8.7. Materiales de absorción acústica.**

Al momento de aislar y acondicionar un recinto es muy importante analizar las propiedades de absorción de diversos materiales, ya que, se debe optar por las mejores características puntuales de los mismos, dependiendo la necesidad específica de cada recinto a utilizarse.

Entre los materiales más utilizados debido a su monto económico es la lana de vidrio, ésta posee efectivas cualidades absorbentes debido a su textura fibrosa, de igual manera los materiales porosos como las espumas y esponjas de poliuretano y polietileno, que se fabrican específicamente con cualidades como forma y texturas cóncavas, perfiladas, o cuñas. Con el fin de la adecuada propagación del sonido, debido a que estas formas permiten las múltiples reflexiones del mismo permitiendo que se disipe a través del recinto, razón por

la cual toman el nombre de trampas de sonido, estos materiales se utilizan principalmente en el tratamiento de paredes. (Miyara I. F., 2003, pp. 53-57), (Ingenieros Acústicos Consulting, S.L., 2016, pp. 15-20),

El acondicionamiento de pisos a su vez es muy importante, ya que, evita la transmisión de ruido por impacto, es decir, el ruido transmitido por golpes, pisadas, rozamiento, arrastre, entre otros. Es común el uso de materiales como alfombra sobre superficies de fibra natural como yute.



*Figura 38.* Trampas de sonido de polietileno.

Tomado de: <http://clientes.seonet.com.co/prueba2012/wp-content/uploads/2015/04/pyramid1.jpg> 2015.

### **1.9. Procesamiento de señal.**

En el proceso de grabación es necesario tener en cuenta varios aspectos que favorezcan la calidad sonora de acuerdo al estilo de música, instrumentos y artefactos que se utilizarán al momento de la grabación, para esto se depende totalmente de la cadena electroacústica, es decir de todos los sistemas de procesamiento de señal, por medio de los cuales obtendremos una grabación eficiente.

Estos artefactos toman el nombre de transductores, son muy importantes y se debe tomar en cuenta diversos factores de cada uno, ya que, se encargan de la transmisión y conversión de señales acústicas, eléctricas o análogas, digitales o binarias, entre otras. Así la calidad de cada artefacto será un factor

importante para el resultado final, refiriéndose a calidad como la escasa presencia de distorsiones, ruidos digitales, ruidos acústicos, las posibilidades de ganancia, potencia o volumen, rango dinámico, respuesta de frecuencia y otras posibles falencias que pueda percibir el oído.

Entre esos artefactos se tiene la participación de micrófonos, cableados, medusas, amplificadores, pre amplificadores, consolas, ecualizadores, interfaces de audio, computadores, monitores, entre otros. Para la eficiencia del proceso y conexiones de señales se utiliza un diagrama de bloques, el cual, es un registro gráfico, que brinda la facilidad de comprensión a manera de mapa de las mismas, de esta manera se puede organizar y entender los sistemas de diversos estudios de grabación, ya que cada uno podría tener distintos artefactos y cadenas de conexión. (Miyara I. F., 2003, pp. 64-72)

## **2. Capítulo II. Elaboración del manual y tratamiento del recinto**

Para la elaboración de este manual se dio prioridad en la investigación de libros, otros manuales, videos, blogs, entre otros medios de información sobre el tratamiento acústico de recintos caseros, además de la consulta técnica a profesionales del caso enfatizando las formas más sencillas de realizar mediciones, procesos matemáticos, materiales, entre otros aspectos que involucran el análisis del comportamiento del sonido en un espacio.

Una herramienta muy práctica es la página “Pinterest” la cual almacena tableros visuales sobre múltiples intereses, en este caso se puede encontrar gran variedad de temas referentes a estudios de grabación caseros, construcción, manuales, videos, materiales. De esta manera la herramienta ha resultado útil a manera de consulta.

La elección del recinto a adecuarse se realizó debido a su construcción adosada brindando la posibilidad de utilizar el recinto aledaño, como cuarto de control, además sus dimensiones resultaron favorables en cuanto al espacio suficiente para albergar a los músicos, y la accesibilidad económica de los materiales para su tratamiento acústico, los mismos que fueron escogidos de

acuerdo a su efectividad catalogada por varios libros y su frecuente uso en los estudios de grabación profesionales.

Al momento de la construcción es necesario optimizar el tiempo y los procesos que involucran la manipulación de materiales, por lo que, fue necesaria la adquisición de varias herramientas tales como: taladro, lijadora eléctrica, sierra eléctrica, pistola de clavos, entre otras. De esta manera se obtendrá un trabajo más seguro dándole prioridad a diversos procesos que se puedan realizar de manera más sencilla.

### **2.1. Mediciones.**

El proceso de mediciones de aislamiento acústico se realiza usualmente mediante varios dispositivos y procesos como: sonómetros, fuentes omnidireccionales dodecaédricas, procesos de cálculo matemático, entre otros. Como se detalló anteriormente estos artefactos se encargan de la emisión, recepción y análisis del ruido blanco y ruido rosa al propagarse en el espacio, de esta manera se logra determinar el aislamiento existente y necesario para cada recinto y el lugar donde se encuentra.



*Figura 39.* Fuente omnidireccional.

Tomado de: <http://www.bksv.es/products/transducers/acoustic/sound-sources/omni-power-light-4292.aspx>, 2016



*Figura 40. Sonómetro.*

Tomado de: [https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/sonometro-kat\\_70046\\_1.htm](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/sonometro-kat_70046_1.htm), 2016

Por motivos de falta de recursos y acceso limitado se imposibilitó este proceso de mediciones en esta investigación, por lo que, se optó por simulaciones de computadora que actualmente resultan muy efectivas en el campo de la ingeniería de sonido y acústica, se acordó con el profesor guía la utilización de la Herramienta oficial de cálculo del DB HR del código técnico de la edificación, esta es una herramienta informática impartida por el ministerio de fomento del gobierno de España, la misma permite realizar simulaciones y cálculo del aislamiento acústico, el tiempo de reverberación, la transmisión de ruido aéreo, transmisión de ruido de impacto y la absorción acústica.

Este programa permite el cálculo mediante un banco de materiales y elementos de construcción que son comunes en las edificaciones de este tipo, la herramienta fue creada con el fin de facilitar la normativa y el cumplimiento del control de ruido exigido por el gobierno de España. La herramienta puede adquirirse y usarse de manera gratuita en la página oficial del Código Técnico de la Edificación.

Los cálculos se han realizado mediante la normativa impuesta por el NTE-INEN, ISO, y las Ordenanzas del Consejo Metropolitano de Quito, de acuerdo a las exigencias sobre el control de ruido y la temática referente a la acústica,

en las cuales, se establece un nivel máximo de ruido equivalente a 55 dB emitido por fuentes fijas, en este caso refiriéndose a una zona residencial.

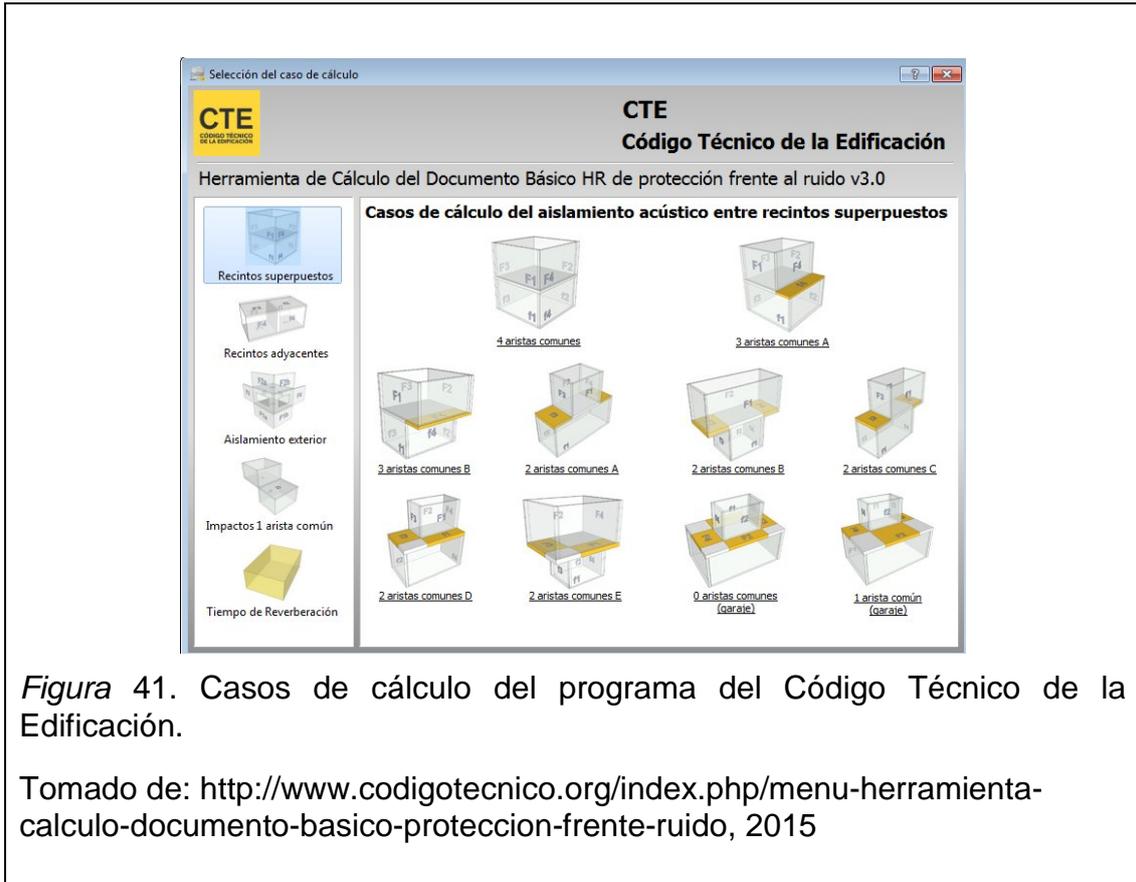
*Tabla 3.* Ordenanza Metropolitana del nivel de ruido de emisión.

| Tipo de Zona<br>Según el Uso del Suelo | Nivel de Presión Sonora Equivalente:<br>NPS eq [dB(A)] |                  |
|--|--|------------------|
|  | DE 06H00 A 20H00                                       | DE 20H00 A 06H00 |
| Zona Equipamientos y Protección (1)    | 45   | 35               |
| Zona Residencial                       | 50   | 40               |
| Zona Residencial Múltiple (2)          | 55   | 45               |
| Zona Industrial 1                      | 60   | 50               |

Tomado de: (MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, 2005, p. 12)

## 2.2. Cálculos.

El proceso se realizó mediante las mediciones respectivas de longitudes y áreas del recinto, a continuación se deben ingresar los datos requeridos en el programa de acuerdo a un modelo de cálculo preestablecido como: Transmisión de ruido aéreo y ruido de impacto, aislamiento exterior, recintos superpuestos, recintos adyacentes y tiempo de reverberación. En cada uno de estos aspectos el programa ofrece diversas opciones y posibilidades de modelos arquitectónicos comunes de los cuales se escogerá el más acertado a las necesidades requeridas.



Después se establecerán los materiales de los que estén contruidos el recinto a calcularse, este proceso se hará mediante flancos o las distintas paredes y divisiones que se posea.

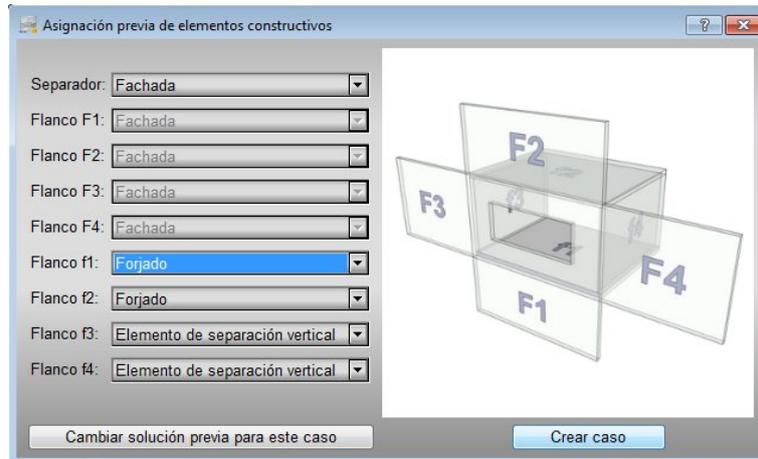


Figura 42. Ejemplo de elementos constructivos de fachada.

Tomado de: <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-herramienta-calculo-documento-basico-proteccion-frente-ruido>. 2015

A continuación se ingresará el área expresada en metros cuadrados o el volumen expresado en metros cúbicos según requiera la herramienta, se podrá observar un recuadro que indicará si los datos cumplen o no con el valor exigido por las normas gubernamentales, en el caso de no ser así se procederá a las simulaciones, utilizando diversos materiales del banco que ofrece el programa, los cuales pueden ser: estructurales, de revestimiento, de absorción, de reflexión, entre otros. Estos materiales se escogerán con el objetivo de cumplir con la norma requerida acústicamente, una vez aprobados los cálculos y los materiales, será posible ponerlos a prueba en la construcción real del recinto.

| Elemento separador                         |                            |                             |  |             |                  |  |  |                  |  |
|--|----------------------------|-----------------------------|--|-------------|------------------|--|--|------------------|--|
| Superficie $S_0$ (m <sup>2</sup> )         |                            | 15                          |  |             |                  |  |  |                  |  |
| Elemento constructivo base                 | $m_i$ (kg/m <sup>2</sup> ) | $R_{i,A}$                   | Revestimiento recinto 1                                |             | $\Delta R_{0,A}$ | Revestimiento recinto 2                                |  | $\Delta R_{1,A}$ |  |
| Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) | 284                        | 49                          | YL 15 + MW 48 + SP (250 < m <= 300 kg/m <sup>2</sup> ) |             | 9                | YL 15 + MW 48 + SP (250 < m <= 300 kg/m <sup>2</sup> ) |  | 9                |  |
| Ventanas, puertas y lucernarios            |                            | Transmisión aérea $D_{i,A}$ |  | $D_{i,T,A}$ |                  | Requisito CTE  |  | $L'_{i,T,W}$     |  |
| $S$ (m <sup>2</sup> )                      |                            | $R_A$                       |  | Directa     |                  | Indirecta  |  | Requisito CTE    |  |
| 0  |                            | 0                           |  | 0           |                  | 0  |  | 50               |  |
|  |                            |                             |  |             |                  |  |  | NO CUMPLE        |  |
|  |                            |                             |  |             |                  |  |  | 65               |  |
|  |                            |                             |  |             |                  |  |  | CUMPLE           |  |
|  |                            |                             |  |             |                  |  |  | 65               |  |
|  |                            |                             |  |             |                  |  |  | CUMPLE           |  |

| Recinto 1                   |  |                               |           |                                 |           |             |     |               |  |                  |    |
|-----------------------------|--|-------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|-------------|-----|---------------|--|------------------|----|
| Tipo de recinto como emisor |  | Tipo de recinto como receptor |           | Volumen $V_1$ (m <sup>3</sup> ) |           |             |     |               |  |                  |    |
| Unidad de uso               |  | Protegido                     |           |                                 |           |             |     |               |  |                  |    |
| Elemento constructivo base  | $m$ (kg/m <sup>2</sup> )                   | $R_{i,A}$                     | $L_{i,v}$ | $S_i$ (m <sup>2</sup> )         | $l_i$ (m) | Como Flanco |     | Revestimiento | $\Delta R_{0,A}$                             | $\Delta L_{i,w}$ |    |
| Elemento F1 (Suelo)         | U_BC 350 mm                                | 360                           | 55        | 75                              | 38        | 6           | 360 | 55            | AC + M 50 + AR MW 12                         | 5                | 27 |
| Elemento F2 (Techo)         | U_BC 350 mm                                | 360                           | 55        | 75                              | 36        | 6           | 360 | 55            | Sin Techos suspendidos                       | -                | -  |
| Elemento F3 (Pared)         | LP 115 + RM + AI + YL 15 (valores mínimos) | 184                           | 53        |                                 | 15        | 2,5         | 173 | 47            | Trasdosado de la hoja interior de la fachada | 6                | -  |
| Elemento F4 (Pared)         | LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos) | 184                           | 53        |                                 | 15        | 2,5         | 173 | 47            | Trasdosado de la hoja interior de la fachada | 6                | -  |

Figura 43. Ejemplo de cálculo del programa del Código Técnico de la Edificación.

Tomado de: <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-herramienta-calculo-documento-basico-proteccion-frente-ruido>. 2015

El programa trabaja con una serie de codificaciones con las cuales reconoce los materiales de manera individual, o a manera de agrupación por lo que es necesario que se conozca la tabla de siglas para evitar confusiones.

Tabla 4. Codificación de materiales del CTE.

| CODIFICACIÓN |  |
|--------------|--|
| AB           | Absorbente acústico  |
| AT           | aislante   |
| C            | Cámara no ventilada  |
| EnI          | Guarnecido o enlucido  |
| G            | Chapa grecada  |
| GR           | Capa de protección de grava  |
| I            | Capa de impermeabilización y capas separadoras                     |
| MW           | Lana mineral   |
| PSM          | Panel sandwich con núcleo aislante y láminas metálicas             |
| PSMN         | Panel sandwich con núcleo aislante y láminas no metálicas (madera) |
| T            | Capa de protección de tejas, pizarra, placas o perfiles metálicos  |
| TC           | Tablero cerámico de 50 mm de espesor y 40 mm de capa niveladora    |
| XPS          | poliestireno extruido  |
| R            | Rastrel de madera  |
| BA           | Barrera contra el agua   |
| TE           | Tablero estructural  |
| EE           | Elemento estructural de madera                                     |
| B            | Barrera contra el vapor  |
| PM           | Perflería metálica   |
| YL           | Placa de yeso laminado   |

Tomado de: (CTE, 2015)

Tabla 4. Codificación de materiales estructurales del CTE

| CODIFICACIÓN |                              |
|--------------|------------------------------|
| U            | Forjado Unidireccional       |
| R            | Forjado Reticular            |
| L            | Losa alveolar                |
| LM           | Losa maciza                  |
| BC           | Bovedilla cerámica           |
| BH           | Bovedilla hormigón           |
| BHA          | Bovedilla hormigón aligerado |

Tomado de: (CTE, 2015)

Tabla 5. Codificación de materiales aislantes del CTE

| CODIFICACIÓN |  |
|--------------|--|
| AT           | aislante   |
| enl          | guarnecido o enlucido  |
| LGF          | Ladrillo hueco de gran formato   |
| LH           | Ladrillo hueco   |
| MW           | Lana mineral o cualquier material absorbente acústico o amortiguador de vibraciones con una resistividad al flujo del aire, $r \geq 5 \text{ kPa.s/m}^2$ |
| SP           | espacio de separación con el elemento base: 10 mm  |
| YL           | Placa de yeso laminado   |

Tomado de: (CTE, 2015)

Tabla 6. Codificación de vinculación de varios materiales del CTE.

| Código | Subtipo             | Material Aislante a ruido de impactos | Descriptor           | Elemento base                                | $\Delta R_a$ | $\Delta R_{atr}$ | $\Delta L_{nw}$ | Fuente                              |
|--------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|--|--------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|
| S1.a.1 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $m \leq 175 \text{ kg/m}^2$       | 10           | 8                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.2 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $175 < m \leq 200 \text{ kg/m}^2$ | 10           | 8                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.3 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $200 < m \leq 225 \text{ kg/m}^2$ | 9            | 7                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.4 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $225 < m \leq 250 \text{ kg/m}^2$ | 8            | 6                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.5 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $250 < m \leq 300 \text{ kg/m}^2$ | 7            | 5                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.6 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $300 < m \leq 350 \text{ kg/m}^2$ | 6            | 4                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.7 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $350 < m \leq 400 \text{ kg/m}^2$ | 5            | 3                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.8 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $400 < m \leq 450 \text{ kg/m}^2$ | 5            | 3                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |
| S1.a.9 | con capa de mortero | MW                                    | AC + M 50 + AR MW 12 | forjado de $450 < m \leq 500 \text{ kg/m}^2$ | 4            | 2                | 27              | Catálogo de Elementos Constructivos |

Tomado de: (CTE, 2015)

Los datos referentes a este caso están conformados por elementos de construcción base como losa maciza, paredes de bloque y hormigón armado, seguido de sus respectivos revestimientos: material aislante, estructura de madera, lana mineral y gypsum. En el caso del piso los datos han sido ingresados con los materiales: material aislante, tablero de madera, aislante de ruido de impacto y lana mineral.

Revisar anexo n°3: detalle de fichas justificativas de cálculo.

### **2.3. Adecuación acústica del recinto casero**

El recinto se encuentra ubicado en un último piso, el mismo posee dos paredes adosadas las cuales corresponden a dos habitaciones, y una ventana ubicada en la fachada. De esta manera se dará prioridad al tratamiento de piso, fachada, y paredes adosadas. Se realizó una selección de materiales resistentes, económicos y efectivos en cuanto a sus características acústicas.

#### **2.3.1. Tratamiento de paredes**

Para el tratamiento de paredes se recubrió toda la superficie con poliexpanded, el cual es un material poroso y absorbente derivado del poliuretano, el mismo servirá como apoyo de los materiales que recubrirán las paredes, además de generar una ligera capa de aire, la cual es necesaria para la correcta propagación y absorción del sonido, se procuró dejar un excedente de este material en el piso y en el techo, ya que el excedente formará solapas que evitan la propagación de ruido en las esquinas y uniones. De igual manera la zona de ventanales fueron recubiertas con poliexpanded y trozos de alfombra para proteger los materiales de los rayos del sol.

A continuación se utilizó cuarterones de madera para construir marcos con varias columnas, los mismos que se fijaron a las paredes dejando un espacio que funcionará como cámara de aire, así los marcos facilitan la resistencia y la adhesión de nuevos materiales para el tratamiento acústico.



*Figura 44.* Detalle de estructuras y revestimiento de paredes.

Una vez instalados los marcos se procedió a la instalación de omegas metálicas, las cuales facilitan la colocación de materiales y posterior recubrimiento de los mismos.

Se colocó varias capas de lana de vidrio, este material es primordial en cuanto a insonorización, ya que posee un coeficiente de absorción acústica efectivo, de esta manera se distribuyó de manera cuidadosa y uniforme alrededor del perímetro.

Se adhirió pequeñas piezas de caucho a las omegas metálicas, estas cumplen la función de amortiguamiento y apoyo al material de recubrimiento disminuyendo el ruido transmitido por impacto



*Figura 45.* Detalle de estructuras y aislamiento acústico mediante lana de vidrio.

Finalmente se recubrió toda la superficie con planchas de gypsum debido a que es un material de recubrimiento económico, estético y acústicamente efectivo, ya que su elaboración con yeso prensado brinda una textura porosa, también cumple la función de protección a los materiales instalados anteriormente, ya que, la lana de vidrio es un material nocivo para la salud, su constante contacto provoca problemas en las vías respiratorias y la piel.



*Figura 46.* Detalle de caucho amortiguador y revestimiento con gypsum



*Figura 47.* Detalle de revestimiento final.

### 2.3.2. Tratamiento de piso

En este proceso se recubrió toda el área con alfombra para proteger el piso y como punto de apoyo de los materiales, a continuación se construyó un marco de madera cuadrículado, se colocó piezas de caucho de 5cm de alto en cada unión de la cuadrícula con el fin de eliminar la transmisión de ruido por impacto, además de ser un punto de apoyo para el piso falso.



*Figura 48.* Detalle de estructura cuadrículada y cauchos amortiguadores en piso.

A continuación se distribuyó lana de vidrio por toda el área con el objeto de aislamiento de ruido hacia los pisos inferiores, de esta manera se procedió a colocar el piso falso utilizando tabla triplex de 18mm, la cual es muy efectiva para resistir el peso, también se recubrió esta zona con alfombra para evitar reverberancias y como estética visual.



Figura 49. Detalle de relleno de estructura mediante lana de vidrio.



Figura 50. Colocación de tabla triplex de 18mm como piso falso

Para el tratamiento del acceso se utilizó un sistema de puertas dobles, las mismas que fueron rellenas con lana de vidrio con el fin de aislar el ruido, además se selló fisuras y posibles pasos de aire con silicona, también adhirió esponja de 10cm de espesor en la puerta externa generando una cámara de aire entre las mismas facilitando la atenuación del ruido hacia el exterior.



*Figura 51.* Detalle de ingreso mediante puertas dobles.

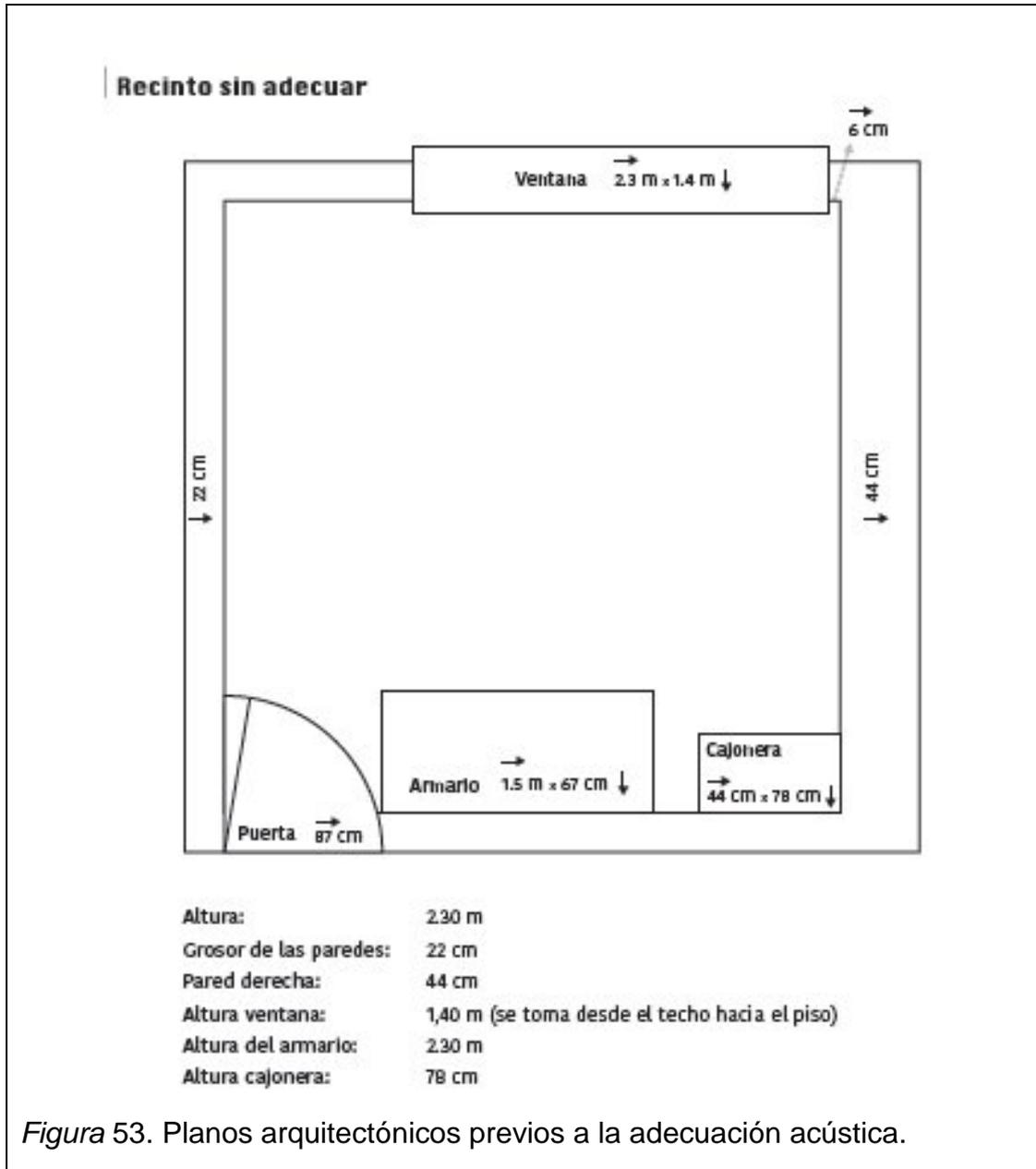
Una vez terminado este proceso se realizaron pruebas y debido a paralelismos y texturas reflectantes la sala poseía ecos flotantes, por lo que se procedió a distribuir esponja de insonorización en las superficies de paredes opuestas de manera ajedrezada, esta esponja tiene la característica de ser flama retardante, además su particular textura y forma permiten una correcta absorción y distribución uniforme del sonido por toda el área anulando los ecos flotantes, también varios libros recomiendan el uso de cortinas como material absorbente en el caso de ser necesario.

Revisar anexo nº4: Manual de adecuación acústica de un recinto casero



*Figura 52.* Resultado final de insonorización y aislamiento acústico.

### 2.3.3. Planos arquitectónicos del recinto casero.



### Recinto Adecuado

Desaparece la ventana

Se suma una puerta de madera de 3,8 cm con esponja de 10 cm

Las paredes aumentan 9,5 cm por capas

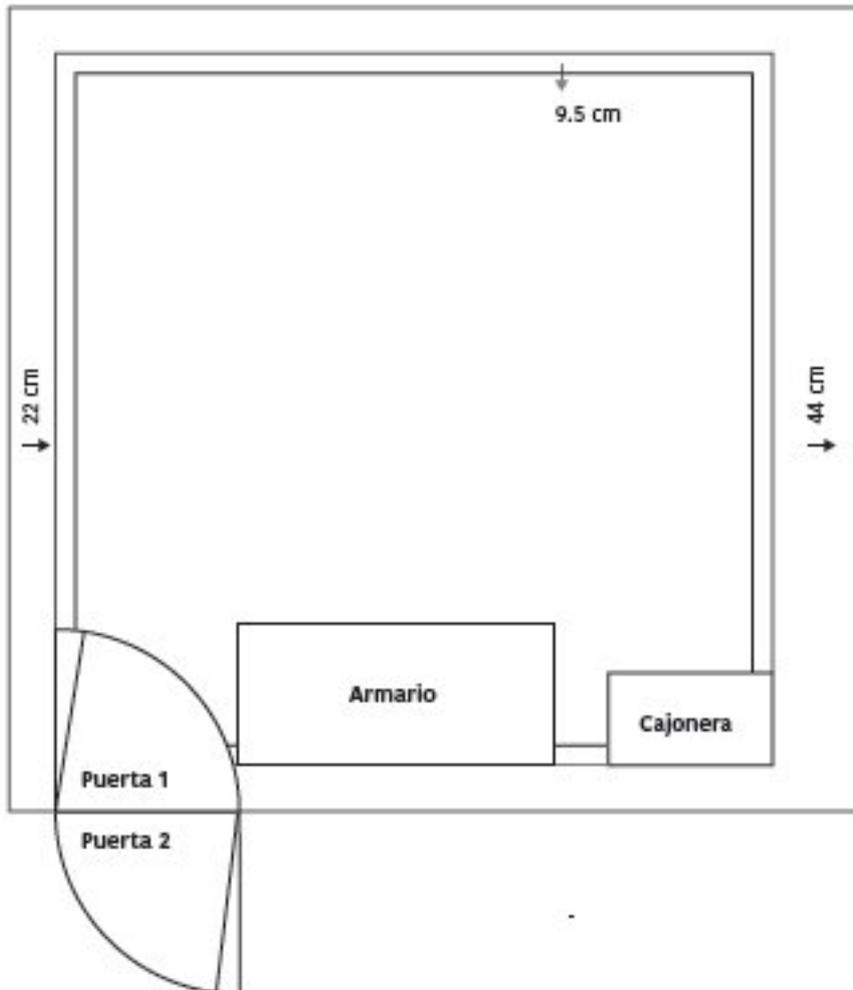
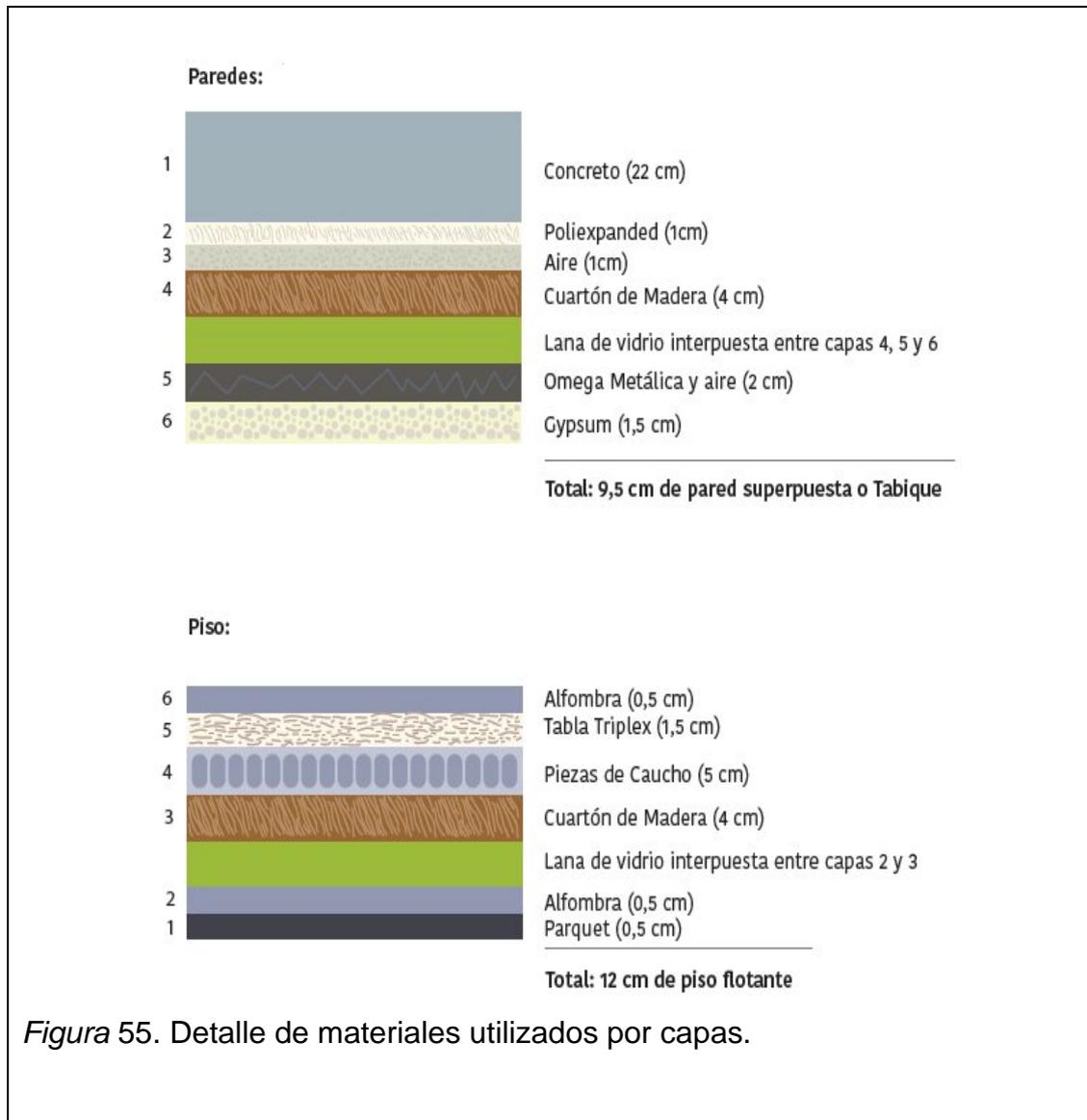


Figura 54. Planos arquitectónicos del recinto adecuado acústicamente.

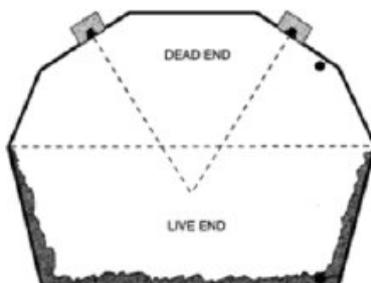
### 2.3.4. Detalle de materiales utilizados.



### 2.4. Estudio de grabación profesional.

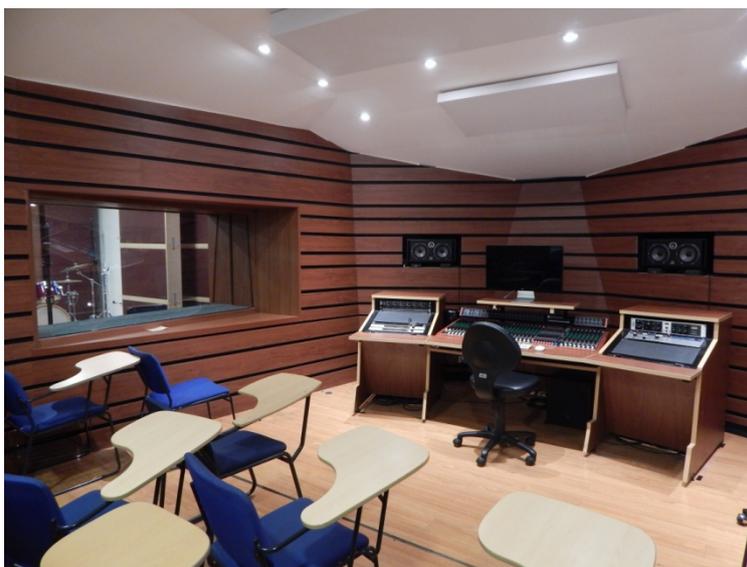
CR3 y LR1 son las siglas correspondientes a *Control room 3* y *Live room 1*, los cuales, conforman el estudio de grabación de la carrera de música de la Universidad de las Américas, el mismo posee un diseño acústico denominado RFZ el cual consiste en el control de las reflexiones hasta su total disipación por medio de la geometría y el uso de difusores en las paredes traseras del cuarto de control, este tipo de salas se construyen con el fin de obtener un

sonido puro y directo de los altavoces, eliminando las primeras reflexiones y posibilitar una perspectiva más real del sonido emitido.

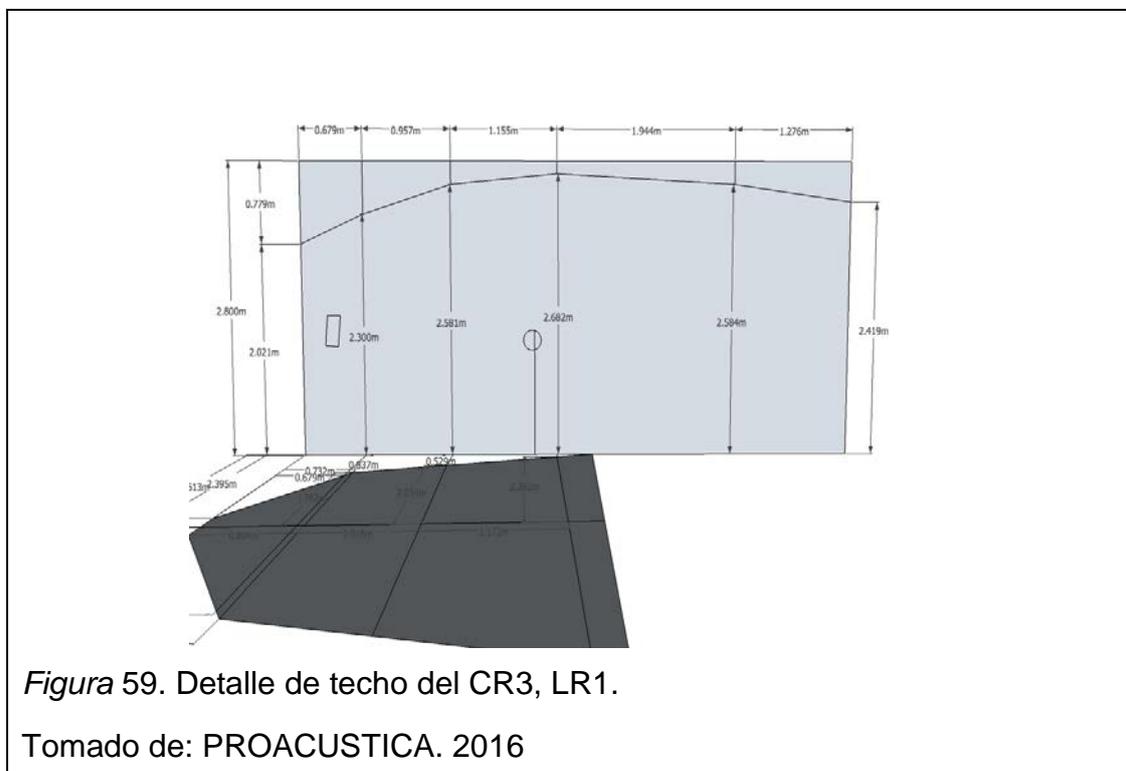
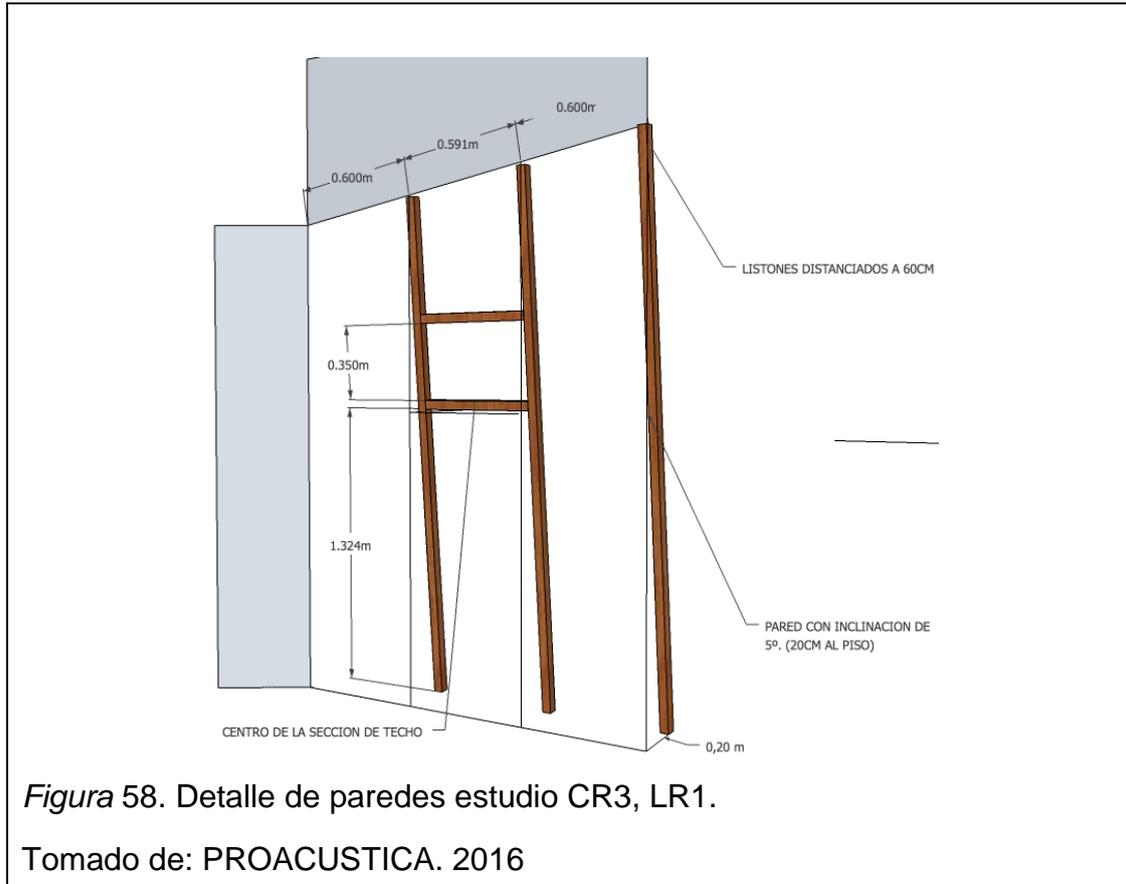


*Figura 56. Diseño RFZ.*

Tomado de: Ingenieros Acústicos Consulting. S. L. 2016, p. 12



*Figura 57. Sala CR3.*



### 2.4.1. Sala LR1 y cabina de voces.

De igual manera la sala LR1 se conforma de dos recintos, la cabina de voces y la sala de músicos, la cual, está diseñada para la correcta propagación del sonido por medio de la geometría y difusores acústicos de dos dimensiones, además posee un sistema de cilindros móviles, los cuales, cumplen la función de acústica variable, estos cilindros están formados por tres paneles los cuales varían el comportamiento del sonido de formas diversas.

Paneles de madera: estos tienen una forma convexa, lo que permite que el sonido se difracte y se propague de manera uniforme a través de la sala, a la vez proporcionan un sonido cálido y orgánico a la grabación.

Paneles de tela: brindan características absorbentes a la sala permitiendo captar un sonido plano, ya que eliminan posibles reflexiones múltiples.

Paneles de piedra: brindan características reflectantes a la sala, de tal manera que se puede obtener una reverberancia natural en una grabación.

Los paneles de acústica variable brindan numerosas posibilidades en una grabación, ya que, es posible la experimentación mediante la fusión o combinación de diversos ambientes acústicos.



*Figura 60.* Sala LR1.



Figura 61. Cámara de voces.



Figura 62. Detalle de peceras del CR3, LR1.

Tomado de: PROACUSTICA. 2016

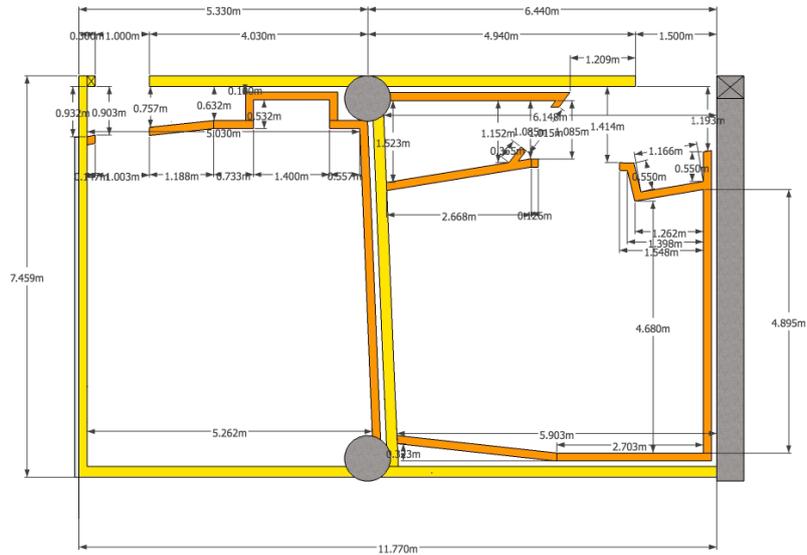


Figura 63. Plano arquitectónico del CR3, LR1.

Tomado de: PROACUSTICA. 2016

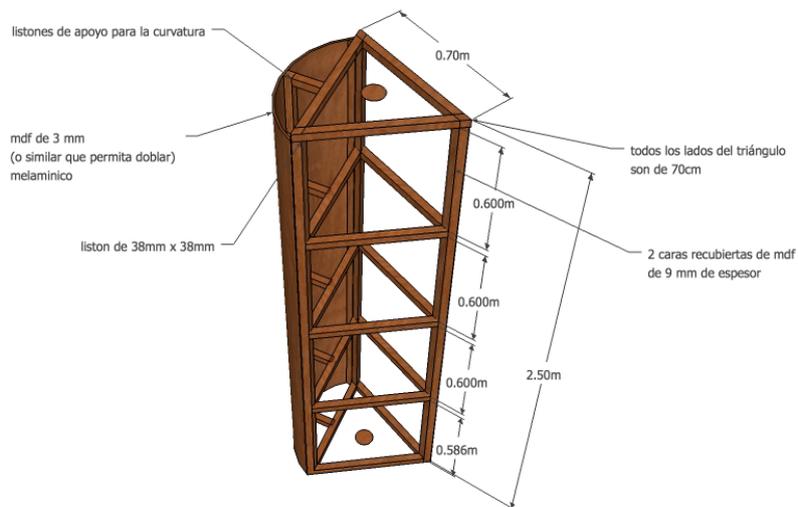


Figura 64. Detalle de paneles de los paneles de acústica variable del CR3, LR1.

Tomado de: PROACUSTICA. 2016

#### 2.4.2. Sala CR3.

El estudio de grabación CR3 trabaja con diversos dispositivos tecnológicos de alta calidad, como artefacto central se tiene la consola de grabación Toft ATB

32, esta es una consola análoga de 32 canales con salida directa, además posee 6 canales de retorno auxiliares en cada canal y 8 grupos de envíos. A su vez la señal es convertida a código binario por 2 interfaces Universal Audio Apollo 16 dándole soporte a los 32 canales de la consola, las mismas se controlan a través de un computador Mac, en el cual se trabaja por medio de la plataforma de grabación y edición de audio Pro tools, el material obtenido puede ser escuchado por medio de los monitores Focal Twin 6Be.

Se posee además 3 preamplificadores para potenciar y colorear las señales recibidas, entre estos están: Neve 1073 DPA de dos canales, Universal Audio 710 Twin-Finity y Universal Audio 6176, es posible acceder a los preamplificadores de manera directa o a través de envíos de señal por medio de una patchera, la cual, funciona a manera de extensión para las señales que se reciben de las salas LR1, los dispositivos de preamplificación están distribuidos del canal 7 al 20 de la patchera debido a sus respectivas entradas y salidas de señal (MIC-LIN-OUT). Otro dispositivo importante es el amplificador de audífonos, debido a que, se encarga de enviar retornos hacia la sala de músicos, este se encuentra conectado a los canales del 1-6 de la patchera, a su vez se encuentran conectados a los auxiliares del 1-6 de la consola permitiendo controlarlos desde la misma.



*Figura 65. Dispositivos tecnológicos CR3.*



*Figura 66.* Preamplificadores CR3.



*Figura 67.* Interfaces de audio y patchera CR3

Para tener acceso a todos los dispositivos a través de las salas que conforman el estudio es necesario el uso de medusas o extensiones de cableado, en la sala LR1 se puede encontrar 3 medusas denominadas Patchbay 1 (PB1) ubicada en la pared bajo la pecera, la misma posee 18 canales de extensión, los cuales, están conectados directamente a la consola en los canales del 1-18, a su vez posee 3 entradas de audífonos las cuales se distribuyen en los canales del 1-3 de la patchera tomando el nombre de R1,R2,R3, los mismos

que son enviados al amplificador de audífonos, para el acceso a cualquiera de los preamplificadores se tiene conexiones extendidas a la patchera en los canales 7-11.



*Figura 68. PB1*

La segunda medusa que toma el nombre de patchbay 2 (PB2), se encuentra instalada en el piso delante de los paneles de acústica variable, esta se encuentra conectada de forma directa a la consola en los canales 19-22, además posee dos retornos los cuales se encuentran conectados a los canales 4 y 5 de la patchera tomando el nombre de R1 Y R2, los mismo que son enviados al amplificador de audífonos, para el acceso a cualquiera de los preamplificadores se tiene conexiones distribuidas en los canales 12-13 y del 17-20.



*Figura 69. PB2.*

La tercera medusa toma el nombre de patchbay 3 (PB3), esta se encuentra ubicada dentro de la cabina de voces bajo la pecera, está conectada directamente a la consola en los canales 23-26, la misma posee un retorno conectado al canal 6 de la patchera tomando el nombre de R1, el mismo que se envía al amplificador de audífonos, para el acceso a cualquiera de los preamplificadores se tiene conexiones distribuidas en los canales de 14-16 y 21-24.



Figura 70. PB3.

Mediante la acústica, conexiones y la interacción entre todos los dispositivos del estudio de grabación CR3-LR1, es posible realizar grabaciones de calidad profesional, tomando en cuenta diversos aspectos englobados en la correcta manipulación de conexiones, desde la microfónica hasta la manipulación del audio captado en el computador.

Revisar anexo n°2: diagrama de bloques del CR3.

## 2.5. Grabación CR3

El proceso de grabación se realizó en el estudio de la escuela de música de la Universidad De Las Américas. Las técnicas de microfónica se aplicaron y se basaron en el libro "*The recording Engineer's hand book - B. Owsinski*". Se grabó a la agrupación musical de estilo Ska punk denominada Hijos de Cletus con el tema fuerza policial, el cual, se encuentra a 154 BPM, La grabación multipista se realizó en diferentes sesiones, ya que cada instrumento fue grabado de manera individual, para ser mezclado y post-producido, mediante

un proceso de pre-producción se optimizó la selección de microfonía, pre-amplificadores, y el flujo de señal que se detalla a continuación:

Acústica variable LR1: fusión intercalada de paneles de piedra y madera.

### **2.5.1. Batería**

Batería *DW design series 5 pc.*

Bombo: se utilizó un micrófono *Sennheiser e902* conectado al canal 1 del PB1, a su vez esta señal se potenció por medio del preamplificador *Neve 1073 DPA* canal 1, además se enfatizaron frecuencias mediante un *Subkick Yamaha*, conectado al canal 2 del PB1, potenciado a su vez por el preamplificador *Neve*, canal 2 para obtener corpulencia.

Caja: se utilizó un micrófono *Shure SM-7b* en la sección del parche, el cual, se conectó al canal 3 del PB1, potenciado además por el preamplificador *Universal Audio 6176*, se usó también un micrófono *Shure SM-57* en la sección de la bordona conectado al canal 4 del PB1.

Tom: se utilizó un micrófono *Sennheiser MD-421* conectado al canal 5 del PB1

Tom de piso: se utilizó un micrófono *Electrovoise RE-20* conectado en el canal 6 del PB1, además la señal se potenció a través del preamplificador *Universal audio 710*.

Hi hat: se utilizó un micrófono *Shure SM-81* conectado al canal 7 del PB1.

Overs: se utilizó dos micrófonos *Sennheiser e914* conectados a los canales 8 y 9 del PB1, se utilizó la técnica de par espaciado, tomando en cuenta que los micrófonos se encuentren a la misma altura, usando a la caja como punto de referencia.

Room: se utilizó un micrófono *Neumann u87* ubicado en la esquina opuesta a los paneles de acústica variable, el mismo se conectó al canal 10 del PB1.

### **2.5.2. Guitarras**

Guitarra 1 *Fender Stratocaster*, Guitarra 2 *Ibanez GAX 30*.

Las guitarras fueron grabadas en la cabina de voces, Se utilizó un amplificador *Fender Mustang* microfonado con un *Shure SM-57*, conectado al canal 1 del PB3, a su vez la señal fue potenciada por un preamplificador *Neve 1073 DPA*.

### 2.5.3. Bajo

Bajo *Ibanez Gsr 200*.

Se utilizó un amplificador *Ampeg BA-112* microfonado con un *Shure beta 52a* conectado al canal 11 del PB1.

### 2.5.4. Voz y Sección de vientos

Trompeta, saxofón alto y saxofón tenor.

Se grabaron de manera separada en la cabina de voces con un micrófono *Electrovoice RE-20* conectado en el canal 1 del PB3, a su vez la señal se potenció por medio del preamplificador *Neve*.



Figura 71. Grabación de baterías CR3.



Figura 72. Grabación de bajo Cr3.

## 2.6. Grabación en estudio casero.

Se realizó la grabación del mismo tema musical, Fuerza policial de la agrupación Hijos de Cletus, realizada previamente en el estudio de grabación de la Universidad de las Américas.

Una vez que el recinto fue adecuado y aislado acústicamente se procedió al análisis, organización, y adquisición de varios dispositivos para establecer una cadena electroacústica lo más óptima posible. Se adquirió una interfaz *M-Audio profire 2626* de 8 canales, monitores *M-Audio BX8*, computador *Macbook Pro* con el programa de edición de audio *Pro tools*, medusa *Audio Master* de 8 canales, microfonía y amplificación que se detallará a continuación en el proceso de grabación de cada instrumento, la misma que se realizó en varias sesiones de manera individual.



Figura 73. Medusa utilizada en el estudio casero.



*Figura 74. Interfaz utilizada en el estudio casero.*



*Figura 75. Dispositivos tecnológicos utilizados en el estudio casero.*

### **2.6.1. Batería**

*Batería Pearl vision Rubi Fade.*

**Bombo:** Se utilizó un micrófono *Shure PG52* conectado al canal 1 de la medusa, a su vez se conectó al canal 1 de la interfaz.

**Caja:** Se utilizó un micrófono *Shure SM-57* para la sección del parche conectado al canal 2 de la medusa, el mismo se conectó al canal 2 de la

interfaz potenciando la señal. Para la sección de la bordona se utilizó un micrófono *Shure Beta 57* conectado al canal 3 de la medusa y al canal 3 de la interfaz.

Tom: Se utilizó un micrófono *Shure Beta 57* conectado al canal 4 de la medusa, a su vez se conectó al canal 4 de la interfaz.

Tom de piso: Se utilizó un micrófono *Shure Beta 57* conectado al canal 5 de la medusa, a su vez se conectó al canal 5 de la interfaz.

Hi hat: Se utilizó un micrófono *Earthworks TC20* conectado al canal 6 de la medusa y de igual manera al canal 6 de la interfaz.

Overs: Se utilizó dos micrófonos *Alesis AM2* conectados a los canales 7 y 8 de la medusa y la interfaz potenciando la señal, al igual que en la grabación realizada en el estudio CR3 se utilizó la técnica de par espaciado tomando en cuenta que los micrófonos se encuentren a la misma altura usando a la caja como punto de referencia.

*Room*: en este caso no se utilizó micrófono de *room* debido a que solo se poseía 8 canales de grabación que ya estaban ocupados por los otros cuerpos de la batería.



Figura 76. Grabación de baterías en el estudio casero, vista superior.



*Figura 77.* Grabación de batería en el estudio casero, vista lateral.

### 2.6.2. Guitarras

Guitarra 1 *Fender Stratocaster*, Guitarra 2 *Ibanez GAX 30*.

Se utilizó un amplificador *Line 6 Spider IV 150* microfonado con un *Shure SM-57* y un *Shure Beta 57* conectados a los canales 1 y 2 de la medusa y la interfaz, los micrófonos se ubicaron en medio de cada cono apuntando hacia afuera captando así un registro intermedio de frecuencias altas y bajas.



*Figura 78.* Grabación de guitarra 1 en el estudio casero.



*Figura 79. Grabación de guitarra 2 en el estudio casero.*



*Figura 80. Detalle de microfónica en el amplificador de guitarra.*

### **2.6.3. Bajo**

*Bajo Corsair Greg Bennett CR13.*

Se grabó por línea directa conectado al canal 1 de la interfaz para potenciar la señal.



*Figura 81.* Grabación de bajo en el estudio casero.

#### **2.6.4. Sección de vientos**

Trompeta, saxofón alto, saxofón tenor.

Se utilizó un micrófono *Shure SM-57* conectado al canal 1 de la medusa y la interfaz.



*Figura 82.* Grabación de trompeta en el estudio casero.



*Figura 83.* Grabación de saxofón alto en el estudio casero.



*Figura 84.* Grabación de saxofón tenor en el estudio profesional.

Voz: Por motivos de salud del vocalista se ha tenido que usar la misma grabación realizada en el estudio profesional.

### **3. Capítulo III. Análisis de grabaciones**

Para este análisis se tomará en cuenta la calidad de las cadenas electroacústicas partiendo en un orden de captación desde: los recintos utilizados, instrumentos musicales, microfónica, dispositivos tecnológicos y post producción de audio.

### 3.1. Acústica

Es importante determinar las diferencias de las grabaciones adquiridas partiendo desde la base, para empezar se tomará en cuenta los recintos, analizando los audios en bruto se puede percibir una diferencia evidente, partiendo desde su diseño, el estudio profesional presenta ventajas con respecto a su construcción RFZ y pisos de madera, además de la acústica variable donde se utilizó paneles de madera y piedra, los cuales combinados con el tamaño del recinto generan una reverberancia natural y un sonido orgánico, el recinto casero posee un sonido más seco tomando en cuenta su construcción y su diseño absorbente, además su tamaño genera una sensación opaca del sonido, pero de esta manera se logra captar un sonido puro para posteriormente tratarlo mediante la post-producción, con esto no se quiere decir que la captación del sonido sea mala, sino que necesita de un tratamiento de edición distinto al del audio captado con reverberancia natural.

### 3.2. Instrumentos musicales.

Este análisis resulta simple, ya que, se procuró usar los mismos instrumentos musicales para ambas grabaciones exceptuando Baterías, y amplificadores.

En cuanto a las diferencias entre baterías en la grabación profesional se utilizó un modelo *DW design series 5 pc* estas son baterías elaboradas de maple, este material tiene la cualidad de producir un sonido corpulento e intenso, además de poseer diferencias tímbricas en cuanto a la tensión de la madera, lo que dará un detalle único a cada batería fabricada, además de brindar una buena articulación en el sonido de cada cuerpo, refiriéndose a un buen sonido individual de cada pieza sin generar una masa envolvente que resulta molesta al momento de una grabación. (DW drums, 2013)

De esta manera la diferencia del sonido que se ha captado en el estudio profesional es muy evidente, particularmente en el sonido de los toms y la afinación de la caja, además del uso de platillos *Zildjian K Custom*, los cuales tienen la característica por tener un balance entre brillo y opacidad, una desventaja se halló en la carencia del orificio en el parche delantero del bombo

ya que esto le brinda ataque y cuerpo, por esto la captación del sonido de bombo fue escasa.

En el estudio casero se utilizó una batería *Pearl Vision Rubi Fade*, la cual, está construida de birch lo que le brinda la posibilidad de mayor ataque, volumen, definición, resonancia, y proyección. Es una batería muy versátil en cuanto a su afinación y uso de distintos parches, brindándole múltiples posibilidades de sonidos de acuerdo al estilo musical que se requiera. (Rezende, 2013)

Así se obtuvo un sonido muy consistente pero no se obtuvo la profundidad deseada especialmente en los toms, también se utilizó platillos *Zildjian ZXT, A series* y *Sabian AAX*, los cuales son platillos de buena calidad, característicos por tener un sonido muy brillante, lo cual fue compensado por las cualidades absorbentes del estudio brindándole un sonido balanceado. Al igual que en el caso anterior el parche delantero del bombo también carecía de orificio por lo que su captación fue escasa.

En cuanto a la grabación de guitarras en el estudio profesional, se utilizó un amplificador *Fender Mustang*, característico por ofrecer un sonido *vintage* o clásico comúnmente utilizado en estilos como blues, incluso sus presets incluyen simulaciones de guitarras de acuerdo a varias épocas como: *British 60's y 80's, American 90's y Metal 2000*, brindando diversas posibilidades de sonidos además de la posibilidad de manipular sus tonos y enfatizar frecuencias específicas. (intheblues, 2013)

La grabación obtenida fue muy favorable debido a que el sonido de las guitarras es bastante claro y limpio a pesar de ser distorsionado, además las guitarras han tenido la menor cantidad de tratamiento de edición debido a la pureza de su sonido.

En el estudio casero se utilizó un amplificador *Line 6 spider IV 150*, el cual, se caracteriza por tener un sonido más distorsionado y potente, se utilizan principalmente para el estilo de música rock, pero es muy versátil en cuanto a la manipulación de sus parámetros de tonos y enfatización de frecuencias, posee un preset de simulaciones de guitarras como: *Clean, Blues, Crunch, Hi*

*gain, Metal, Insane*, entre otros, además posee una serie de efectos integrados los cuales se pueden manipular a través de su tablero. (Line 6 Movies, 2011)

Al igual que en el recinto profesional la grabación de guitarras en el recinto casero resultaron muy efectivas y muy similares, con diferencias tímbricas debido a los dispositivos electrónicos utilizados como se ha mencionado anteriormente, las mismas poseen un sonido muy claro e intenso, de igual manera han recibido un porcentaje muy bajo de tratamiento de post-producción debido a la buena calidad de la grabación.

La grabación de bajo en el estudio de grabación profesional se dio por medio de un amplificador *Ampeg*, en el recinto casero se realizó por medio de línea directa a la interfaz *M-Audio profire 2626*, la diferencia entre las mismas varía en potencia ya que el uso de amplificador mejora la misma, pero la grabación directa garantiza mayor claridad en la interpretación y reducción de ruido eléctrico o digital.

### **3.3. Microfonía**

Es importante marcar diferencias entre las calidades de los micrófonos utilizados en las grabaciones, ya que, representan un elemento fundamental en la captación del sonido requerido, evidentemente los micrófonos utilizados en el estudio profesional son de excelente calidad. En grabaciones de guitarra se procuró utilizar los mismos micrófonos en este caso *Shure SM-57*, razón por la cual las grabaciones resultaron muy similares y de buena calidad, este micrófono posee las siguientes características

**Tabla 7.** Detalles técnicos del micrófono *Shure SM-57*.

|  |  |
|--|--|
| Tipo   | Dinámico (bobina móvil)  |
| Respuesta de frecuencia                                | 40 a 15.000 Hz   |
| Patrón polar   | Cardioide  |
| Impedancia de salida                                   | 310 $\Omega$   |
| Sensibilidad<br>(a 1 kHz, voltaje en circuito abierto) | -56,0 dBV/Pa (1,6 mV)<br>1 Pascal=94 dB SPL  |
| Polaridad  | Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3 |
| Peso   | Neto: 0,284 kg (0,625 lb)  |
| Conector   | Conector de audio de tres clavijas profesional (tipo XLR), macho   |
| Estuche  | Acero troquelado esmaltado en color gris oscuro con una rejilla de policarbonato y una malla de acero inoxidable.          |

Tomado de: (*Shure.com, 2016*)

Es posible notar diferencias evidentes en cuanto a la grabación de baterías debido a la variación de micrófonos en el caso de bombo se utilizó un *Sennheiser e902* en el estudio profesional y un *Shure PG52* en el estudio casero.

**Tabla 8.** Detalles técnicos del micrófono *Sennheiser e902*.

|                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| Principio transductor      | Dinámico              |
| Respuesta                  | 40 – 16.000 Hz        |
| Característica direccional | Cardioide             |
| Factor de transmisión      | 0.6 mV/Pa (con 60 Hz) |
| Neutro                     | 0.2 Mv/Pa (con 1 KHz) |
| Conector                   | XLR-3                 |
| Peso                       | 440 g                 |

Adaptado de: (*Sennheiser.com, 2016*)

Tabla 9. Detalles técnicos del micrófono *Shure PG52*.

| Available Models                |   |
|---------------------------------|---|
| <b>PG52-XLR</b>                 | Includes an Integrated Stand Mount, 15ft (4.57m) XLR to XLR Cable, 5/8" to 3/8" Thread Adapter, and a Storage Bag.                                      |
| <b>PG52-LC</b>                  | Includes an Integrated Stand Mount, 5/8" to 3/8" Thread Adapter, and a Storage Bag.   |
| Specifications                  |   |
| Microphone Type                 | Dynamic (moving coil)   |
| Polar Pattern                   | Cardioid (unidirectional)   |
| Frequency Response              | 30 to 13,000 Hz   |
| Polarity                        | Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 relative to pin 3 of microphone output connector                                      |
| Output Impedance (at 1000 Hz)   | 300 ohms  |
| Sensitivity (at 1000 Hz)        | -55 dBV/Pa, (1.8 mV), 1 Pascal=94 dB SPL  |
| Electromagnetic Hum Sensitivity | 25 dB equivalent SPL in a 1 milliersted field (60 Hz)   |
| Connector                       | Three-pin professional audio connector (male XLR type)  |
| Case                            | Die cast metal housing, black matte finish; hardened silver colored, tapered steel mesh grille; built-in locking stand adapter                          |
| Environmental Conditions        | This microphone operates over a temperature range of -29 to 57 degrees Celsius (-20 to 135 degrees Fahrenheit), and at a relative humidity of 0 to 95%. |
| Weight                          | Net: 470 g (16.8 oz)<br>Packaged: 1053 g (2 lbs 5 oz)   |

Tomado de: (*Shure.com, 2016*)

Como se puede observar en las tablas la diferencia en la respuesta de frecuencia es de 40-16.000 Hz en *Sennheiser e902* brindando mayor cantidad de rango de frecuencias mientras que en *Shure PG52* es de 30-13.000 Hz como limitante.

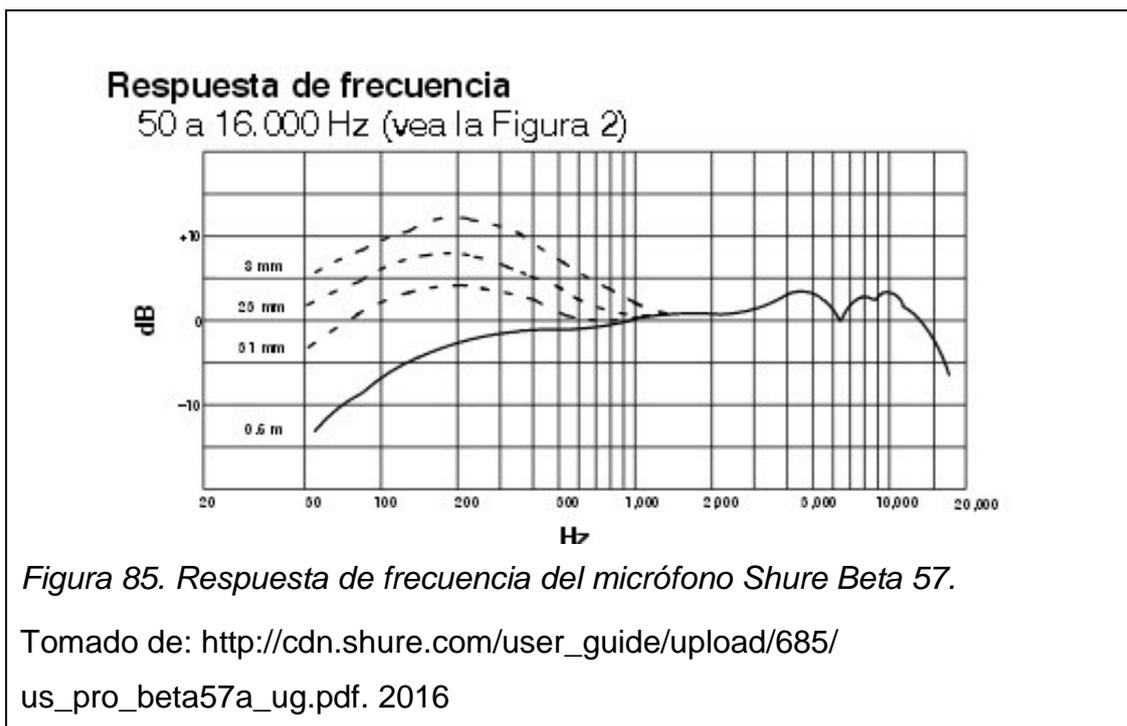
En el caso de la caja se utilizó un micrófono *Shure SM7*, *Shure SM57* en el estudio profesional y un *Shure SM57*, *Shure Beta 57* en el estudio casero.

Tabla 10. Detalles técnicos del micrófono *Shure SM7*.

#### ESPECIFICACIONES

|   |  |
|---|--|
| <b>Tipo</b>   | Dinámico (bobina móvil)  |
| <b>Respuesta de frecuencia</b>  | 50 a 20.000 Hz   |
| <b>Patrón polar</b>   | Cardioide  |
| <b>Impedancia de salida</b>   | clasificado por EIA a 150Ω (150Ω real)   |
| <b>Sensibilidad</b><br>(a 1 kHz, voltaje en circuito abierto)         | -59 dBV/Pa (1,12 mV)<br>1 Pascal=94 dB SPL   |
| <b>Captación de zumbidos</b><br>(típica a 60 Hz, SPL/mOe equivalente) | 11 dB  |
| <b>Polaridad</b>  | Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3 |
| <b>Peso</b>   | Neto: 0,764 kg (1,69 lb)   |
| <b>Caja</b>   | Caja de aluminio y acero con acabado gris oscuro y paravientos de espuma gris oscuro.                                      |

Tomado de: (*Shure.com, 2016*)



Si se observa las tablas la diferencia se encuentra en la respuesta de frecuencia la cual es de 50-20.000 Hz para el *Shure SM7* brindando un rango más amplio de frecuencias a diferencia de *Shure SM 57* y *Shure Beta 57* los cuales poseen una respuesta de frecuencia de 40-15.000 Hz y 50-16.000 Hz respectivamente.

En el caso de toms se utilizó un micrófono *Sennheiser MD-421* en el estudio profesional y *Shure Beta 57* en el estudio casero.

**Tabla 11.** Detalles técnicos del micrófono *Sennheiser MD-421*.

|                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| Respuesta                  | 30 – 17.000 Hz                   |
| Funcionamiento acústico    | Receptor de gradiente de presión |
| Característica direccional | Cardioide                        |
| Atenuación máxima 180°     | 18 dB – 2 dB                     |
| Peso                       | 385 g                            |

Adaptado de: (*Sennheiser.com, 2016*)

La comparativa de las tablas indica la diferencia que se encuentra en la respuesta de frecuencia entre 30-17.000 Hz para el micrófono *Sennheiser MD-421* abarcando un amplio rango de frecuencias, el micrófono *Shure Beta 57*

posee una respuesta de frecuencia de 50-16.000 Hz abarcando mayor cantidad de frecuencias bajas, lo cual, es muy óptimo para grabación de toms.

Para toms de piso se utilizó un micrófono *Electrovoice RE-20* en el estudio profesional y un *Shure Beta 57* en el estudio casero.

Tabla 12. Detalles técnicos del micrófono *Electrovoice RE-20*.

#### Technical Specifications:

|   |   |
|---|---|
| Element Type:   | Dynamic   |
| Frequency Response:                                     | 45 Hz - 18,000 Hz   |
| Polar Pattern:  | Cardioid  |
| Impedance:  | 150 ohms balanced   |
| Sensitivity, Open Circuit Voltage, 1 kHz:               | 1.5 mV/pascal   |
| Hum Pickup Level, typical (60 Hz/1 millioersted field): | -130 dBm  |
| Polarity:   | Pin 2 will be positive referenced to Pin 3 with positive pressure on diaphragm                    |
| Case Material:  | Steel   |
| Finish:   | Fawn beige  |
| Dimensions:   | Length = 8.53" (216.7 mm)<br>Widest Diameter = 2.14" (54.4 mm)<br>Body Diameter = 1.94" (49.2 mm) |
| Net Weight:   | 1 lb, 10 oz (737 g)   |
| Shipping Weight:  | 3 lb, 4 oz (1474 g)   |
| Accessories Included:                                   | 81715 stand clamp   |
| Optional Accessories:                                   | 309A shock-mounted stand adapter for use with floor stand or recording boom                       |

Tomado de: (*Electrovoice.com, 2016*)

Al observar las tablas es posible notar la diferencia se encuentra en la respuesta de frecuencia pero la misma no es muy alta, en el caso de *Electrovoice RE-20* la respuesta es de 45-18.000 Hz y de 50-16.000 Hz para *Shure Beta 57* haciendo de los mismos excelentes micrófonos para la captación de floor toms con diferencias en captación de frecuencias bajas, las cuales serán más óptimas.

Para la grabación de hi-hat se utilizó un micrófono *Shure SM-81* en el estudio profesional y un micrófono *Earthworks TC20* en el estudio casero.

Tabla 13. Detalles técnicos del micrófono *Shure SM-81*. (Shure.com, 2016)

|   |  |
|---|--|
| <b>Tipo</b>   | Condensador (electreto polarizado)   |
| <b>Respuesta de frecuencia</b>  | 20 a 20.000 Hz   |
| <b>Patrón polar</b>   | Cardioides   |
| <b>Impedancia de salida</b>   | clasificado por EIA a 150Ω (85Ω real)  |
| <b>Sensibilidad</b><br>(a 1 kHz, voltaje en circuito abierto)   | -45 dBV/Pa (5,6 mV)<br>1 Pascal=94 dB SPL  |
| <b>Nivel de presión acústica (SPL) máx.</b><br>(1 kHz con 1% de distorsión armónica total, carga de 1 kΩ) | 136 dB SPL   |
| <b>Relación de señal a ruido</b><br>(con respecto a 94 dB SPL a 1 kHz)                                    | 78 dB<br>La relación de señal a ruido es la diferencia entre 94 dB SPL y el SPL equivalente del ruido autógeno con ponderación A |
| <b>Nivel de limitación</b><br>(1 kHz con 0,25% de distorsión armónica total, carga de 1 kΩ)               | -4 dBV (0,63 V)  |
| <b>Captación de zumbidos</b><br>(típica a 60 Hz)  | -3 dB típico   |
| <b>Polaridad</b>  | Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3       |
| <b>Peso</b>   | Neto: 0,230 kg (0,5 lb)<br>Embalado: 0,740 kg (1,625 lb)   |

Tabla 14. Detalles técnicos del micrófono *Earthworks TC20*.

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Respuesta de frecuencia       | 10 Hz – 20 Hz   |
| Patrón polar                  | Omnidireccional |
| Sensibilidad                  | 8mV/Pa          |
| Requiere <i>phantom power</i> | 48V             |
| Ruido equivalente             | 27 dB SPL       |
| Peso                          | 160 g           |

Adaptado de: (Thomann.de, 2016)

Como se puede observar en las tablas la diferencia se encuentra en la respuesta de frecuencia aunque no son altas, el micrófono *Shure SM-81* posee una respuesta de frecuencia de 20-20.000 Hz y el micrófono *Earthworks TC20* 10-20.000 Hz, de esta manera se considera a los dos micrófonos óptimos para la grabación de hi-hat.

Para la grabación de overs se utilizó un par de micrófonos *Sennheiser e914* en el estudio profesional y un par de micrófonos *Alesis AM2* en el estudio casero.

Tabla 15. Detalles técnicos del micrófono *Sennheiser e914*.

|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| Principio transductor   | Condensador    |
| Respuesta de frecuencia | 20 – 20.000 Hz |
| Alimentación Fantasma   | 48V            |
| Factor de transmisión   | 7 mV/Pa        |
| Filtro de bajos         | Lineal         |

Adaptado de: (Sennheiser.com, 2016)

Tabla 16. Detalles técnicos del micrófono Alesis AM2.

|                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| Funcionamiento acústico | Receptor de gradiente de presión |
| Principio transductor   | Condensador                      |
| Patrón direccional      | Cardioide                        |
| Respuesta de frecuencia | 30 – 18.000 Hz                   |
| Umbral de ruido         | Mayor que 60 dB                  |

Adaptado de: (Alesis.com, 2016)

Las tablas evidencian la diferencia que se encuentra en la respuesta de frecuencia pero no es alta, en el caso de los micrófonos *Sennheiser e914* la respuesta de frecuencia es de 20-20.000 Hz y en el caso de los micrófonos *Alesis AM2* la respuesta es de 30-18.000 Hz, de esta manera se considera que estos micrófonos son óptimos para la grabación de overs.

Para la grabación de *room* se utilizó un micrófono *Neumann U87* en el estudio profesional, en el caso del estudio casero no se grabó *room* por falta de canales en la interfaz, esto provoca una gran diferencia en cuanto a la captación de la reverberación de los recintos, razón por la cual el recinto casero es más seco.

Tabla 17. Detalles técnicos del micrófono Neumann U87.

|                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Funcionamiento acústico     | Receptor de gradiente de presión |
| Figura polar                | Omni/cardioide/figura 8          |
| Respuesta de Frecuencia     | 20 Hz – 20 KHz                   |
| Impedancia nominal          | 200 ohmios                       |
| Impedancia de carga nominal | 1000 ohmios                      |

Adaptado de: (Americanmusical.com, 2016)

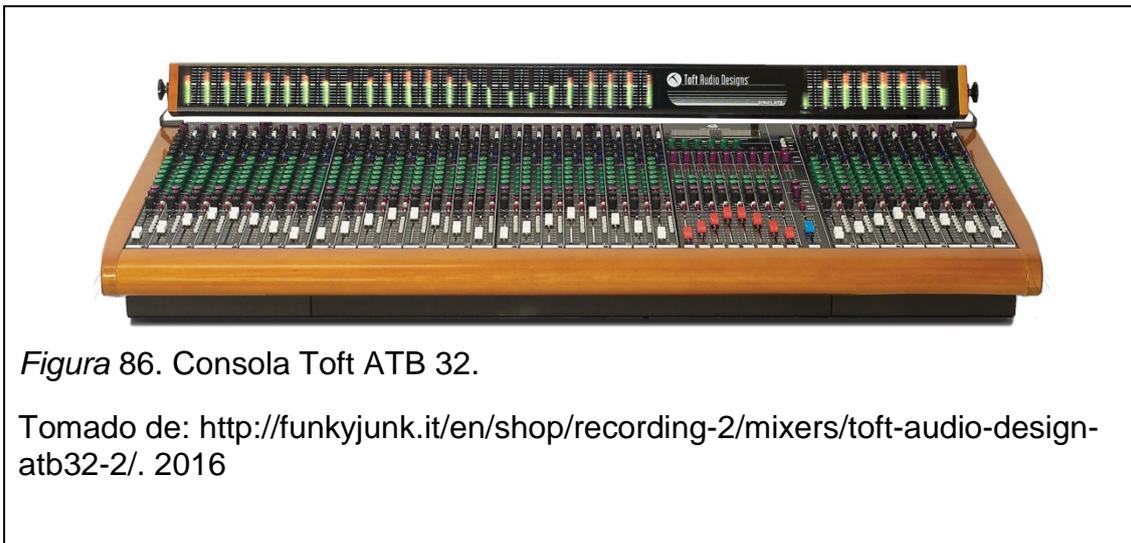
En el caso de la grabación de la sección de vientos se encuentra una diferencia en la respuesta de frecuencia entre los micrófonos *Electrovoice RE-20* y *Shure SM57* de 45-18.000 Hz y 40-15.000 Hz, lo que evidencia la captación más clara de vientos por parte de *Electrovoice RE-20*.

En el caso de la voz se grabó con un micrófono *Electrovoice RE-20* en el estudio profesional y se tuvo que usar la misma grabación en el estudio casero, debido a problemas de salud del cantante.

Aclaración: con este análisis no se tiene la intención de sugerir que un micrófono sea bueno o malo, sino su efectividad en cuanto a diversas situaciones, ya que, todos los micrófonos mencionados anteriormente son excelentes en distintas circunstancias y modos de uso.

### 3.4. Dispositivos tecnológicos

En esta sección es importante tomar en cuenta los diversos dispositivos tecnológicos de las cadenas electroacústicas que se han utilizado en ambas grabaciones, en el caso de la grabación del estudio profesional la señal tiene que pasar por varios procesamientos como se ha mencionado anteriormente, entre los más importantes están la consola *Toft ATB 32* en donde es posible manipular niveles de la señal por medio de los preamplificadores incorporados en la misma, esto le brinda una coloración o un sonido particular a la señal produciendo una diferencia sonora.



Después tenemos cada uno de los preamplificadores externos: *Neve 1073 DPA*, *Universal Audio 710 Twin-Finity* y *Universal Audio 6176*, los mismos que, potencian la señal con la posibilidad de manipular varios parámetros brindándole un sonido característico e intenso a la señal recibida.

En el caso del preamplificador *Neve 1073 DPA* es posible la manipulación de niveles de entrada expresados en decibeles, filtros de frecuencias bajas y altas,

*phantom power*, fase de micrófonos, corte de frecuencias, de esta manera se puede grabar un sonido de alta calidad.



Figura 87. Preamplificador Neve 1073 DPA.

Tomado de: <http://vintageking.com/neve-1073-dpa>. 2016

El preamplificador *Universal Audio 710 Twin-Finity*, el cual, permite la manipulación de diversos parámetros como: el nivel de entrada de la señal expresada en decibeles, a su vez, es posible controlar el nivel de salida mediante dos potenciómetros, este preamplificador permite conectar un instrumento o micrófono por línea directa, donde además se puede variar los parámetros de un sonido de transistores o un sonido de tubos mediante un potenciómetro, también posee parámetros de fase, pad de 15 decibeles, y filtros de frecuencias bajas. De esta manera se puede grabar una señal de alta calidad mediante varias posibilidades y necesidades.



Figura 88. Preamplificador Universal Audio UA 710.

Tomado de: <http://www.woodbrass.com/es/preamplificadores-de-microfono-tube-universal-audio-ua710-twin-finity-p83172.html>. 2016

El preamplificador *Universal Audio 6176* permite la manipulación de varios parámetros como: nivel de entrada de la señal expresado en decibeles, filtros de frecuencias altas y bajas, permite el ingreso de una señal de instrumento o micrófono por línea directa, a su vez se puede manipular parámetros del compresor como: el ataque, la duración, y la atenuación de una señal. De esta manera es posible grabar una señal de alta calidad mediante la variación de parámetros de acuerdo a necesidades específicas.



Figura 89. Preamplificador *Universal Audio 6176*.

Tomado de: <http://www.uaudio.com/hardware/channel-strips/6176.html>.  
2016

En contraste el estudio de grabación casero posee únicamente 2 dispositivos vitales, la computadora *Macbook pro* donde se manipulará diversos parámetros de la grabación obtenida mediante el programa de grabación y edición de audio *Pro tools* y la interfaz *M-Audio profire 2626* de 8 canales con sus preamplificadores integrados donde es posible la manipulación del nivel de la señal, posee dos canales de entrada directa de un instrumento o micrófono, *phantom power*, dos canales de monitoreo de audífonos.

La diferencia entre ambos estudios es evidente como se ha detallado anteriormente, ya que, el uso de preamplificadores externos garantiza un sonido de calidad, pero al utilizar la interfaz que de igual manera es de buena calidad es posible la captación de un sonido óptimo.



*Figura 90. Macbook pro.*

Tomado de: <http://www.cultofmac.com/268822/apple-finally-discontinue-non-retina-macbook-pro-year-rumor/>. 2016



*Figura 91. Interfaz Profire 2626.*

Tomado de: <http://www.futuremusic-es.com/m-audio-profired-2626/>. 2016

### **3.5. Post producción.**

Para el proceso de post producción de los dos temas grabados, se ha utilizado los *plug-ins* o herramientas virtuales que ofrece el programa de grabación y edición de audio *Pro tools*, de tal manera que se ha realizado mezclas de audio de los más sencillas sin entrar en ediciones más sofisticadas a través de *plug-ins* como de *Universal Audio*, los cuales, se puede encontrar en estudios de grabación profesionales.

Se han utilizado plug-ins de ecualización como: 1 Band EQ permitiendo la manipulación de parámetros como nivel de entrada y salida de señal, filtros comunes de simulación, nivel de frecuencias de 20 Hz a 10 K.



Figura 92. 1Band EQ.

También se ha utilizado 7 Band-EQ, el cual, permite la manipulación más exacta de parámetros a través de niveles de filtros de frecuencias altas y bajas, niveles de entrada y salida de señal, niveles de ancho de banda, focalización de frecuencia, y niveles en 5 parámetro denominados como: Frecuencias bajas, frecuencias medias bajas, frecuencias medias, frecuencias medias altas y frecuencias altas, abarcando un rango de 20 Hz a 20 K.



Figura 93. 7 Band EQ.

Se ha utilizado además plug-ins de dinámica como es el caso de compresores y limitadores, en este caso se usó *MAXIM*, posibilitando la manipulación de diversos parámetros como: *Threshold* o umbral de potencia de la señal, *ceiling* o el umbral de compresión de la señal, *release* o tiempo de atenuación de la señal expresado en milisegundos, parámetros de coloración de señal y reverberancia diferenciado entre una señal seca o mojada. También se utilizó *COMPRESSOR/LIMITER*, el cual, posee parámetros más exactos para la manipulación de la señal como: Niveles de entrada y salida de la señal, filtros de frecuencias altas y bajas, parámetros de compresión *knee* o rótula estableciendo el nivel entre la señal procesada y la no procesada expresada en decibeles, *Threshold* o nivel del umbral de compresión de la señal, *attak* o ataque estableciendo el nivel de tiempo en que la señal tardará en comprimirse, *ratio* o la relación cuantificada de las magnitudes, *release* estableciendo el tiempo de duración de la señal comprimida y *gain* o nivel de potencial de la señal expresada en decibeles.



Figura 94. Maxim.

También se utilizó el plug-in *DVERB*, permitiendo la manipulación de la señal en diversos parámetros como: filtros de frecuencias, *delay* o retardo, difusión

de la señal en un ambiente, decaimiento o el tiempo de duración de una señal procesada, nivel de coloración de una señal *dry* o seca y *wet* o mojada, además de simuladores de espacios reverberantes preestablecidos como: pasillos, cuartos grandes, cuartos pequeños, iglesia, entre otros.



Figura 95. DVERB.

Además para el procesamiento de las señales se utilizó envíos por medio de buses hacia un canal auxiliar, permitiendo el control de la cantidad de efecto de los plug-ins, sin alterar el nivel de potencia de las señales grabadas previamente.



Figura 96. Ejemplo de envío por buses.

Además de la creación de un canal *master* para tener una referencia del nivel de la señal grabada, evitando saturación de la misma y procurando mantener la misma bajo el nivel nominal, es decir 0 (cero), para posterior manipulación del audio englobado a la masterización.

### 3.6. Análisis de postproducción de audios

Para este proceso de análisis es necesario tomar en cuenta que cada grabación requiere un tratamiento de postproducción diferente, ya que, lo que se procura es obtener un sonido óptimo de cada una, además el proceso de mezcla varía de acuerdo al estilo de música que se ha grabado, varios libros coinciden en que este proceso tiene una perspectiva subjetiva, ya que una

buena mezcla de un ingeniero puede sonar mal para otro, sin embargo existen ciertos estándares a seguir para obtener un buen resultado y un buen sonido. (Gibson, 1997)

El análisis se realizará mediante la percepción de los audios en bruto, ya que, la calidad de los mismos dependerá de la acústica de los recintos y la eficiencia de las técnicas de microfónica que se utilizó, de esta manera se analizará la mejora del sonido, mediante el porcentaje de ecualización y diversos plug-ins que se han usado para obtener un sonido óptimo.

### **3.6.1. Baterías**

Como se ha detallado anteriormente en la grabación del estudio casero se puede notar un sonido seco debido a las cualidades absorbentes, además se puede percibir un desequilibrio entre los niveles de cada cuerpo del instrumento, existe un exceso de nivel en la caja, y no se puede percibir cuerpo ni ataque del bombo, de igual manera en los toms. En cuanto a platillos se puede notar falta de intensidad en volumen, pero las cualidades acústicas del recinto brindan un sonido cómodo, refiriéndose a un equilibrio entre frecuencias altas y bajas de los mismos. Se debe mencionar que la diferencia entre niveles de intensidad varían, debido a la interpretación del instrumento, sin embargo los niveles tomados a través de los preamplificadores de la interfaz son óptimos para la mezcla.

En la grabación del estudio profesional se puede notar un ambiente más reverberante por el diseño del mismo, en esta grabación se tuvo problemas en cuanto a la captación de bombo, por lo que se procedió a reemplazarlo por un sonido de bombo digital, importado desde el programa *Logic*, este reemplazo se realizó en la sección de la introducción del tema, ya que en esta la batería tiene mayor presencia, en las siguientes secciones se continuó con el bombo grabado pero se enfatizó su cuerpo para que sea más perceptible, al igual que la grabación casera, se puede notar un desequilibrio de niveles de intensidad entre los cuerpos del instrumento, haciendo énfasis en la caja; los toms carecen de cuerpo y definición, los platillos poseen un sonido brillante pero de

igual manera su nivel se encuentra desequilibrado. Las dos grabaciones poseen un sonido claro de cada cuerpo, sus deficiencias son similares en cuanto a niveles, pero las mismas se pueden corregir mediante los procesos que se detallarán a continuación:

### **3.6.2. Paneo**

En lo que respecta a paneo las dos mezclas poseen una ubicación similar excepto por las guitarras, las cuales requerían una ubicación diferente debido a su sonido y su interpretación.

En detalle se tiene el paneo de la batería ubicada con la perspectiva del baterista, es decir bombo y caja en el centro, hi-hat y tom 1 a la izquierda, tom de piso a la derecha, y overs extremos derecho e izquierdo respectivamente, el bajo y la voz se encuentran ubicados en el centro, en la sección de vientos se tiene al saxofón tenor en el centro, saxofón alto paneado hacia la izquierda y la trompeta paneada hacia la derecha, generando así un efecto de amplitud entre los mismos, además de una perspectiva abierta refiriéndose a la escucha de los registros y variaciones tímbricas de cada instrumento.

En la mezcla del estudio profesional se ha requerido que la guitarra uno esté ubicada en los extremos derecho e izquierdo usando una duplicación de los canales, dándole un efecto de amplitud, la segunda guitarra se encuentra paneada al lado derecho como apoyo, además se realizaron automatizaciones de paneo en las guitarras, en varias zonas requeridas debido a la interpretación y composición del tema musical.

En la mezcla del estudio casero las guitarra uno se encuentran paneadas a la derecha y la guitarra dos a la izquierda, ya que, de esta manera se tiene una perspectiva más clara de las mismas y es posible percibir con mayor precisión la interpretación de cada músico, beneficiando a la vez factores de la composición evitando automatizaciones.

### 3.6.3. Bombo

En el bombo reemplazado se ha hecho una disminución en las frecuencias altas 1.96 K en -2.5 dB, debido a la calidad sonora del bombo digital.



Debido a la mala calidad del bombo grabado se ha requerido su compresión enfatizando un umbral de -12.4 dB para evitar saturaciones en el canal master y una mejor percepción audible en la mezcla, además la ecualización ha sido muy enfática, ya que se ha requerido de filtros de frecuencias altas y bajas 69.8 Hz en 18dB y 595.9 Hz en 12 dB respectivamente, para así eliminar ruidos de otros instrumentos que se han colado en la grabación y frecuencias molestas.



En contraste en la mezcla del estudio casero se ha procurado rescatar la grabación del bombo, para evitar su reemplazo como en el caso de la mezcla del estudio profesional, esto se ha logrado mediante la duplicación del canal de bombo para incrementar la intensidad de volumen y facilitar la manipulación de la ecualización, ya que, en un canal se ha procurado resaltar un sonido corpulento mediante la reducción de las frecuencias 7.12 K en -12.0 dB, 998.4 Hz en -5.9 dB, 285.9 Hz en -1.1 dB y 134.5 Hz en -5.7 dB , mientras que, en el

otro canal se ha enfatizado el ataque mediante la enfatización de frecuencias 658.1 Hz en 8.7 dB.



Figura 100. Detalle de la ecualización del cuerpo del bombo en el estudio casero.



Figura 101. Detalle de ecualización del ataque del bombo en el estudio casero.

### 3.6.4. Toms

En el caso de los toms se ha utilizado *1Band EQ* para limpieza de frecuencias utilizando Un filtro pasa altos en 93 Hz. La captación del sonido de los toms ha sido óptima, por esto su tratamiento ha sido sutil.



Figura 102. Limpieza de frecuencias en tom.

En el estudio casero el tratamiento de toms fue más pronunciado ya que se utilizó un ecualizador *1Band EQ* para limpiar frecuencias altas, especialmente por invasión de ruido de platos y caja, en el tom uno se mejoró la calidad del sonido, se utilizó *7 Band-EQ* disminuyendo frecuencias altas 1.88 K en -12.0 dB y 607.8 Hz en -15.6 dB, para disminuir los sobrantes de ruido invasivo, eliminación de armónicos y resonancias molestas y finalmente enfatización de 335.57 Hz en 7.9 dB para obtener profundidad y definición. En el tom de piso se realizó el mismo proceso pero con reducción en frecuencias altas de 5.50 K en -10.6 dB, 1.08 K en -7.1 dB, eliminando así frecuencias molestas y la enfatización en frecuencias medias de 184.7 Hz en 12.2 dB, brindándole corpulencia y un sonido más definido.



Figura 103. Detalle de ecualización de tom.



Figura 104. Detalle de ecualización de tom de piso.

### 3.6.5. Caja

Para la caja arriba y la caja abajo se ha realizado una ecualización por medio de un filtro pasa altos haciendo énfasis en frecuencias 6.32 K en 4.4 dB frecuencias medias 1.10 k a -2.4 dB, lo cual ha brindado un sonido muy claro y con una captación de armónicos equilibrada favoreciendo el estilo musical, además se ha comprimido la misma haciendo énfasis en un ataque inmediato debido a la intensidad de la interpretación y el umbral de -17.3 dB, para evitar la saturación de la señal y brindarle un sonido compacto.



Figura 105. Detalle de ecualización de caja en el estudio profesional.

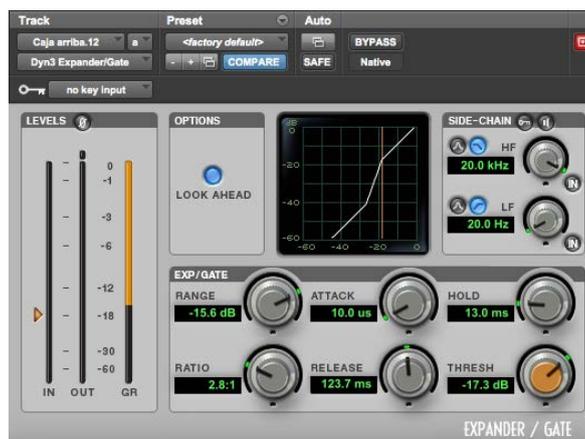


Figura 106. Detalle de compresión de caja en el estudio profesional.

En contraste en la mezcla de cajas del estudio casero se realizó una disminución de 8.52 K en -3.4 dB para eliminar ruidos invasivos y 479.0 Hz en -11.8 dB para evitar frecuencias de resonancias molestas, por esta razón el sonido de la caja carece del sonido armónico característico del estilo musical debido a su afinación, esto no es óptimo pero es funcional.



Figura 107. Detalle de ecualización de caja en el estudio casero.

### 3.6.6. Hi-hat

La señal de hi-hat se ha utilizado un filtro pasa altos para reducción de ruido y se ha incrementado frecuencias altas 3.10 K en 5.4 dB y 16.83 K en 6.7 dB para brindarle mayor definición, ya que, en el audio en bruto se encontraba opaca.

En el caso del estudio casero se hizo una reducción de frecuencias medias 729.5 Hz en -7.8 dB para eliminar ruido y se ha enfatizado frecuencias altas 5.61 K en 5.4 dB y 2.00 K en 4.2 dB incrementando brillo al sonido.



Figura 108. Detalle de ecualización de Hi-hat en el estudio profesional.



Figura 109. Detalle de ecualización de Hi-hat en el estudio casero.

### 3.6.7. Overs

En el estudio profesional se ha comprimido la señal de *overs*, mediante un ataque en 3.4 ms y un umbral de -19.2 dB, ya que, debido a las cualidades acústicas de la sala se ha obtenido un buen nivel de intensidad y brillo en la señal.



Figura 110. Detalle de compresión de *Overs* en el estudio profesional.

En el estudio casero se ha enfatizado frecuencias altas 3.10 K en 5.4 dB y 16.83 K en 6.7 dB para mayor claridad de platillos, ya que la captación de los demás cuerpos de la batería ha sido muy efectiva



Figura 111. Detalle de ecualización de *Overs* en el estudio casero.

### 3.6.8. Reverberación

En las mezclas se optó por usar cantidades de efecto similares, se usó el efecto de reverberación accediendo al mismo, por medio de buses o envíos de señal, de esta manera se generó un ambiente similar para todos los cuerpos, además de generar la sensación de espacio entre los mismos, la reverberación varió en los parámetros de decaimiento 501 milisegundos, difusión de 80% corte de frecuencias altas en 11.93 Hz.



Figura 113. Detalle de reverberación general de batería en el estudio casero.

En cuanto a compresión en la mezcla del estudio profesional, se optó por usar compresión en cada cuerpo con pequeñas variaciones como se detalló anteriormente, a diferencia del estudio casero donde se usó una compresión general de todos los cuerpos



Figura 114. Detalle de compresión de batería en el estudio profesional.

De esta manera se puede evidenciar que la cantidad de tratamiento de cada cuerpo de baterías es mayor en el estudio casero.

### 3.6.9. Bajo

Como se ha mencionado anteriormente la grabación de bajo se realizó por medio de amplificador y micrófono en el estudio profesional y por medio de línea directa en el estudio casero, por esta razón se ha procurado utilizar una ecualización similar, reduciendo 3.03 K en -2.1 dB, 94.1 Hz en -1.9 dB y un incremento en 2.80 K en 4.4 dB, 645.1 Hz en 1.9 dB y 62.0 Hz en 1.5 dB. Además se ha realizado compresión de la señal enfatizando un umbral de -19.4 dB.



Figura 115. Detalle de ecualización de bajo.



Figura 116. Detalle de compresión de bajo.

Es posible notar una diferencia en intensidad de volumen y calidad de la interpretación.

### 3.6.10. Guitarras.

La grabación de guitarras en el estudio profesional ha resultado excelente, por lo que en la mezcla solo se han limpiado frecuencias y se ha comprimido la señal tomando en cuenta un umbral de -17.3 dB y un ataque de 7.7 ms para mantener una señal equilibrada. También se ha utilizado ligeramente efectos de reverberación mediante envíos para generar enlaces junto a la banda.

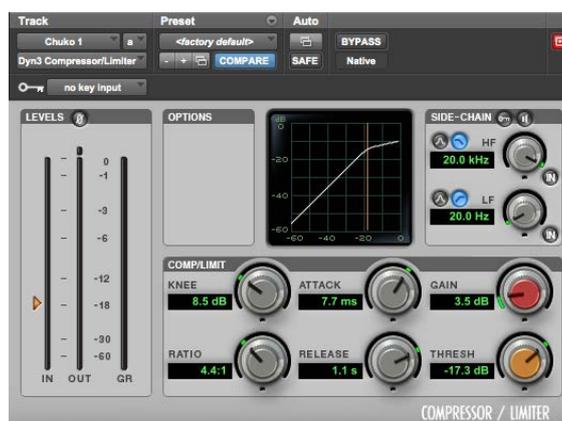


Figura 117. Detalle de compresión de guitarras en el estudio profesional.

En el estudio casero de igual manera se ha obtenido un sonido excelente, por esto el tratamiento de post producción ha sido mínimo enfatizando frecuencias bajas 196.1 Hz en 2.6 dB y 106.0 Hz en 3.2 dB en la primera guitarra generando un sonido corpulento con la distorsión. En la segunda guitarra se ha enfatizado frecuencias medias y altas 2.80 K en -4.4 dB, 1.24 K en 3.0 dB y 234.4 Hz en 4.4 dB. De esta manera se ha generado un contraste balanceado entre las dos guitarras.



Figura 118. Detalle de ecualización de guitarra uno en el estudio casero.



Figura 119. Detalle de ecualización de guitarra dos en el estudio casero.

### 3.6.11. Sección de vientos

El tratamiento de vientos fue similar en ambas mezclas debido a que las grabaciones realizadas en ambos estudios tienen buena calidad, de igual manera se han comprimido las señales y se ha utilizado efectos de reverberación mediante buses en cantidades similares.

### 3.6.12. Saxofón tenor

Se ha utilizado un filtro pasa altos para reducir ruido y se han reducido frecuencias 220.9 Hz en -2.8 dB, 460.4 Hz en -2.0 dB y 1.02 K en -1.3 dB y un incremento en 3.77 K en 10.5 dB enfatizando un sonido brillante.

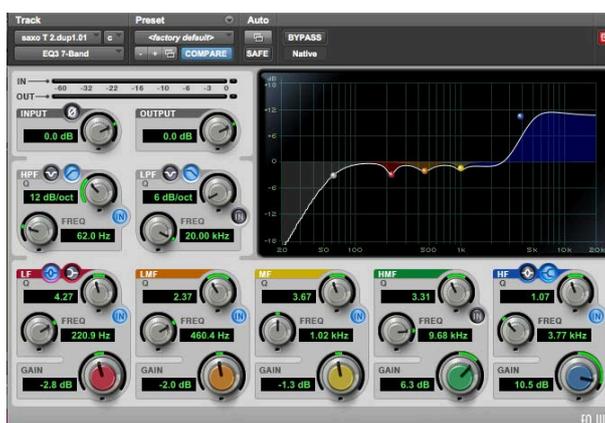


Figura 120. Detalle de ecualización de saxofón tenor.

### 3.6.13. Saxofón alto

En este instrumento se ha enfatizado frecuencias altas 4.60 K en 3.4 dB, 2.08 K en 2.4 dB, para obtener un sonido más brillante.



Figura 121. Detalle de ecualización de saxofón alto.

### 3.6.14. Trompeta.

En la ecualización de este instrumento se ha incrementado frecuencias medias 2.06 K en 2.2 dB y 561.4 Hz en 5.5 dB, brindándole un sonido óptimo y característico del instrumento.



Figura 122. Detalle de ecualización de trompeta.

### 3.6.15. Voz

Se utilizó la misma grabación de la voz en ambas mezclas debido a problemas de salud del cantante durante el proceso de grabación casera, pero de igual

manera se ha ecualizado mediante un filtro pasa altos reduciendo ruido, a su vez se ha reducido frecuencias medias 998.4 Hz en -4.6 dB, también se comprimió la señal enfatizando un umbral de -7.2 dB y un ataque de 89.4 ms. De esta manera se ha logrado un sonido balanceado debido a la intensidad del estilo de canto gutural.



Figura 123. Detalle de ecualización de voces.

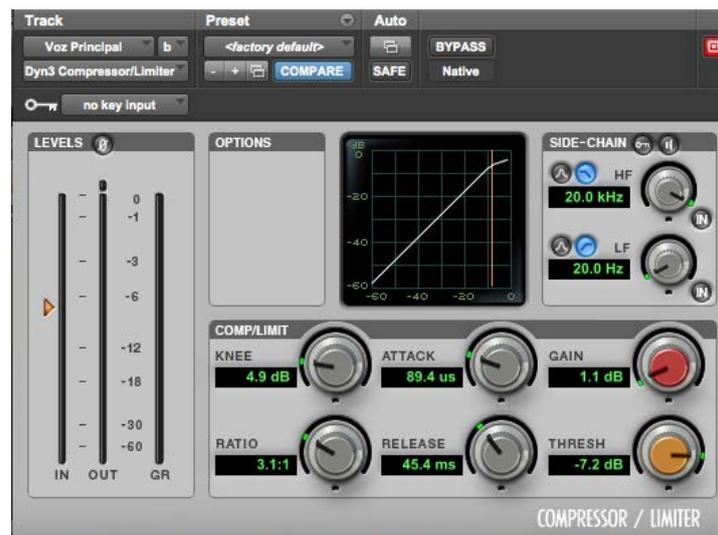


Figura 124. Detalle de compresión de voces.

### 3.6.16. Masterización

Este proceso se ha realizado de manera similar en las dos mezclas tomando en cuenta que la señal general de todo el tema se encuentre bajo el nivel nominal, es decir 0 dB, de esta manera no se obtendrá saturaciones y se podrá incrementar la potencia de manera óptima, para esto se ha utilizado *Maxim* alcanzando un sonido funcional.



Figura 125. Detalle de masterización.

## 4. Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones

Todos los procesos se han realizado mediante diversas normativas, a través de la investigación y la experimentación se ha llegado a resultados consistentes en diversos aspectos de los cuales se concluye:

- El valor histórico y de investigación es muy importante ya que representan una base fundamental en los procesos estandarizados, mediante los cuales se ha llegado a una evolución industrial de la música, la grabación y la producción musical.
- La aparición de estudios de grabación caseros se debe a la evolución tecnológica computacional, dispositivos de transducción digital, procesadores de señal y dispositivos de almacenamiento, los cuales, son cada vez más asequibles enfocándose en aspectos: económicos, de calidad, de capacidad, de eficiencia y versatilidad.

- Es de mucha importancia el estudio previo de varios aspectos englobados en la acústica, para comprender el comportamiento del sonido y como manipularlo.
- Mediante el análisis de los niveles de aislamiento acústico y la calidad de las grabaciones obtenidas, se ha comprobado la eficiencia de distintos programas de cálculo de acústica arquitectónica y *software* de simulación de fenómenos sonoros.
- Las tablas y registros de mediciones de materiales existentes en varios libros como: el coeficiente de absorción y el tiempo de reverberación, son muy eficientes para realizar un proceso de selección de materiales a utilizarse mediante un análisis económico de presupuestos.
- Se considera necesario el cálculo de transmisión de ruido aéreo, transmisión de ruido de impacto, aislamiento acústico, y tiempo de reverberación para tener un punto de partida para la construcción del recinto.
- El diseño previo del recinto a adecuarse acústicamente es muy importante, ya que, de esta manera se evitará problemas posteriores como: errores en mediciones, paralelismos entre paredes, aparición de ecos flotantes, entre otros.
- Se ha comprobado de manera virtual y perceptiva que los materiales utilizados en la construcción de tabiques como: lana de vidrio, madera, alfombra, gypsum, poliexpanded y esponja de insonorización. son los más óptimos debido a su valor económico y su eficacia en aislamiento y adecuación acústica.
- Se recomienda la selección de recintos grandes para la adecuación acústica ya que de esta manera se garantiza mayores posibilidades de experimentación sonora en cuanto a la reverberación natural.
- Se ha comprobado que los paneles de acústica variable del estudio de grabación profesional, son un medio muy importante para la captación de sonidos balanceados, por lo que, requerirán menor tratamiento y procesos de post-producción dependiendo del estilo musical y las necesidades del productor.

- En el proceso de grabación se comprobó que cada elemento de la cadena electroacústica, es vital para la captación de un sonido de calidad.
- El uso de dispositivos análogos como consolas y preamplificadores externos garantizan la captación de un sonido de alta calidad, debido a que posibilitan la manipulación de diversos parámetros de una señal, antes de ser grabada.
- La calidad y diferencias entre los materiales y construcción de los instrumentos musicales, variará significativamente en el resultado final, por lo cual, es necesario la previa selección de instrumentación, ecualización, efectos, entre otros elementos a utilizarse en una grabación enfocándose en el estilo musical y el ambiente en el cual se interpretará los mismos.
- Mediante el análisis de las respuesta de frecuencia y la percepción audible, se ha comprobado la eficiencia de la microfonía utilizada, por lo que es necesario la selección de micrófonos de la mejor calidad posible para obtener un sonido efectivo, además de utilizar los mismos correctamente de a cuerdo a las distintas técnicas de microfonía más eficientes en cada instrumento.
- Se ha comprobado la posibilidad de generar una cadena electroacústica económica pero eficiente, además de la captación óptima de grabaciones mediante un computador común y una interfaz de audio.
- Se recomienda realizar varias pruebas antes de la grabación definitiva, de esta manera se podrá corregir errores, y analizar el correcto funcionamiento de cada dispositivo incluyendo: cables, conexiones, medusas, audífonos, fuentes de poder, entre otros.
- En lo posible se debe experimentar con acústica variable mediante la elaboración casera de paneles.
- Se comprobó que las características de los recintos tienen mayor efecto en la grabación de baterías.
- Se considera necesario la existencia del orificio para micrófono en el parche delantero del bombo, ya que, este ha representado un limitante en cuanto a la calidad de la grabación.

- Se considera que las deficiencias del estudio casero tienen que ver con los dispositivos tecnológicos, con mejor calidad en micrófonos y preamplificadores externos se lograría un sonido de alta calidad.
- Mediante el proceso de mezcla se comprobó que se puede percibir mayor cantidad de diferencias y calidades en los audios obtenidos en la grabación de baterías.
- En el proceso de mezcla se puede evidenciar que las grabaciones obtenidas en el estudio casero son las que necesitan mayor cantidad de tratamiento de post-producción englobando ecualización, compresión y efectos.
- A pesar de la diferencia en cantidad de post-producción del estudio casero se pudo comprobar la posibilidad de producir música de calidad con bajos recursos económicos.
- Se ha comprobado que el estudio de grabación profesional posee mayores ventajas acústicas, posibilitando la captación de audios en bruto de muy buena calidad.
- Los resultados son muy favorables de acuerdo a las metas y objetivos que fueron planteados por el investigador, alcanzando todas las expectativas.

## Referencias

- Abbey Road Studios. (2016). Obtenido de <http://www.abbeyroad.com/>
- Aizpurúa, M. (9 de Abril de 2014). *Waybackmachine*. Obtenido de Historia de la música portátil: <http://web.archive.org/web/20100802101120/http://hifi.suite101.net/articulo.cfm/historia-de-la-musica-porttil>
- Álava, J. M. (2015). *Homo Musicalis*. Obtenido de <http://www.oc.lm.ehu.es/Cupv/Univ99/Comunicaciones/Donostia11.html>
- Andrés, V. P. (29 de Junio de 2007). *Una triple mirada a la música: educación, profesión y afición*. Obtenido de <http://www.profesdemusica.es/Criptana.pdf>
- Beranek, L. (1996). *ACOUSTICS*. Massachusetts: Cambridge.
- Bidondo, I. (2005). *INGENIERIADESONIDO*. Obtenido de [www.ingenieriadesonido.com](http://www.ingenieriadesonido.com)
- Bueno, G. (2008). Descubrimientos materiales y descubrimientos formales a la luz del fonógrafo. *El Catoblepas, revista crítica del presente número 74, 2*.
- Capitol Records. (2016). Obtenido de <http://www.capitolrecords.com/artists/>
- Carrión, A. (1998). *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. Barcelona: UPC.
- Cervera, S. T. (22 de Febrero de 2016). *acidjazzhispano*. Obtenido de <http://lnx.indajaus.com/acidjazzhispano/content-2832.html>
- Chavarria, B. (23 de Octubre de 2012). *Prezi*. Obtenido de *Cassette, Cinta magnética y cartucho de 8 pistas*: [https://prezi.com/\\_i5pqbtz9az/cassette-cinta-magnetica-y-cartucho-de-8-pistas/](https://prezi.com/_i5pqbtz9az/cassette-cinta-magnetica-y-cartucho-de-8-pistas/)

- Colección F.B. (2015). *Berliner: El gramófono*. Obtenido de [http://www.coleccionfb.com/berliner\\_\\_el\\_gramofono.htm](http://www.coleccionfb.com/berliner__el_gramofono.htm)
- Columbia Records. (2012). *360 Sound The Columbi Records Story*. Obtenido de [http://www.columbiarecords.com/timeline/#!date=1929-06-11\\_09:15:12!](http://www.columbiarecords.com/timeline/#!date=1929-06-11_09:15:12!)
- Day, J. (2006). *The Rise Of The Home Studio*.
- Díaz, A. R. (2007). *Acondicionamiento Acústico-Temas Teóricos*.
- DVD. (14 de Noviembre de 2004). *DVD Primer*. Obtenido de <http://www.dvdforum.org/tech-dvdprimer.htm#1>
- DW drums. (12 de Agosto de 2013). *Dw Design series - Brooks Wackerman & John Good*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=tCruAzyl9rY>
- eitb.eus. (15 de Septiembre de 2011). *Radio Euskadi LA JUNGLA SONORA*. Obtenido de La historia del cartucho de 8 pistas: <http://www.eitb.eus/es/audios/detalle/737401/la-historia-cartucho-8-pistas/>
- Everest, F. (2001). *Master Handbook of Acoustics*. New York: McGraw-Hill.
- Galindo, A. (2015). *enmediodelamusica*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/enmediodelamusica/presentacion/home/contenidos-musicales-hasta-la-aparicion-del-microsurco/el-perfeccionamiento-del-fonografo-de-edison/la-aparicion-del-gramofono>
- Gallagher, M. (2006). *Acoustic Design for the Home Studio*. Indiana: Artistpro.
- García, C. S. (2013). *Músicos. El oficio de la melodía y su historia*. MITO REVISTA CULTURAL 30.
- Gibson, D. (1997). *The Art of Mixing a visual guide to recording, engineering, and production*. Michigan: MixBooks.
- Hernández, I. S. (2015). *Técnicas de Grabación y Reproducción del sonido "Grabadoras y Reproductoras"*. Obtenido de Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Culhuacán:

<http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/6197/1/ICE103.pdf>

Hernández, J. R. (2015). *EMEZETA*. Obtenido de Formatos de audio: Todo lo que deberías saber: <http://www.emezeta.com/articulos/formatos-de-audio-todo-lo-que-deberias-saber>

History Wired. (2015). *Stroh Violin*. Obtenido de <http://historywired.si.edu/object.cfm?ID=46>

Ingeniatic. (2011). *Gramófono*. Obtenido de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/470-gram%C3%B3fono>

Ingenieros Acústicos Consulting, S.L. (2016). *Introducción a la Acústica de Salas*. Alicante.

intheblues. (22 de Diciembre de 2013). *Fender Mustang 1 Guitar amplifier demo*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=D2-8nmwWUhQ>

Jara, C. O. (2014). *ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CÁMARA ANECOICA PARA EL ANÁLISIS ACÚSTICO DE SISTEMAS MECÁNICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVO*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Kaniguin, I. (27 de Noviembre de 2012). *Sputnik. El fonógrafo de Thomas Edison*. Obtenido de <http://mundo.sputniknews.com/infografia/20121127/155697104.html>

Kukka, C. (18 de Octubre de 2013). *ehow*. Obtenido de Cuales son las técnicas de grabación que utilizaron los Beatles : [http://www.ehowenespanol.com/cuales-son-tecnicas-grabacion-utilizaron-beatles-info\\_431450/](http://www.ehowenespanol.com/cuales-son-tecnicas-grabacion-utilizaron-beatles-info_431450/)

LIBRARY OF CONGRESS. (2015). *Inventing Entertainment: The early motion pictures and sound recordings of the Edison Companies*. Obtenido de <https://www.loc.gov/collections/edison-company-motion-pictures-and->

sound-recordings/articles-and-essays/history-of-edison-sound-recordings/history-of-the-cylinder-phonograph/

Line 6 Movies. (18 de Marzo de 2011). *Spider IV Guitar Amplifier Overview Line*

6. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=On2RRbswPWM>

Mainspring Press. (2009). *Resources for Collectors of Historic Sound Recordings*. Obtenido de The Edison Pages:

[http://www.mainspringpress.com/edison\\_discontinuing.html](http://www.mainspringpress.com/edison_discontinuing.html)

Markoff, J. (11 de Enero de 1995). BUSINESS TECHNOLOGY; A Battle for Influence Over Insatiable Disks. *The New York Times*.

Millán, A. (2011). Historia del vinilo. *Diffusion Magazine*.

Miyara, I. (2003). *Acústica y Sistemas de Sonido*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.

Monroy, G. C. (10 de Mayo de 2009). *Física Acústica*. Obtenido de <http://fisika-acustika.blogspot.com/>

Museo de la música Colección Luis Delgado. (2015). *Museo del gramófono*. Obtenido de <http://www.funjdiaz.net/gramofonos/curiosidades.php>

Otero, C. I. (2012). Tesis de Maestría en Ciencias Sociales y Humanísticas. En C. I. Otero. Chiapas.

Owsinski, B. (2005). *The Recording Engineers Handbook*. Boston: Thompson place.

Petra, M. d. (2014). *Sonando y de pie*. Obtenido de <http://sonandoydepie.com.ar/noticias.php?&fecha=2014-03-06&noticia=DSA>

Rezende, A. (16 de Julio de 2013). *Pearl Vision Birch (VBL)- by Arthur Rezende*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=zufFUq6xC3g>

Rosen, J. (27 de Marzo de 2008). Researches Playtune Recorded Before Edison. *The NeW York Times*.

- Rumsey, F., & McCormick, T. (1994). En *Introducción al Sonido y la Grabación* (págs. 291-293). Madrid: Instituto Oficial de Radio y Televisión Española.
- Sánchez, A. (2014). Historia del micrófono. *Diffusion Magazine*.
- Schouhamer, D. K. (13 de Abril de 2015). *Waybackmachine*. Obtenido de The CD history: <http://web.archive.org/web/20150413063337/http://www.exp-math.uni-essen.de/~immink/pdf/cdstory.htm>
- Snell, K. C. (2006). The man behind the sound. *Santa Clara University Magazine*.
- Tim's Phonograph and Old Records . (2006). Obtenido de <http://www.gracyk.com/diamonddisc.shtml>
- Vázquez, M. (2013). Metodología de diseño de estudios de grabación y aplicación a caso práctico. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

## **ANEXOS**

## Anexo n°1

### Glosario

**A/D:** Siglas referentes a Conversión Analógica Digital.

**AIFF:** Siglas referentes a *Audio Interchange File Format*.

**Bits:** Término referente a *Binari Digit*, o Dígito Binario, refiriendo la capacidad de almacenamiento digital.

**Blue-ray:** Palabras derivadas de “rayo azul” haciendo referencia al funcionamiento del sistema de grabado a través de un láser azul con la característica de la transmisión de información a mayor capacidad y mayor calidad.

**C:** Símbolo de la velocidad del sonido representado por la letra (c)

**CD:** Siglas referentes a *Compact Disc* o Disco Compacto.

**CD-R:** Siglas referentes a *Compact Disc Recordable* o Disco compacto Grabable.

**CD-ROM:** Siglas referentes a *Compact Disc- Read Only Memmory*.

**CD-RW:** Siglas referentes a *Compact Disc ReWritable* o Disco Compacto Regrabable

**DAT:** Siglas referentes a *Digital Audio Tape*, o Cinta de Audio Digital.

**dB:** Símbolo de decibel, unidad de medida entre magnitudes que varían en potencia o intensidad.

**Distorsión:** Variaciones en la forma de onda las cuales pueden ser armónicas o de intermodulación generando alteraciones indeseables en el audio, las cuales, al ser excesivas se denominan saturaciones.

**DVD:** Siglas referentes a *Digital Versatile Disco* o Disco Digital Versátil.

**DVD-R DL:** Siglas referentes a *Digital Versatile Disc Double Lawyer*.

**EMI:** Siglas referentes a *The Electric and Musical Industries*.

**Fotodiodo:** Pequeño dispositivo electrónico sensible a la luz visible y a la luz infrarroja.

**GB:** Siglas referentes a *GigaByte*, unidad de medida de almacenamiento de información.

**INEN:** Siglas referentes a Normativa Técnica Ecuatoriana e Instituto Ecuatoriano de Normalización.

**ISO:** Siglas referentes a *International Organization of Standardization*, Organización Internacional de Normalización.

**KHz:** Símbolo de *Kilohertz*, 1,000 Hz.

**MB:** Siglas referentes a *Mega Bytes*, unidad de medida de almacenamiento de datos informáticos.

**MP3:** Siglas referentes a *Moving Picture Experts Group*.

**OVERS:** Término inglés utilizado para referirse a la microfónica que se ubica sobre la batería captando una imagen estereofónica de la misma.

**Piano:** Palabra proveniente de la lengua italiana referente a la intensidad o dinámica suave con la que se interpreta un instrumento musical.

**Rango dinámico:** Relación entre los umbrales de nivel de señales expresadas en decibeles permitiendo la correcta interacción de niveles entre diversos artefactos de procesamiento.

**Respuesta de frecuencia:** Distorsiones generadas por el comportamiento de cada frecuencia expresada en una curva en relación a los niveles de una señal expresada en decibeles, a diferencia de una distorsión común en este caso no se toma como referencia la amplitud de la onda.

**RFZ:** Siglas referentes a *Reflection Free Zone* o zona libre de reflexiones.

**Room:** Término inglés utilizado para referirse a la microfónica que se ubica en una sección de la sala de grabación con la intención de captar la reverberancia natural de la misma.

**RPM:** Siglas referentes a Revoluciones Por Minuto.

**Ruido digital:** Ruido producido por la cuantización debido al proceso de conversión digital de una señal.

**Sonómetro:** Instrumento encargado de medir la intensidad de ruido y presión sonora de recintos.

**USB:** Siglas referentes a Universal Serial Bus.

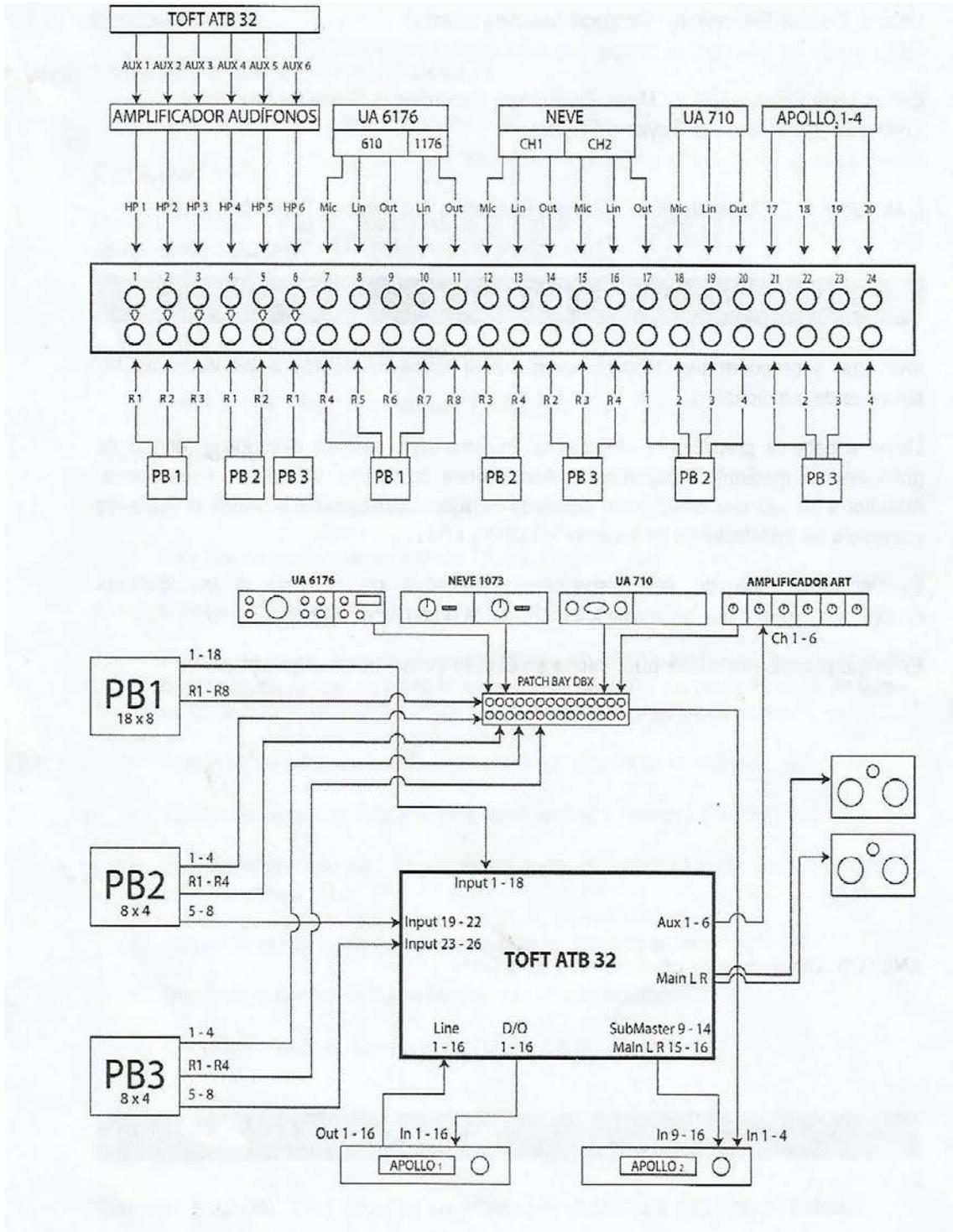
**VCD:** Siglas referentes a *Compact Disc Digital Video* o Disco Compacto de Video Digital

**VHS:** Siglas referentes a *Video Home System* o *Sistema de Video Doméstico*

**WAV:** Apócope de *Waveform Audiofile Format*.

# Anexo n°2

## Diagrama de bloques CR3



## Anexo nº3

### Cálculos

| Cálculo del tiempo de reverberación y la absorción acústica. Método general. |   |                |  |                            |
|--|---|----------------|--|----------------------------|
| Datos de entrada   |   |                |  |                            |
| Volumen del recinto  |   |                | Resultado                              |                            |
| Volumen $V_r$ (m <sup>3</sup> )  | 26.588  |                | Área equivalente $A$ (m <sup>2</sup> ) | 17.7129                    |
| Tipo de recinto  | Zonas comunes de edificios residenciales o docentes colindantes con recintos habitables con los que comparten puertas |                | Resultado Cálculo $T_{60}$ (s)         | Requisito CTE $T_{60}$ (s) |
|  |   |                | Tiempo de reverberación $T$ (s)        | 0.24                       |
|  |   |                |  | <b>0.24 ≤ 0.8 CUMPLE</b>   |
| Paramentos   |   |                |  | Muebles fijos absorbentes  |
|  | Paramentos  | $\alpha_{m,i}$ | $S_i$ (m <sup>2</sup> )                | $\alpha_{m,i} \cdot S_i$   |
| 1  | YL 15 [0<p<=10] + MW + C [≥150]   | 0.52           | 7.82                                   | 4.0664                     |
| 2  | YL 15 [0<p<=10] + MW + C [≥150]   | 0.52           | 7.82                                   | 4.0664                     |
| 3  | YL 15 [0<p<=10] + MW + C [≥150]   | 0.52           | 7.82                                   | 4.0664                     |
| 4  | YL 15 [0<p<=10] + MW + C [≥150]   | 0.52           | 7.82                                   | 4.0664                     |
| 5  | Piedra  | 0.02           | 11.56                                  | 0.2312                     |
| 6  | Tarima sobre rastreles  | 0.05           | 11.56                                  | 0.578                      |
| 7  | -   | -              | 0                                      | 0                          |
| 8  | -   | -              | 0                                      | 0                          |
| 9  | -   | -              | 0                                      | 0                          |
|  | Muebles   | $A_{0,m,i}$    |  |                            |
| 1  |   | 0              |  |                            |
| 2  |   | 0              |  |                            |
| 3  |   | 0              |  |                            |
| 4  |   | 0              |  |                            |
| 5  |   | 0              |  |                            |
| 6  |   | 0              |  |                            |
| 7  |   | 0              |  |                            |
| 8  |   | 0              |  |                            |
| 9  |   | 0              |  |                            |

|                   |                                   |  |
|-------------------|-----------------------------------|--|
| <b>Proyecto</b>   | Cálculo del recinto               |  |
| <b>Autor</b>      | Diego Fernando Vaca Loyo.         |  |
| <b>Fecha</b>      | 29/02/2016                        |  |
| <b>Referencia</b> | Cálculo de recintos superpuestos. |  |

| Características técnicas del recinto 1 |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|--|--|--------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Tipo de recinto como emisor</b>     | Recinto de actividad o instalaciones       |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Tipo de recinto como receptor</b>   |  |                          |   |                            |                             | <b>Volumen</b>               | 26.588                      |
| <b>Soluciones Constructivas</b>        |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Separador</b>                       | LM 200 mm                                  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared F1</b>                        | LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared F2</b>                        | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared F3</b>                        | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared F4</b>                        | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Parámetros Acústicos</b>            |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|  | <b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>       | <b>l<sub>i</sub> (m)</b> | <b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b> | <b>Δ R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>Δ L<sub>w</sub> (dB)</b> |
| <b>Separador</b>                       | 11.56                                      |                          | 500                                     | 60                         | 70                          | 5                            | 27                          |
| <b>Pared F1</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 173                                     | 47                         | 75                          | 6                            | -                           |
| <b>Pared F2</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 284                                     | 49                         | 75                          | 9                            | -                           |
| <b>Pared F3</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 284                                     | 49                         |                             | 9                            | -                           |
| <b>Pared F4</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 284                                     | 49                         |                             | 9                            | -                           |

| Características técnicas del recinto 2 |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|--|--|--------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Tipo de recinto como emisor</b>     | Recinto de actividad o instalaciones       |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Tipo de recinto como receptor</b>   |  |                          |   |                            |                             | <b>Volumen</b>               | 30                          |
| <b>Soluciones Constructivas</b>        |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Separador</b>                       | LM 200 mm                                  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared f1</b>                        | LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared f2</b>                        | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared f3</b>                        | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared f4</b>                        | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Parámetros Acústicos</b>            |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|  | <b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>       | <b>l<sub>i</sub> (m)</b> | <b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b> | <b>Δ R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>Δ L<sub>w</sub> (dB)</b> |
| <b>Separador</b>                       | 11.56                                      |                          | 500                                     | 60                         | 70                          | -                            | -                           |
| <b>Pared f1</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 173                                     | 47                         | 75                          | 6                            | -                           |
| <b>Pared f2</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 284                                     | 49                         | 75                          | 9                            | -                           |
| <b>Pared f3</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 284                                     | 49                         |                             | 9                            | -                           |
| <b>Pared f4</b>                        | 12.5                                       | 5                        | 284                                     | 49                         |                             | 9                            | -                           |

| Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta |                       |                                |   |
|--|-----------------------|--------------------------------|---|
| <b>Ventanas, puertas y lucernarios</b>                                 | superficie            | <b>S (m<sup>2</sup>)</b>       | 0 |
|  | índice de reducción   | <b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>     | 0 |
| <b>Vías de transmisión aérea</b>                                       | transmisión directa   | <b>D<sub>n,e,A</sub> (dBA)</b> | 0 |
|  | transmisión indirecta | <b>D<sub>n,s,A</sub> (dBA)</b> | 0 |

| Tipos de uniones e índices de reducción vibracional |               |          |          |          |
|---|---------------|----------|----------|----------|
| Encuentro   | Tipo de unión | $K_{Ff}$ | $K_{Fd}$ | $K_{Df}$ |
| Separador - Pared                                   |               |          |          |          |
| Separador - Pared                                   |               |          |          |          |
| Separador - Pared                                   |               |          |          |          |
| Separador - Pared                                   |               |          |          |          |

| Transmisión del recinto 1 al recinto 2  |                  |         |           |  |
|---|------------------|---------|-----------|--|
|   |                  | Cálculo | Requisito |  |
| Aislamiento acústico a ruido aéreo      | $D_{nT,A}$ (dBA) | 55      | -         |  |
| Aislamiento acústico a ruido de impacto | $L'_{nT,w}$ (dB) | 46      | -         |  |

| Transmisión del recinto 2 al recinto 1  |                  |         |           |   |
|---|------------------|---------|-----------|---|
|   |                  | Cálculo | Requisito |   |
| Aislamiento acústico a ruido aéreo      | $D_{nT,A}$ (dBA) | 55      | -         |   |
| Aislamiento acústico a ruido de impacto | $L'_{nT,w}$ (dB) | -       | -         | - |

|                   |                          |  |
|-------------------|--------------------------|--|
| <b>Proyecto</b>   | Cálculos del recinto     |  |
| <b>Autor</b>      | Diego Fernando Vaca Loyo |  |
| <b>Fecha</b>      | 29/02/2016               |  |
| <b>Referencia</b> | Fachada.                 |  |

**Características técnicas del recinto 1**

|                          |                                      |                          |   |                              |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|---|------------------------------|
|                          |                                      |                          |   |                              |
|                          | <b>Soluciones Constructivas</b>      |                          |   |                              |
| <b>Sección Separador</b> | BHAD 140 + CV + T + AT + YL 15       |                          |   |                              |
| <b>Sección Flanco F1</b> | BHAD 140 + CV + T + AT + YL 15       |                          |   |                              |
| <b>Sección Flanco F2</b> | BHAD 140 + CV + T + AT + YL 15       |                          |   |                              |
| <b>Sección Flanco F3</b> | BHAD 140 + CV + T + AT + YL 15       |                          |   |                              |
| <b>Sección Flanco F4</b> | BHAD 140 + CV + T + AT + YL 15       |                          |   |                              |
|                          | <b>Parámetros Acústicos</b>          |                          |   |                              |
|                          | <b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b> | <b>l<sub>i</sub> (m)</b> | <b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b> |
| <b>Sección Separador</b> | 7.82                                 |                          | 179                                     | 50                           |
| <b>Sección Flanco F1</b> | 12.5                                 | 5                        | 179                                     | 50                           |
| <b>Sección Flanco F2</b> | 12.5                                 | 5                        | 179                                     | 50                           |
| <b>Sección Flanco F3</b> | 15                                   | 2.5                      | 179                                     | 50                           |
| <b>Sección Flanco F4</b> | 10                                   | 2.5                      | 179                                     | 50                           |

**Características técnicas del recinto 2**

|                          |  |                          |   |                              |                               |
|--------------------------|--|--------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Tipo de Recinto</b>   | Residencial y sanitario Dormitorios        | <b>Volumen</b>           | 26.588                                  |                              |                               |
|                          | <b>Soluciones Constructivas</b>            |                          |   |                              |                               |
| <b>Sección Separador</b> | BHAD 140 + CV + T + AT + YL 15             |                          |   |                              |                               |
| <b>Suelo f1</b>          | LM 200 mm                                  |                          |   |                              |                               |
| <b>Techo f1</b>          | LM 200 mm                                  |                          |   |                              |                               |
| <b>Pared f3</b>          | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                              |                               |
| <b>Pared f4</b>          | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                              |                               |
|                          | <b>Parámetros Acústicos</b>                |                          |   |                              |                               |
|                          | <b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>       | <b>l<sub>i</sub> (m)</b> | <b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b> | <b>ΔR<sub>atr</sub> (dBA)</b> |
| <b>Sección Separador</b> | 7.82                                       |                          | 179                                     | 50                           |                               |
| <b>Suelo f1</b>          | 20   | 5                        | 500                                     | 55                           | 3                             |
| <b>Techo f1</b>          | 20   | 5                        | 500                                     | 55                           | -                             |
| <b>Pared f3</b>          | 10   | 2.5                      | 284                                     | 46                           | 6                             |
| <b>Pared f4</b>          | 10   | 2.5                      | 284                                     | 46                           | 6                             |

**Huecos en el separador**

|   |                |                          |                              |                            |                               |
|---|----------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Ventanas , puertas y lucernarios</b> |                | <b>S (m<sup>2</sup>)</b> | <b>R<sub>atr</sub> (dBA)</b> | <b>R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>ΔR<sub>atr</sub> (dBA)</b> |
|   | <b>Hueco 1</b> | 1.2                      | 32                           | 34                         | 0                             |
|   | <b>Hueco 2</b> | 0.24                     | -                            | -                          | 0                             |
|   | <b>Hueco 3</b> | 0                        | -                            | -                          | 0                             |
|   | <b>Hueco 4</b> | 0                        | -                            | -                          | 0                             |

| Vías de transmisión aérea directa o indirecta |                        |                      |   |
|---|------------------------|----------------------|---|
| Vías de transmisión aérea                     | transmisión directa I  | $D_{n,e1,Atr}$ (dBA) | 0 |
|   | transmisión directa II | $D_{n,e2,Atr}$ (dBA) | 0 |
|   | transmisión indirecta  | $D_{n,s,Atr}$ (dBA)  | 0 |

| Tipos de uniones e índices de reducción vibracional |               |          |          |          |
|---|---------------|----------|----------|----------|
| Encuentro   | Tipo de unión | $K_{Ff}$ | $K_{Fd}$ | $K_{Df}$ |
| fachada - suelo                                     |               |          |          |          |
| fachada - techo                                     |               |          |          |          |
| fachada - pared                                     |               |          |          |          |
| fachada - pared                                     |               |          |          |          |

| Transmisión de Ruido del exterior  |                       |         |           |        |
|------------------------------------|-----------------------|---------|-----------|--------|
|                                    |                       | Cálculo | Requisito |        |
| Aislamiento acústico a ruido aéreo | $D_{2m,nT,Atr}$ (dBA) | 39      | 30        | CUMPLE |

|                   |                                 |  |
|-------------------|---------------------------------|--|
| <b>Proyecto</b>   | Cálculos del recinto            |  |
| <b>Autor</b>      | Diego Fernando Vaca Loyo        |  |
| <b>Fecha</b>      | 29/02/2016                      |  |
| <b>Referencia</b> | Cálculo de recintos adyacentes. |  |

| Características técnicas del recinto 1 |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|--|--|--------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Tipo de recinto como emisor</b>     | Recinto de actividad o instalaciones       |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Tipo de recinto como receptor</b>   |  |                          |   |                            |                             | <b>Volumen</b>               | 26.588                      |
| <b>Soluciones Constructivas</b>        |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Separador</b>                       | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Suelo F1</b>                        | U_BC 350 mm                                |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Techo F2</b>                        | U_BC 350 mm                                |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared F3</b>                        | LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared F4</b>                        | LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Parámetros Acústicos</b>            |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|  | <b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>       | <b>l<sub>i</sub> (m)</b> | <b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b> | <b>Δ R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>Δ L<sub>w</sub> (dB)</b> |
| <b>Separador</b>                       | 7.82                                       |                          | 284                                     | 49                         | -                           | 9                            | 27                          |
| <b>Suelo F1</b>                        | 36   | 6                        | 360                                     | 55                         | 75                          | 5                            | 27                          |
| <b>Techo F2</b>                        | 36   | 6                        | 360                                     | 55                         | 75                          | -                            | -                           |
| <b>Pared F3</b>                        | 15   | 2.5                      | 173                                     | 47                         |                             | 6                            | -                           |
| <b>Pared F4</b>                        | 15   | 2.5                      | 173                                     | 47                         |                             | 6                            | -                           |

| Características técnicas del recinto 2 |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|--|--|--------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Tipo de recinto como emisor</b>     | Unidad de uso                              |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Tipo de recinto como receptor</b>   | Protegido                                  |                          |   |                            |                             | <b>Volumen</b>               | 50                          |
| <b>Soluciones Constructivas</b>        |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Separador</b>                       | Enl 15 + LP 240 + Enl 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Suelo f1</b>                        | U_BC 350 mm                                |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Techo f2</b>                        | U_BC 350 mm                                |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared f3</b>                        | LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Pared f4</b>                        | LP 115 + RM + AT + YL 15 (valores mínimos) |                          |   |                            |                             |                              |                             |
| <b>Parámetros Acústicos</b>            |  |                          |   |                            |                             |                              |                             |
|  | <b>S<sub>i</sub> (m<sup>2</sup>)</b>       | <b>l<sub>i</sub> (m)</b> | <b>m<sub>i</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b> | <b>Δ R<sub>A</sub> (dBA)</b> | <b>Δ L<sub>w</sub> (dB)</b> |
| <b>Separador</b>                       | 7.82                                       |                          | 284                                     | 49                         | -                           | 9                            | -                           |
| <b>Suelo f1</b>                        | 30   | 6                        | 360                                     | 55                         | 75                          | 0                            | 17                          |
| <b>Techo f2</b>                        | 30   | 6                        | 360                                     | 55                         | 75                          | -                            | -                           |
| <b>Pared f3</b>                        | 12.5                                       | 2.5                      | 173                                     | 47                         |                             | 6                            | -                           |
| <b>Pared f4</b>                        | 12.5                                       | 2.5                      | 173                                     | 47                         |                             | 6                            | -                           |

| Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta |                       |                                |   |
|--|-----------------------|--------------------------------|---|
| <b>Ventanas , puertas y lucernarios</b>                                | superficie            | <b>S (m<sup>2</sup>)</b>       | 0 |
|  | índice de reducción   | <b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>     | 0 |
| <b>Vías de transmisión aérea</b>                                       | transmisión directa   | <b>D<sub>n,e,A</sub> (dBA)</b> | 0 |
|  | transmisión indirecta | <b>D<sub>n,s,A</sub> (dBA)</b> | 0 |

# Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

| Tipos de uniones e índices de reducción vibracional |               |          |          |          |
|---|---------------|----------|----------|----------|
| Encuentro   | Tipo de unión | $K_{Ff}$ | $K_{Fd}$ | $K_{Df}$ |
| Separador - Suelo                                   |               |          |          |          |
| Separador - Techo                                   |               |          |          |          |
| Separador - Pared                                   |               |          |          |          |
| Separador - Pared                                   |               |          |          |          |

| Transmisión del recinto 1 al recinto 2  |                  |         |           |        |
|---|------------------|---------|-----------|--------|
|   |                  | Cálculo | Requisito |        |
| Aislamiento acústico a ruido aéreo      | $D_{nT,A}$ (dBA) | 55      | 55        | CUMPLE |
| Aislamiento acústico a ruido de impacto | $L'_{nT,w}$ (dB) | 39      | 60        | CUMPLE |

| Transmisión del recinto 2 al recinto 1  |                  |         |           |  |
|---|------------------|---------|-----------|--|
|   |                  | Cálculo | Requisito |  |
| Aislamiento acústico a ruido aéreo      | $D_{nT,A}$ (dBA) | 52      | -         |  |
| Aislamiento acústico a ruido de impacto | $L'_{nT,w}$ (dB) | 49      | -         |  |

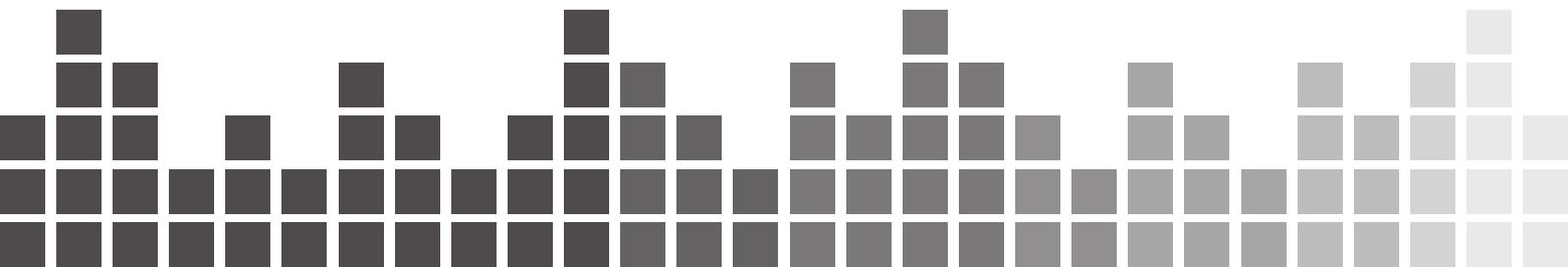


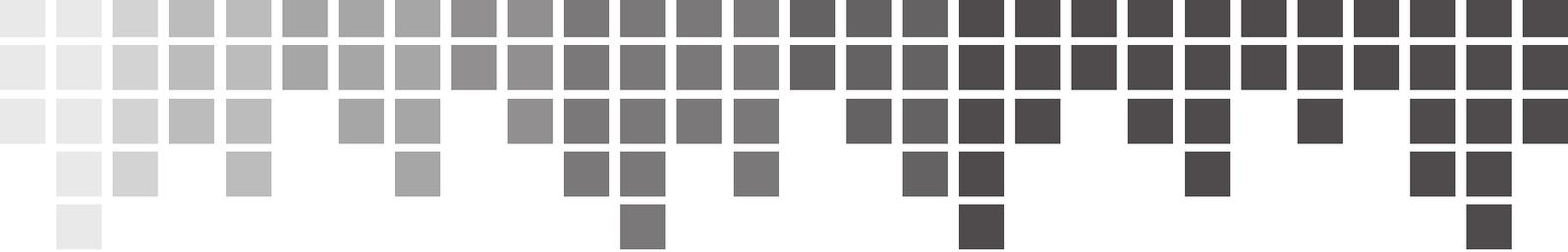
# Manual de Adecuación Acústica de un Recinto Casero

Escuela de Música  
Universidad de las Américas

---

Diego Fernando Vaca Loyo





# Índice

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Introducción                       | 1  |
| Herramientas                       | 1  |
| Materiales                         | 2  |
| Costos de Materiales               | 4  |
| Selección de Recinto               | 5  |
| Construcción de Estructuras        | 6  |
| Estructuras de Madera              | 7  |
| Omegas                             | 10 |
| Absorción y Control de Vibraciones | 10 |
| Recubrimiento                      | 11 |
| Tratamiento de Pisos               | 13 |
| Absorción y Control de Vibraciones | 13 |
| Recubrimiento                      | 15 |
| Puertas                            | 16 |
| Acondicionamiento Acústico         | 16 |
| Planos Arquitectónicos             | 17 |

## Introducción



El objetivo de este manual es facilitar los procesos constructivos que involucren un aislamiento acústico efectivo, basándose en diversos libros, fuentes de consulta, videos y blogs, además se han posibilitado procedimientos de cálculo sencillos englobados al aislamiento acústico, también la selección de materiales comunes y de fácil acceso que resultan óptimos para la adecuación acústica, todos los procesos se detallaran a continuación.

## Herramientas

En los procesos de construcción es necesario poseer todas las herramientas de uso común como desarmadores, playo, martillo, sierras, cinta adhesiva, alicate, formón, tijeras comunes, tijeras para cortar metal, estilete, regla, nivel, piola, flexómetro, entre otras. De acuerdo a las posibilidades del constructor para facilitar diversos procesos en cuanto a seguridad, precisión y tiempo, se recomienda usar herramientas como: taladro, sierra eléctrica, lijadora eléctrica, pistola de clavos, entre otras, Además se requerirá como medida de seguridad el uso de gafas de trabajo o goggles, mascarilla, guantes de trabajo, y protectores auditivos.

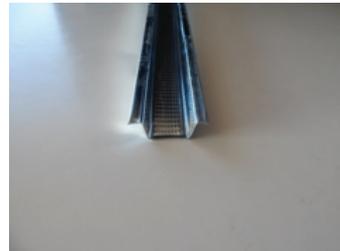


## Materiales

Materiales estructurales: Cartones de madera de 3cm x 4cm x 2.40m (a), omegas metálicas 2.40m (b), planchas de tabla triplex de 15mm (c).



(a)



(b)



(c)

Materiales de aislamiento: Poliexpandido (d), lana de vidrio (e), gypsum (f), esponja de insonorización (g), alfombra.



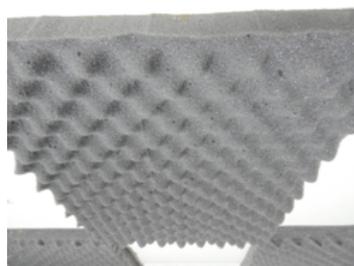
(d)



(e)



(f)



(g)

**Materiales de amortiguamiento:** Caucho 2cm de espesor (h), caucho de 5cm de espesor (i).



(h)



(i)

**Materiales comunes:** Tornillos para madera de 2 pulgadas (j), tornillos de madera de 3 pulgadas (j), ángulos metálicos (k), brocas, accesorios de taladro, empaque, grapas de pared (l), silicona, goma blanca, cemento de contacto, lápiz de color.



(j)



(k)



(l)

## Costos de Materiales

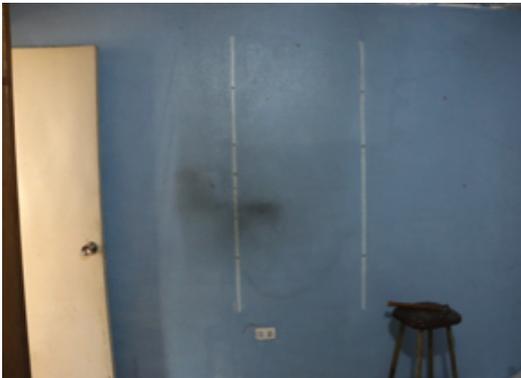
En el Ecuador existen diversas opciones en materiales y precios, por lo cual, se ha procurado la selección de los mismos de acuerdo a su calidad y los valores más económicos, estos se detallarán en la siguiente tabla.

| Material                  | Medidas                       | Precio           |
|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| Cuartones de madera       | 3mm x 4mm x 2,40m             | 4\$ por unidad   |
| Omegas Metálicas          | 2,40m                         | 3\$ por unidad   |
| Tabla Triplex             | 15mm x 2,40m x 1,20m          | 38\$ por unidad  |
| Poliexpanded              | 8mm x 1,20m                   | 2\$ por metro    |
| Lana de Vidrio            | 6" x 1,20m x 18m <sup>2</sup> | 45\$ por rollo   |
| Gypsum                    | 1cm x 2,40m x 1,20m           | 10\$ por plancha |
| Esponja de Insonorización | 5cm x 40cm x 40cm             | 4\$ por unidad   |
| Alfombra                  | 1cm x 1,20m                   | 30\$ por metro   |
| Caucho                    | 2cm x 3cm                     | 7\$ por metro    |
| Caucho                    | 5cm x 5cm                     | 15\$ por metro   |
| Tornillos para Madera     | 2"                            | 0,4¢ por unidad  |
| Tornillos para Madera     | 3"                            | 0,7¢ por unidad  |
| Ángulos Metálicos         | 5cm x 5cm                     | 0,25¢ por unidad |
| Empaques                  | 2cm diámetro                  | 0,5¢ por unidad  |
| Grapas de pared           | 1cm                           | 0,4¢ por unidad  |
| Silicona                  | -                             | 4\$ por tubo     |
| Cemento de contacto       | -                             | 7\$ por lata     |

## Selección del Recinto

La selección de un recinto es muy importante, debido a que, se puede evitar transmisiones de ruido a recintos aledaños tomando en cuenta su ubicación, por ejemplo: la diferencia entre construcciones que están adosadas y construcciones separadas está en que el sonido tiene diversos materiales, distancias y factores que atravesar antes de ser receptados, por lo que, un recinto separado sería ideal. De igual manera recintos ubicados en plantas bajas o subsuelos evitan la transmisión de ruido hacia recintos inferiores, por lo que, se tendrá principal prioridad en la adecuación de techos y en el caso de recintos ubicados en plantas altas tendrán mayor énfasis en el tratamiento de pisos.

En este caso el recinto se encuentra ubicado en un último piso, el mismo posee dos paredes adosadas las cuales corresponden a dos habitaciones, y una ventana ubicada en la fachada. De esta manera se dará prioridad al tratamiento de piso, fachada, y paredes adosadas.



## Cálculos Acústicos

Estos cálculos se pueden realizar en un programa de computación denominado “Herramienta Oficial de Cálculo del DB HR del Código Técnico de la Edificación”, el cual, genera simulaciones a través de un banco de materiales de construcción englobados a la temática de aislamiento, estos cálculos son referentes a: Aislamiento exterior, recintos superpuestos, recintos adyacentes, tiempo de reverberación, cálculo de transmisión de ruido aéreo y ruido de impacto. Al ingresar el volumen y la superficie del recinto mediante diversos procesos el programa brindará datos y como resultado informará si se cumple o no con los niveles de transmisión de ruido establecidos por normativas internacionales, de esta manera y a través de este programa se han elegido los materiales a utilizarse en este manual.

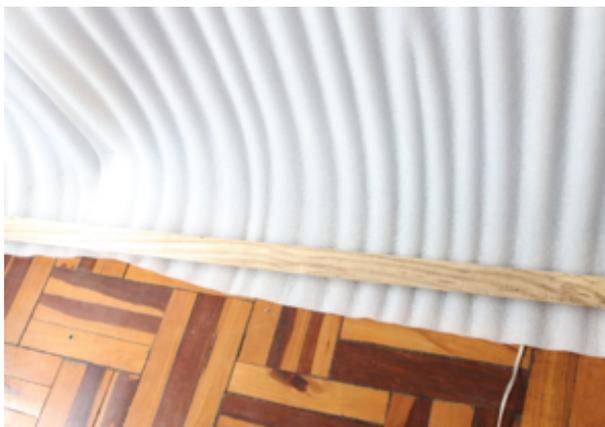
La herramienta es de uso gratuito y se encuentra disponible en la página oficial del código técnico de la edificación del gobierno de España.

<http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-herramienta-calculo-documento-basico-proteccion-frente-ruído>

## Construcción de Estructuras

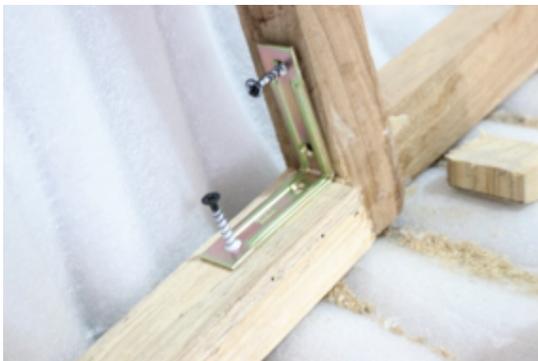
### | Tratamiento de Paredes

Es muy importante para este proceso retirar toda toma de corriente existente en primer lugar, ya que, tendrán que adaptarse a las paredes falsas. Por protección de las paredes se ha utilizado un material poroso y elástico derivado del poliuretano conocido como poliexpanded, el cual servirá como material de absorción debido a su textura, además de generar una ligera capa de aire entre la pared y una posterior amortiguación entre los materiales que se utilizará posteriormente, se debe fijar este material en toda las superficies utilizando grapas metálicas tomando en cuenta que exista un excedente de material en el techo y piso para que se pueda solapar y genere pequeñas cámaras de aire en las esquinas y bordes.



## Estructuras de Madera

La construcción de estructuras de madera es necesaria para darle mayor volumen y resistencia a la pared falsa, además de facilitar la fijación de los materiales absorbentes, estas estructuras se deben construir a manera de marcos con varias columnas dependiendo la superficie de la pared, para esto se debe utilizar cuarterones de madera, estos se adquieren con una medida estándar de 2.40m de altura por lo que se deberán adecuar a las necesidades del constructor, ya sea acortando la distancia mediante la sierra eléctrica o en el caso de que se requiera extender su distancia se debe realizar por medio de uniones en (L) utilizando tornillos de dos pulgadas, goma blanca y ángulos metálicos en las uniones.



Una vez contruidos los marcos se deben fijar a la pared por medio de perforaciones, las mismas que se realizaran con el taladro, utilizando tornillos de tres pulgadas y tacos, se atornillarán los marcos a la pared pero no en su totalidad, ya que, de esta manera se obtendrá una pequeña cámara de aire entre la pared, la lámina de poliexpanded y el marco, estas cámaras de aire permitirán que el sonido se disipe al atravesar las paredes, por esto se debe tomar en cuenta que los materiales tengan cierta separación, de no ser así las paredes formarán una sola masa sólida y no se posibilitará el aislamiento.



A continuación se debe unir los marcos que conforman las distintas superficies, en este proceso se debe tomar en cuenta las uniones de las esquinas, las cuales deben tener una distancia considerable, ya que, son un punto de escape del sonido, también dentro de lo posible se debe variar las angulaciones de las paredes, de esta manera se evitará paralelismos que podrían generar ecos flotantes al momento de culminar el aislamiento, Se recomienda además sellar todo el perímetro de los marcos con silicona para generar un ambiente hermético y así evitar posibles filtraciones entre las fisuras.



En la sección de la fachada es necesaria la eliminación de ventanas, ya que, son una zona crítica de transmisión del sonido y las vibraciones, por lo que, se deben sellar con silicona todo tipo de fisuras y orificios por los que pueda haber transmisión, además como medida de protección de los materiales, aumento de absorción, y estética exterior, se recomienda cubrir la zona del cristal con alfombra. Para mejorar el aislamiento se puede colocar doble marco en la fachada, uno en el perímetro de la ventana y otro para recubrimiento de la pared, los mismos que beneficiaran la fijación de material absorbente.



## Omegas

Para la instalación de omegas metálicas se debe analizar la altura de la pared y se debe tomar en cuenta un número suficiente de omegas para soportar el peso y la estabilidad del gypsum, en este caso se utilizaron tres omegas instaladas horizontalmente en cada pared, las mismas que se pueden cortar con tijeras para metal, su instalación se realizará con ayuda del taladro atornillando las mismas a las columnas de los marcos.



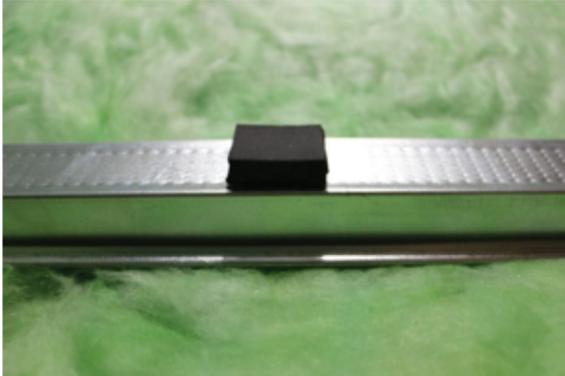
## Absorción y Control de Vibraciones

Una vez terminada la estructura se procederá a la colocación de material de absorción acústica, en este caso se usó lana de vidrio, ya que, es un material económico y de fácil acceso, el material se cortará con estilete en medidas cómodas para facilitar su manipulación, el mismo se ubicará entre los marcos procurando rellenar todos los espacios pero manteniendo cierta holgura para evitar que se compacte.



La lana de vidrio debe ser manipulada con mucho cuidado y con la protección de guantes de trabajo, mascarilla, gafas de trabajo y en lo posible con la totalidad del cuerpo cubierta, debido a que, es un material nocivo para la salud, causando irritación de la piel, micro cortes y problemas en vías respiratorias.

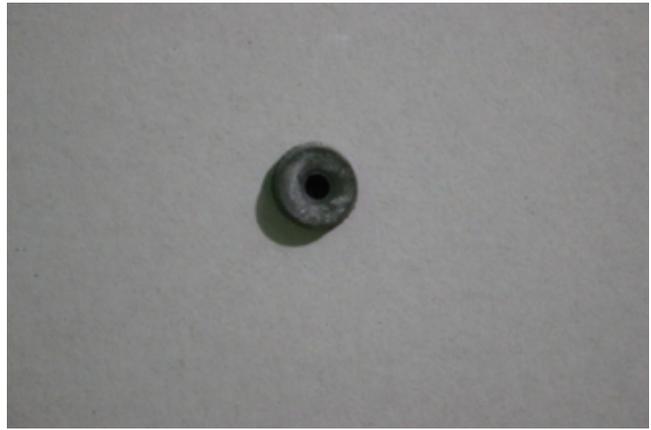
A continuación se recomienda adherir con cemento de contacto pequeños cuadros de caucho de 2cm de espesor a lo largo de las omegas, ya que, generaran una nueva cámara de aire y servirán además como medio de amortiguación, disipación de vibraciones y apoyo para las paredes de gypsum.



## Recubrimiento

A continuación se instalaran planchas de gypsum cubriendo todas las superficies, las planchas tienen una medida estándar de 1.20m x 2.40m, si se necesita variar las medidas se recomienda usar un estilete y una regla como guía de corte, para su instalación se debe tomar en cuenta la altura de las omegas marcando el gypsum para asegurar una perforación centrada, la misma que se realizará con ayuda del taladro y una broca punta de estrella, de esta manera se colocará un tornillo y se perforará directamente la plancha fijándola a la estructura, se recomienda colocar un empaque en el tornillo (m) para mejorar el agarre de la plancha a la omega y evitar perforaciones en la misma debido a su fragilidad.





(m)

Una vez cubiertas todas las superficies con el gypsum se recomienda sellar las uniones entre las planchas con silicona para dar un efecto hermético, finalmente se fijarán las tomas de corriente a las nuevas paredes tomando en cuenta que los cables estén bien aislados con cinta adhesiva Taype y las conexiones sean óptimas.



# Tratamiento de Pisos

## Estructuras de Madera

En este proceso se cubrirá el área con alfombra para proteger el piso y tener menor transmisión de ruido por impacto, a continuación se construirá un marco de madera cuadrulado con el mismo proceso que se ha mencionado anteriormente en las paredes.

## Absorción y Control de Vibraciones

Se recomienda adherir con cemento de contacto pequeños cuadrados de caucho de 5cm de espesor en cada unión de la cuadrícula (n), esto servirá como apoyo del piso falso además de disipar las vibraciones reduciendo la transmisión de ruido por impacto.





(n)



(n)

A continuación se debe rellenar el espacio cuadrulado y la altura de la estructura con lana de vidrio para generar un aislamiento evitando la transmisión de sonido al piso inferior.



## Recubrimiento

En este proceso se debe cubrir el área con tabla triplex de 15mm o 18mm para soporte del peso que se pondrá sobre las mismas, después se recomienda cubrir el nuevo piso con alfombra para mayor comodidad y nuevamente reducir la transmisión de ruido de impacto, en este caso el piso aumento en 11cm de altura.

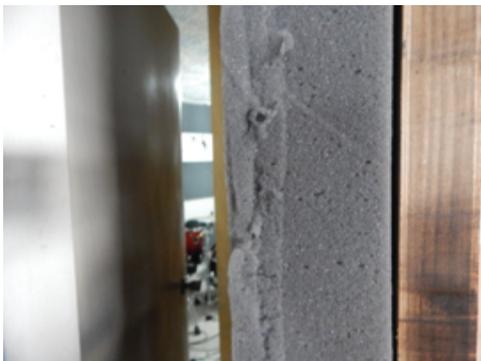


## Puertas

Para este proceso se puede utilizar un sistema de dos puertas, las cuales se deben rellenar con lana de vidrio para evitar transmisión de ruido, a su vez se recomienda adherir barrederas de caucho tanto en el piso como en la puerta para generar un aislamiento hermético en la sección de la rendija (o), para la segunda puerta se recomienda usar material aislante para generar una cámara de aire entre ambas puertas, en este caso se utilizó esponja de 10cm de espesor (p).



(o)



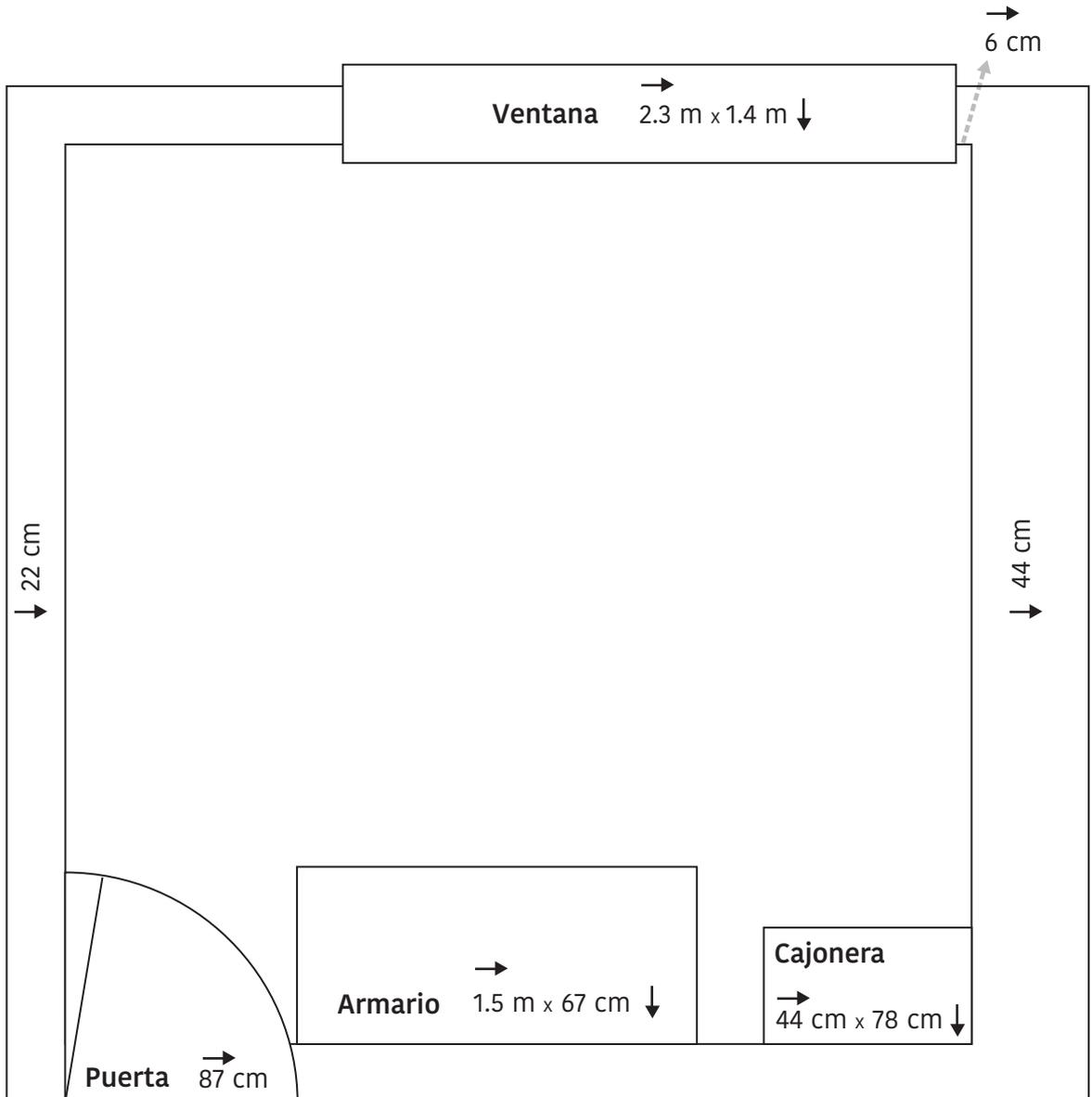
(p)

## Acondicionamiento Acústico

Finalmente este proceso se debe realizar según los requerimientos de cada sala, en este caso la existencia de paralelismos ha posibilitado la presencia de ecos flotantes, razón por la cual se ha cubierto las superficies de paredes opuestas con esponja de insonorización de manera ajedrezada, esta esponja tiene la característica de ser flama retardante, además su particular textura y forma permiten una correcta absorción y distribución uniforme del sonido por toda el área anulando los ecos flotantes, también varios libros recomiendan el uso de cortinas como material absorbente en el caso de ser necesario.

# Planos Arquitectónicos

## Recinto sin adecuar



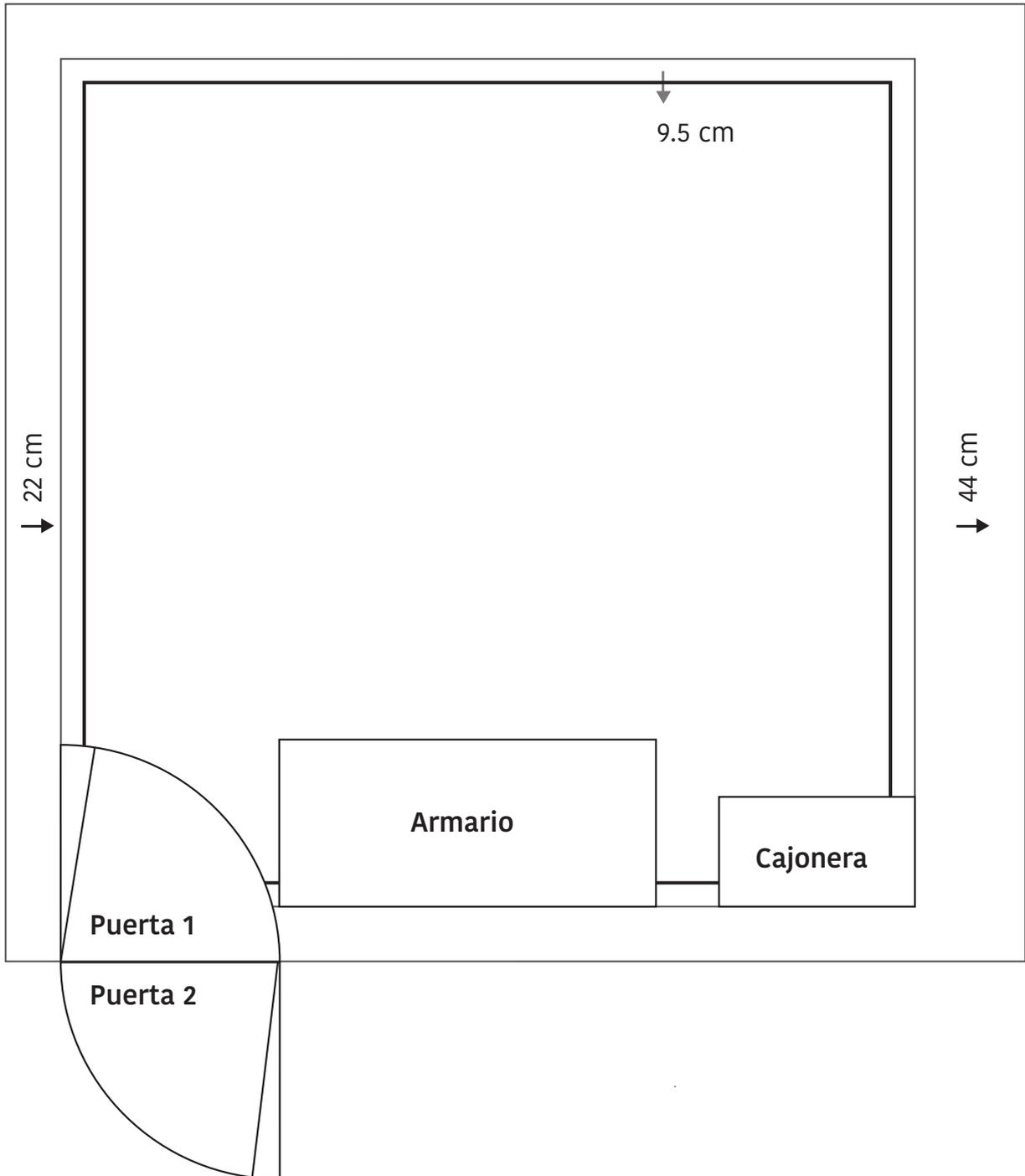
|                        |   |
|------------------------|---|
| Altura:                | 2.30 m  |
| Grosor de las paredes: | 22 cm   |
| Pared derecha:         | 44 cm   |
| Altura ventana:        | 1,40 m (se toma desde el techo hacia el piso) |
| Altura del armario:    | 2.30 m  |
| Altura cajonera:       | 78 cm   |

## Recinto Adecuado

Desaparece la ventana

Se suma una puerta de madera de 3,8 cm con esponja de 10 cm

Las paredes aumentan 9,5 cm por capas



## Estructura de Paredes y Pisos

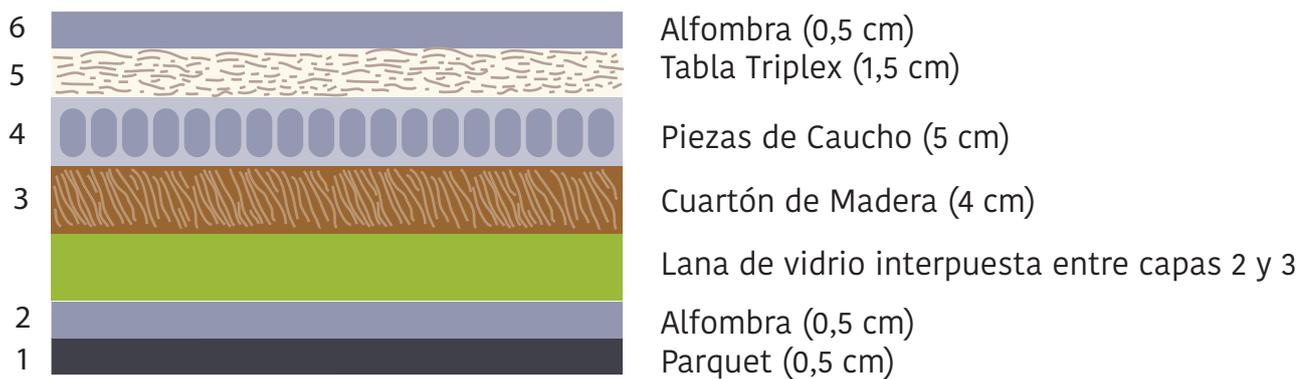
### Paredes:



---

**Total: 9,5 cm de pared superpuesta o Tabique**

### Piso:



---

**Total: 12 cm de piso flotante**

De esta manera se ha logrado un aislamiento acústico óptimo y el recinto podrá utilizarse como sala de ensayo o estudio de grabación.

ud/a.