



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE PRODUCEN DIFERENTES  
PROCESADORES DIGITALES DE RANGO DINÁMICO  
EN LA SONORIDAD DE BATERIAS

AUTOR

BRYAN FERNANDO ALMEIDA MORILLO

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE PRODUCEN DIFERENTES  
PROCESADORES DIGITALES DE RANGO DINÁMICO EN LA SONORIDAD  
DE BATERÍAS.

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

Profesor Guía

Mg. José Antonio Álvarez-Torres Yépez

Autor

Bryan Fernando Almeida Morillo

Año

2018

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA.

“Declaro haber dirigido este trabajo, EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE PRODUCEN DIFERENTES PROCESADORES DIGITALES DE RANGO DINÁMICO EN LA SONORIDAD DE BATERÍAS, a través de reuniones periódicas con el estudiante Bryan Fernando Almeida, en el semestre 2018-1, 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 Antonio Álvarez-Torres Yépez.

Magíster en Musicología

C.I. 170823226-7

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, EVALUACIÓN DEL IMPACTO QUE PRODUCEN DIFERENTES PROCESADORES DIGITALES DE RANGO DINÁMICO EN LA SONORIDAD DE BATERÍAS, de Bryan Fernando Almeida, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Héctor Merino Navarro

Máster en Postproducción Digital

C.I. 175678556-2

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

---

Bryan Fernando Almeida Morillo.

C.I. 040149286-3

## AGRADECIMIENTOS

A José Álvarez-Torres por su apoyo y asesoría durante el desarrollo de esta tesis.

Al departamento de sonido de la Udla por facilitarme los equipos necesarios para los análisis respectivos.

A los músicos que me ayudaron con la grabación de las muestras musicales y a todos los amigos que participaron en las encuestas auditivas.

## DEDICATORIA

A mis padres y hermana, por su cariño y apoyo incondicional.

A la vida, por permitirme caminar por el sendero de la música, siempre de la mano de la ciencia.

A Owsinki y Miyara, por sus aportes en el campo del sonido.

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, evaluar el impacto que tienen diferentes procesadores dinámicos digitales de audio, en la sonoridad de baterías, tomando específicamente la compresión en cajas y bombos.

El análisis correspondiente se realizó en base a evaluaciones técnicas; relacionadas con características de diseño y con la distorsión armónica de cada compresor; cuyos datos a su vez se relacionaron con criterios de mezcla para compresión y ecualización de estos instrumentos musicales y con preferencias perceptuales de personas que trabajan con este tipo de dispositivos.

Con este estudio se busca optimizar el uso de estos procesadores de audio, respecto a instrumentos musicales específicos, con el fin de entregar recomendaciones para la selección entre estos dispositivos y sus diferentes usos.

Después de tabular todos los datos y hacer los análisis correspondientes, se puede deducir de una manera técnica, el motivo por el cual compresores como el SSL son tan cotizados por su sonoridad. Sin embargo, la calidad sonora que se puede obtener con un compresor no depende únicamente de la distorsión armónica del procesador; sino que también depende de diferentes relaciones técnico-sonoras y perceptuales entre el compresor y el instrumento musical. Es decir, que cada instrumento musical se puede complementar de mejor manera con un determinado compresor en base a las características y necesidades sonoras que se busque conseguir.



## **ABSTRACT**

The objective of this research is to evaluate the impact that different digital dynamic processors have on the sonority of drums, specifically taking compression into kick and snare drums.

The corresponding analysis was based on technical evaluations, related to design characteristics and the harmonic distortion of each compressor, these information are related with mixing criteria of musical instruments and with perceptual preferences of people who work with this type of devices.

This study search to optimize the use of these audio processors, about specific musical instruments, in order to provide recommendations for the selection between these devices and their different uses.

After tabulating all the data and doing the corresponding analysis, it can be deduced in a technical way, the reason why compressors like SSL are so valued for their sonority. However, the sound quality that can be obtained with a compressor does not only depend of the harmonic distortion of the processor, but also depends on different technical-sound and perceptual relations between the compressor and the musical instrument. In other words, each musical instrument can be better complemented with a specific compressor based on the characteristics and sound that we need to be achieved.

# ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Marco Referencial.....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Alcance .....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general .....	4
1.5.2. Objetivos específicos .....	4
1.6. Hipótesis.....	5
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO. ....	6
2.1. Bases psicoacústicas.....	6
2.1.1. Umbral y curvas de audición.....	6
2.1.2. Bandas críticas .....	7
2.1.3. Curvas isofónicas .....	7
2.1.4. Sonoridad .....	9
2.2. Procesadores de dinámica (compresores) .....	10
2.2.1. Razones para comprimir una señal.....	10
2.2.2. Usos del compresor en la música.....	10
2.2.3. Parámetros de compresión .....	11
2.3. Audio en sistemas digitales.....	12
2.3.1. Audio digital .....	12
2.3.2. Audio analógico vs audio digital.....	12
2.3.3. Distorsión y suma armónica.....	13
2.3.4. Emulaciones en plug-ins .....	13
2.3.5. Home Studio.....	14
2.4. Instrumento musical – Batería .....	14
2.4.1. Partes de la batería .....	14
2.4.2. Comportamiento físico de las membranas en cajas y bombos ...	16
2.5. Usos de la batería dentro de la producción musical .....	18
2.5.1. Criterios de mezcla para baterías.....	19
2.6. Equipamiento seleccionado .....	21
2.6.1. Procesadores de dinámica Waves .....	22
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Equipamiento y recopilación de muestras auditivas.....	27
3.1.1. Encuesta para la selección de compresores .....	28
3.1.2. Selección de dispositivos a evaluar .....	29
3.1.3. Muestras de audio .....	29
3.2. Parámetros de diseño de los compresores.....	34
2.2.1. API-2500 .....	34
3.2.3. CLA-76 .....	35
3.2.4. SSL Master Bus <i>Compressor</i> .....	36

3.2.5. V-Comp <i>Master Bus Compressor</i> .....	36
3.3. Medición de parámetros técnicos .....	37
3.3.1. Distribución armónica del THD.....	37
3.4. Diseño de encuesta auditiva .....	50
2.4.1. Procesamiento y selección de muestras para la encuesta. ....	51
3.4.2. Diseño de preguntas.....	53
<b>4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
4.1. Resultados de las mediciones de los parámetros técnicos de cada compresor. ....	54
4.1.1. Evaluación del comportamiento en armónicos a diferentes tiempos de <i>attack</i> y <i>release</i> .....	54
4.1.2. Evaluación del comportamiento armónico a diferentes ratios de compresión.....	57
4.1.3. Análisis armónico entre compresores.....	58
4.1.3.1. Tablas de la distribución armónica de cada compresor relacionada con rangos de frecuencias.....	62
4.1.4. Distribución armónica de compresores relacionados con recomendaciones de mezcla de bombo y caja.....	67
4.1.4.1. Evaluación de la distribución armónica de compresores, relacionados con recomendaciones de mezcla para caja.....	67
4.1.5. Evaluación de la distribución armónica por medio de análisis de espectro de las señales procesadas. ....	70
4.1.6. Fichas técnicas .....	76
4.2. Resultados de las encuestas auditivas .....	78
4.2.1. Salud auditiva de los encuestados.....	78
Es importante considerar la salud auditiva de los encuestados, para poder reducir el margen de error entre los datos obtenidos, y así entregar resultados más confiables.....	78
4.2.2. Encuesta de preguntas generales respecto a compresores.....	78
4.2.3. Encuesta de preferencias auditivas respecto a compresores.....	80
4.2.3.1. Encuesta de cualidades sonoras para el procesamiento de caja sin bordona.....	80
4.2.3.2. Encuesta para muestra de caja con bordona, afinada en un tono medio, estándar. ....	82
4.2.3.3. Encuesta para el procesamiento de bombos con diferentes compresores digitales. ....	83
4.3. Comparativa de precios entre plug-ins .....	85
<b>5. CAPÍTULO V. PROYECCIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
6.1. Conclusiones .....	87
6.2. Recomendaciones .....	89
REFERENCIAS.....	90
ANEXOS.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas isofónicas.....	8
<i>Figura 2.</i> Compresor la-2a/waves (plug-in) .....	14
Figura 3. Modos de una membrana circular ideal. ....	17
Figura 4. Acoplamiento entre membranas en los primeros modos de resonancia.....	18
<i>Figura 5.</i> Interfaz general del plug-in api-2500 de waves .....	22
Figura 6. Primera sección del compresor api-2500.....	23
Figura 7. Sección de tono del api-2500 .....	23
Figura 8. Sección de tono del api-2500 .....	23
<i>Figura 9.</i> Transistores y circuitos analógicos del compresor clásico 1176. ....	24
Figura 10. Plug-in waves bf-76 .....	24
Figura 11. Plug-in waves cla-76, versiones blackey y bluey respectivamente. ....	25
Figura 12. Plug-in waves ssl comp .....	26
Figura 13. Controles operacionales del plug-in vcomp de waves. ....	27
Figura 14. Diseño de encuesta para selección de compresores.....	28
Figura 15. Generador de frecuencias de pro tolos.....	30
Figura 16. Diseño de secuencia de tonos puros por bandas de octava. ....	30
Figura 17. Grabación de muestras de caja en el estudio cr3 – universidad de las américas. ....	31
Figura 18. Grabación de las muestras de caja en tres tonalidades diferentes. ....	32
Figura 19. Selección de muestras entre las grabaciones de caja. ....	32
Figura 20. Grabación de muestras de bombo, con y sin subkick.....	33
Figura 21. Muestra seleccionada de la configuración 3.....	34
Figura 22. <i>Espectro de una señal en rta, a diferentes escalas</i> .....	37
Figura 23. Modificación del tiempo de attack de rápido a lento, en el compresor bf-76.....	38
Figura 24. Modificación del ratio de compresión para una misma señal de tono puro, en el compresor api-2500.....	39
Figura 25. Preguntas de preferencia de selección múltiple para la muestra 4 .	53
Figura 26. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 32hz procesado con diferentes compresores. ....	58

Figura 27. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 64hz procesado con diferentes compresores. ....	59
Figura 28. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 125hz procesado con diferentes compresores. ....	59
Figura 29. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 250hz, procesado con diferentes compresores. ....	60
Figura 30. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 500hz, procesado con diferentes compresores. ....	60
<i>Figura 31.</i> Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 1 khz, procesado con diferentes compresores. ....	61
Figura 32. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de señales sinusoidales a 2,4 y 8 khz, procesado con diferentes compresores.....	61
Figura 33. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de señales sinusoidales a 2,4,8 y 16 khz, procesado con el compresor ssl. ....	62
Figura 34. Análisis de espectro, de muestras de caja sin bordona en afinación aguda. ....	71
Figura 35. Análisis de espectro, de muestras de caja sin bordona en afinación media. ....	71
Figura 36. Análisis de espectro, de muestras de caja sin bordona en afinación grave. ....	72
<i>Figura 37.</i> Análisis de espectro, de muestras de caja con bordona en afinación aguda. ....	73
<i>Figura 38.</i> Análisis de espectro, de muestras de caja con bordona en afinación media. ....	74
<i>Figura 39.</i> Análisis de espectro, de muestras de caja con bordona en afinación grave. ....	74
Figura 40. Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas sin bordona. ....	81
Figura 41. Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas sin bordona. ....	81
Figura 42. Resultados de percepción auditiva, para compresores en bombo. .	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efecto auditivo generado en diferentes rangos de frecuencias .....	19
Tabla 2. Recomendaciones para la ecualización de bombo .....	20
Tabla 3. Recomendaciones para la ecualización de caja .....	21
Tabla 4. Muestras de caja con y sin bordona, afinadas en tres tonalidades. ....	32
Tabla 5. Configuraciones de grabación para las muestras de bombo. ....	33
tabla 6. Tiempos de configuración manual del compresor api-2500 .....	34
Tabla 7. Tiempos de configuración manual del compresor bf-76.....	35
Tabla 8. Tiempos de configuración manual del compresor cla-76 .....	35
Tabla 9. Tiempos de configuración manual del compresor ssl bus compressor .....	36
Tabla 10. Tiempos de configuración manual del compresor v-comp .....	36
Tabla 11. Datos de los parámetros de procesamiento para cada muestra, api2500.....	40
Tabla 12. Datos de los parámetros de procesamiento para cada muestra, bf76 .....	40
Tabla 13. Datos de los parámetros de procesamiento para cada muestra, cla- 76.....	41
Tabla 14. Datos de los parámetros de procesamiento para cada muestra, ssl- com .....	41
Tabla 15. Datos de los parámetros de procesamiento para cada muestra, v- com .....	42
Tabla 16. Duración de las diferentes muestras a evaluar.....	43
Tabla 17. Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 1 .....	44
Tabla 18. Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 2.....	45
Tabla 19. Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 3.....	46
Tabla 20. Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 4.....	47
Tabla 21. Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 5.....	48
Tabla 22. Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 5.....	49
Tabla 23. Muestras de caja y bombo para las encuestas auditivas. ....	50
Tabla 24. Selección y agrupamiento de muestras auditivas para la encuesta. ....	51
Tabla 25. Rta de señales sinusoidales comprimidas a diferentes tiempos de attack .....	55

Tabla 26. Rta de señales sinusoidales comprimidas a diferentes tiempos de release.....	56
Tabla 27. Rta de señales sinusoidales comprimidas a diferentes ratios de compresión.....	57
Tabla 28. Rangos de frecuencias mágicas sugeridos por bobby owsinki.....	62
Tabla 29. Principales armónicos de cada compresor, relacionados con efectos sonoros por rangos de frecuencias. ....	63
Tabla 30. Relación entre distribución de armónicos y efecto sonoro en caja. ....	67
Tabla 31. Relación entre distribución de armónicos y efecto sonoro en bombo.....	68

## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes.

La compresión de rango dinámico, es uno de los efectos de audio más ampliamente utilizados en trabajos de producción, reducción de ruido, grabaciones de audio y aplicaciones para interpretaciones musicales en vivo. Su principal función es reducir el nivel de los picos más altos de la señal de audio, actuando indistintamente en base a la manipulación de los parámetros que lo componen. Este efecto de audio podría ser considerado como uno de los más completos en manipulación sonora, debido a sus diferentes parámetros y variables que posee. Por tal motivo se podría considerar como un potencial agente de cambio en el tiempo, intensidad y articulación en la interpretación musical. (Giannoulis, Massberg y Reiss, 2012)

La compresión dinámica de baterías, influye directamente en la estructura armónica, reducción de la claridad espectral y temporal, y en las variaciones dinámicas relacionadas con la estructura rítmica de las señales musicales. (Campbell, Paterson y Toulson, 2013)

Los procesos dentro de una producción discográfica han ido cambiando en las últimas décadas. Hace varios años atrás el grabar un tema musical en alta calidad, implicaba necesariamente el uso de dispositivos hardware, cuyos costos podrían ser realmente elevados, sin embargo actualmente contamos con emuladores “plug-ins” de varios dispositivos análogos que han sido aclamados y usados en las producciones discográficas más importantes a nivel mundial, los cuales permiten tener dentro de una computadora una gran cantidad de estos emuladores para utilizarlos dentro de mezclas de audio.

En una producción discográfica, intervienen factores externos que modifican ciertas características interpretativas del músico así como cualidades sonoras de los instrumentos grabados. Algunas de estas variaciones vienen dadas por la manipulación digital en la señal de audio realizada en la postproducción de una grabación. Ingenieros de Sonido y productores tienen enfoques muy



diversos sobre el porcentaje en el que un factor externo debe influir en la interpretación musical. Mientras algunos se esfuerzan por lograr un sonido bastante realista a nivel sonoro en la grabación, otros explotan las posibilidades creativas dentro de la manipulación del sonido. Brøvig-Hanssen y Danielsen (2013) abordan esto con su criterio de mediación "opaca" y "transparente". La mediación transparente implica que el oyente ignora la manipulación de factores externos en la canción, mientras que la mediación opaca implica que el oyente cuenta con que en una canción interviene un tercer factor que altera su sonido natural.

## 1.2. Marco Referencial

Una de las herramientas empleadas en la producción y post-producción de baterías, es la compresión de rango dinámico, la cual se ha convertido en parte fundamental dentro de los procesos de mezcla y masterización. Esto se debe a que los compresores ayudan a reducir la diferencia de amplitud entre los sonidos más fuertes y más suaves, lo que permite tener mezclas y grabaciones que suenen más claras y limpias al mantener un mayor volumen promedio mediante el control de los niveles máximos, siendo de gran ayuda dentro de la mezcla de baterías, ya que este instrumento genera sonidos impulsivos con diferentes jerarquías de intensidad.

Tiempo atrás, la diferencia sonora entre compresores de diferentes fabricantes era bastante notoria, debido a que cada compresor entregaba una cierta distorsión armónica propia de los compuestos analógicos de su diseño. Con el paso del tiempo el diseño de estos aparatos se fue optimizando, sacando al mercado compresores que generan un sonido más limpio; sin embargo, un gran porcentaje de músicos, productores e ingenieros de mezcla, aún demandan el sonido propio de los modelos clásicos, tanto que en estudios profesionales de grabación se invierten grandes cantidades de dinero en la adquisición de estos dispositivos, en donde su distorsión armónica se vuelve una parte fundamental para su compra.

Si bien es muy común el uso de estos dispositivos en baterías dentro de la mezcla de audio, la elección de uno u otro compresor para un instrumento musical se ha convertido en una elección subjetiva del ingeniero de mezcla, debido a la falta de estudios que entreguen criterios técnicos que relacionen las cualidades sonoras de instrumentos musicales, con la impronta armónica de diferentes dispositivos usados en producciones discográficas, por tal motivo se vuelve interesante cualificar las características sonoras de diferentes compresores y entregar con estos análisis, diferentes recomendaciones de mezcla en base a criterios técnicos.

### 1.3. Justificación

En la siguiente investigación se presentaran datos técnicos y subjetivos, que permitan evaluar el comportamiento de diferentes compresores de rango dinámico, respecto a su funcionamiento en el procesamiento de baterías. Esta información será de gran ayuda en los procesos de mezcla y masterización de audio, al momento de seleccionar un compresor determinado respecto a un fin específico en cuanto a una sonoridad buscada.

El presente estudio también servirá en el diseño de futuros compresores, enfocados específicamente en la compresión de instrumentos musicales de percusión, al establecer las cualidades de diseño de compresores que tienen una mejor respuesta a este tipo de instrumentos.

Así mismo se entregarán modelos y criterios nuevos e innovadores, para la evaluación de dispositivos de audio, respecto a características musicales.

### 1.4. Alcance

El alcance de este estudio comprende las siguientes áreas de la ingeniería en sonido: software de audio digital, producción y post producción musical; dichas áreas serán de gran ayuda al momento de obtener las diferentes muestras de audio y analizar las comparaciones y resultados de las pruebas.

Se iniciará con la evaluación de parámetros objetivos dentro de las características armónicas de un conjunto de compresores reconocidos en el campo de la producción discográfica. Para ello se procederá a realizar un análisis del THD de cada compresor, mediante la implementación de tonos puros por bandas de tercios de octava, con el fin de conocer el comportamiento armónico que entrega cada compresor.

Los datos del comportamiento armónico obtenidos, serán relacionados con criterios de ecualización para caja y bombo propuestos por ingenieros de mezcla experimentados, en donde se establecerá una relación entre dichos criterios con los diferentes modelos de compresores. Así mismo, se evaluará el comportamiento de cada compresor respecto a la manipulación de sus parámetros internos.

Se realizarán encuestas auditivas de opción múltiple a estudiantes de ingeniería en sonido y producción musical, con el fin de comparar sus preferencias sensoriales con los datos obtenidos, usando señales musicales de cajas y bombos.

Los resultados obtenidos de esta investigación se dirigen a ingenieros en sonido y productores musicales que busquen optimizar las herramientas de producción y post producción de audio, con el fin de generar una gama amplia de criterios técnico-musicales que permitan la elección de un determinado compresor para un determinado instrumento, en base a su comportamiento armónico y su respuesta en frecuencia.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo general

Evaluar analíticamente el impacto sonoro que generan diferentes compresores de rango dinámico en el procesamiento de baterías musicales.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- Establecer un grupo de compresores digitales para la evaluación, en

base a sus características de diseño, su distorsión armónica y su popularidad entre ingenieros de mezcla.

- Evaluar las características armónicas de cada compresor en base a herramientas y tecnologías dentro de la Ingeniería en Sonido.
- Recopilar información subjetiva en base a encuestas auditivas, que muestren la relación entre los resultados conseguidos en el proceso de análisis, con las preferencias sonoras de ingenieros de sonido y productores musicales.
- Contribuir con recomendaciones técnicas para el diseño de compresores de rango dinámico enfocados al procesamiento de baterías.
- Determinar diferentes recomendaciones para el uso y selección de compresores para el procesamiento de baterías, dentro de mezcla de audio.
- Proporcionar fichas técnicas de un grupo de compresores, que relacionen su diseño y funcionamiento con posibles usos en el campo musical.

#### 1.6. Hipótesis

Evaluar el comportamiento de la distorsión y distribución armónica de compresores dinámicos, permitirá optimizar su uso, al relacionar estos datos técnicos propios de cada compresor, con las propiedades sonoras de diferentes instrumentos musicales.

## 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1. Bases psicoacústicas

El escuchar es un acontecimiento perceptivo y sensorial; es decir cuando una onda acústica viaja a través del aire y llega al oído de un receptor, se transforma en impulsos eléctricos neurológicos, los cuales viajan hasta el cerebro en donde son percibidos como sonidos. Por tal motivo es importante considerar que el oído y el cerebro están totalmente implicados en la experiencia de escucha de una persona.

En investigaciones y procesos en donde se busca evaluar la sonoridad de un dispositivo de audio, ya sea analógico o digital, es importante mediante estas bases psicoacústicas conocer las experiencias auditivas del oyente.

#### 2.1.1. Umbral y curvas de audición

Los umbrales de audición se definen, como límites de percepción auditiva que permiten conocer que tan sonoro es un sonido para el oído humano. Hay que considerar que estos límites son propios de cada persona dependiendo del desgaste anatómico del oído y tomando en cuenta a la vez, que estos umbrales no son iguales en altas y bajas frecuencias.

##### 2.1.1.1. Umbral de audición

El umbral de audición es el nivel de intensidad mínimo que debe tener un sonido para ser percibido por el oído humano, siendo este diferente para cada frecuencia. Es decir, cada frecuencia es audible a diferentes niveles de intensidad, por lo que se generan fenómenos auditivos como el enmascaramiento.

##### 2.1.1.2. Umbral de dolor

Es un límite alrededor de los 120 dB de intensidad sonora, en donde se producen molestias auditivas en el oyente, generando sensaciones dolorosas que pueden causar daños permanentes en el oído interno.

### 2.1.2. Bandas críticas

Las bandas críticas son sistemas de filtrado auditivo, los cuales se modifican en función de un estímulo determinado. Una banda crítica hace referencia al ancho de banda de frecuencia de dicho filtrado, el cual es realizado por el órgano de audición que forma parte del oído interno. Estos términos juegan un papel importante dentro del enmascaramiento sonoro, ya que un sonido se puede enmascarar fácilmente en presencia de otro sonido si comparten componentes armónicos dentro de una misma banda crítica.

Para determinar el ancho de banda de una banda crítica de una determinada frecuencia se puede usar la siguiente ecuación:

$$BW = 25 + 75(1 + 1.4f^2)^{0.69}$$

(Ecuación 1)

Donde:

$$f = \frac{\text{Frecuencia determinada}}{1000}$$

(Ecuación 2)

Debido a este fenómeno de enmascaramiento sonoro, las emulaciones de dispositivos analógicos suelen incorporar únicamente los armónicos que son realmente percibidos por el oído humano, con el fin de conseguir sistemas de emulación más eficientes.

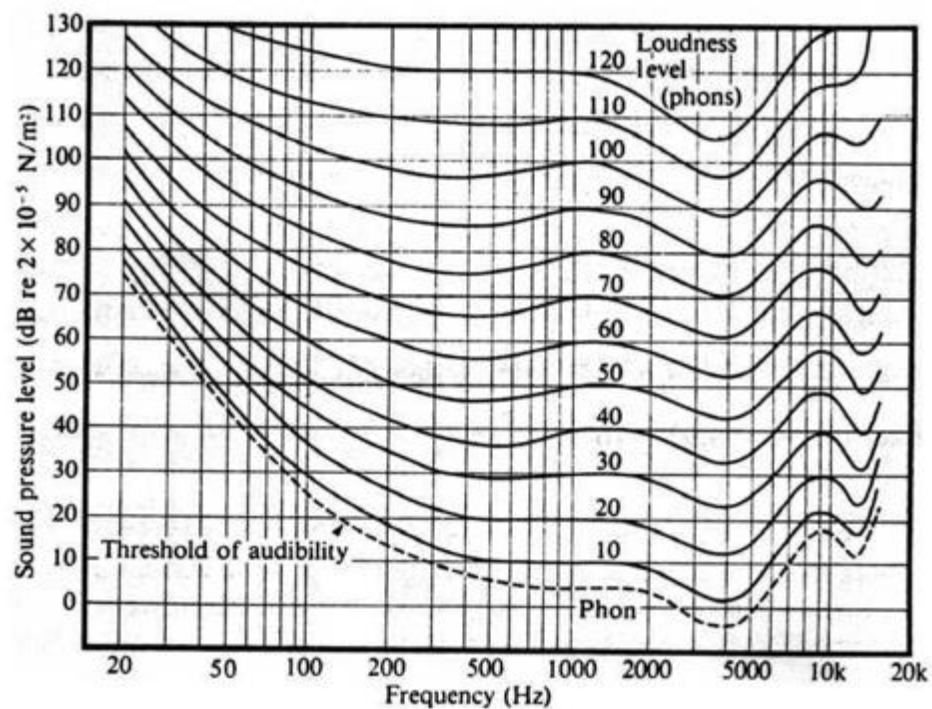
### 2.1.3. Curvas isofónicas

El oído humano percibe la intensidad sonora en base a las frecuencias que conforman dicho sonido, es decir que dos frecuencias diferentes reproducidas con una misma intensidad sonora, son captadas a diferentes niveles perceptuales por el oído. Por tal motivo las curvas isofónicas son curvas

referenciales que indican cuan sonoro es un sonido dependiendo de su ubicación en el rango de las frecuencia; entregándonos una relación entre la intensidad (en decibelios) y la frecuencia. La primeras curvas con igual sonoridad a nivel experimental fueron establecidas en mil novecientos treinta y tres por los físicos norteamericanos Fletcher y Munson.

Todos los puntos que conforman una misma curva isofónica presentan una misma intensidad sonora a nivel perceptual.

Las curvas isofónicas juegan un papel importante en el proceso de análisis y evaluación del comportamiento y distribución armónica en señales de audio, ya que permiten tener criterios técnicos a nivel perceptual, para relacionar nuestros datos obtenidos con las respuestas auditivas. Esto tomando en cuenta que el nivel sonoro de cada armónico de un sonido determinado será diferente dependiendo de su frecuencia.



*Figura 1.* Curvas Isofónicas

Tomado de (Miyara, 2003, p.21)

#### 2.1.4. Sonoridad

La sonoridad es un atributo subjetivo relacionado con la intensidad sonora, mediante la cual el oído humano percibe un determinado sonido y permite ordenarlo en una escala auditiva de mayor o menor intensidad. La medida sonora es el fonio.

La sonoridad está relacionada directamente con las curvas isofónicas mencionadas en el apartado anterior. Tomando como referencia la figura 2, que corresponde a la relación perceptual entre la frecuencia y el nivel de intensidad sonora, podemos deducir que existe mayor sonoridad en frecuencias medias que en los extremos del rango de frecuencias. Este criterio es importante a considerar dentro de este trabajo de titulación, ya que las muestras a utilizar en las evaluaciones subjetivas deben tener una misma sonoridad perceptual, con el fin de que la ubicación de los armónicos en el rango de frecuencias no infiera en las preferencias auditivas.

##### 2.1.4.1. Fonos

Los fonos son unidades de medida que determinan la sonoridad específica de un sonido.

Fórmulas para determinar los fonos:

$$Fon = 10\log\left(10^{\frac{Lp1}{10}} + 10^{\frac{Lp2}{10}}\right) \quad (\text{Ecuación 3})$$

#### 2.1.5. Enmascaramiento del sonido

Un sonido puede volverse menos audible en presencia de otro, esto debido a un fenómeno psicoacústico denominado enmascaramiento sonoro, en el cual el oído discrimina ciertos sonidos en presencia de otros sonidos similares que tengan una mayor sonoridad, ya sean sonidos complejos como la música o tonos puros.



En el campo de audio digital se utiliza este fenómeno auditivo con el fin de desechar información innecesaria que el aparato auditivo no puede sintetizar y considerar.

## 2.2. Procesadores de dinámica (compresores)

La principal función de los compresores de rango dinámico, es reducir los picos elevados de una señal de audio, reduciendo así su margen dinámico. Este tipo de dispositivos han sido diseñados tanto en módulos electrónicos independientes, como en módulos dentro de sistemas de audio más complejos y en la última década han ido apareciendo softwares de compresores que permiten realizar las mismas funciones desde el campo digital.

### 2.2.1. Razones para comprimir una señal

#### 2.2.1.1. Controlar los niveles pico de una señal:

Se puede usar los compresores con el fin de proteger nuestros equipos electrónicos, al delimitar los picos elevados de las señales de entrada, y así evitar posibles daños que cause la saturación de la señal.

#### 2.2.1.2. Controlar la energía de la señal:

El compresor es un gran herramienta cuando se trata de conseguir una señal de audio más controlada, ya que permite comprimir la intensidad variante de una señal dentro de los valores asignados por el operador.

#### 2.2.1.3. Reducir el margen dinámico de la señal

Al reducir el margen dinámico de una señal, podemos subir el nivel RMS de la misma. Dentro de mezcla de audio, esto permite conseguir una mayor sonoridad, lo que ha generado en la industria musical una guerra de sonoridad, por ver quien produce canciones que suenen más fuerte entre ingenieros de mezcla y masterización.

### 2.2.2. Usos del compresor en la música

Los procesadores de dinámica son muy usados en el campo musical, dentro de

los procesos de reducción de ruido, grabación y mezcla de audio y aplicaciones para interpretaciones musicales en vivo.

El uso del compresor en la música es muy recomendable en ciertos casos, para tener un mejor control dinámico de las señales, o incluso para corregir de cierta manera errores musicales interpretativos en cuanto a control dinámico se refiere. Incluso para algunos instrumentos dentro de un estilo musical su uso se vuelve indispensable. Este es el caso del bajo eléctrico, cuando se usan por ejemplo, efectos interpretativos como el *slapping*, el cual consiste en golpear las cuerdas con el dedo, generando picos de salida extremadamente elevados en la señal de audio.

Para nuestro caso de análisis evaluaremos el uso de compresores para bombo y caja dentro de la batería, ya que son instrumentos percutivos que generan picos elevados al golpear sus parches con las baquetas.

### 2.2.3. Parámetros de compresión

Los principales parámetros de compresión son los siguientes:

- 2.2.3.1. Umbral (*threshold*): Define el umbral desde el cual el compresor empezará a actuar comprimiendo la señal de audio. Un umbral bajo implica que una gran parte de la señal está siendo procesada, mientras que un umbral alto implica lo contrario.
- 2.2.3.2. Proporción (*ratio*): Cuando una señal de audio sobrepasa el umbral, el ratio comprime la señal a una razón establecida en base a valores proporcionales. Una relación de ratio de 8:1 o superior se considera como limitador.
- 2.2.3.3. Tiempo de ataque (*attack time*): Es un valor de tiempo definido en micro o milisegundos, que tarda una señal en comprimirse desde que sobrepasa el umbral. Este valor de ataque es ajustable en varios diseños de compresores siendo una parte fundamental en el modelamiento y diseño de los transitorios de una señal.
- 2.2.3.4. Tiempo de decaimiento (*release*): Es el tiempo que un compresor se tarda en dejar de actuar en el proceso de compresión de una señal de audio.

### 2.3. Audio en sistemas digitales

El audio en sistemas digitales encierra, parcialmente, aspectos relacionados a plataformas, sistemas de reproducción o de almacenamiento digital, programas para registrar y editar sonido digital, formatos de audio, computadoras, dispositivos, codecs, técnicas para la manipulación sonora, entre otros. Un sistema de audio digital puede ser usado ya sea para representar ondas sonoras preexistentes, así como para diseñar sonidos desde la síntesis sonora.

#### 2.3.1. Audio digital

El audio digital es una representación numérica del sonido, mediante codificadores que convierten a una señal analógica en una secuencia de bits. Dentro del proceso de codificación se emplea una fase en la que se discretiza la señal; en donde la cantidad de muestras que se tomará de una señal se define mediante una tasa de muestreo (sampling rate). A cada muestra se le define un valor que relaciona el voltaje de entrada de la señal analógica con valores decimales mediante un proceso de cuantización, seguido de un proceso de codificación en el que se otorgan valores binarios a cada muestra cuantizada, cerrando así el proceso de digitalización.

#### 2.3.2. Audio analógico vs audio digital

Hoy en día todos los sistemas analógicos se pueden considerar desfasados y están siendo reinventados para crear una emulación digital que los sustituya, esto debido a que los sistemas digitales presentan una electrónica más sencilla y económica al momento de realizar funciones anteriormente realizadas únicamente por equipos análogos. Por otra parte el audio digital permite guardar información de maneras mucho más convenientes.

Las nuevas tecnologías relacionadas con el audio digital permiten manipular la información de las señales de audio de innumerables maneras dándonos un control casi total sobre las características intrínsecas del sonido. Esto ha permitido que se puedan diseñar softwares y emuladores realmente

sofisticados que incluso permiten simular las imperfecciones del audio analógico que resultan agradables a la escucha.

### 2.3.3. Distorsión y suma armónica

Las no-linealidades en dispositivos de audio generan distorsiones armónicas que se suman a la señal de audio al momento de ser procesada, este tipo de distorsión se lo conoce como THD (Total Harmonic Distortion), el cual indica la cantidad de distorsión presente en una señal midiendo la amplitud de los nuevos armónicos que aparecen en una señal determinada una vez es procesada. Este tipo de distorsión entrega una coloración armónica en el sonido, la cual en la mayoría de los casos es agradable, por lo que muchos de los emuladores de dispositivos analógicos simulan esta coloración sonora, incorporando estos armónicos en el dominio digital.

Otro tipo de distorsión presente debido a las no-linealidades de sistemas es el IMD (Distorsión por intermodulación) el cual resulta de la suma y resta de armónicos propios de las frecuencias fundamentales de un sonido, lo cual puede resultar desagradable al oído humano. Sin embargo este tipo de distorsión se corrige y controla en emuladores digitales, lo que los vuelve mecanismos más confiables dentro del procesamiento de audio.

Otra forma de distorsión es aquella producida por la saturación de la señal, la cual se produce tanto en dispositivos analógicos como en digitales, siendo más desagradable en el campo digital. Dentro de compresores de audio es importante manipular adecuadamente su funcionamiento para evitar este tipo de saturaciones, sobre todo al utilizar el compresor en forma de limitador.

### 2.3.4. Emulaciones en plug-ins

Debido al alto costo de dispositivos analógicos usados para el procesamiento de audio en el campo musical, diversos desarrolladores tecnológicos han optado por diseñar una gran variedad de estos equipos analógicos usados en la producción musical, marcando una nueva era en el campo de la producción discográfica.

Con el pasar del tiempo se han ido emulando sintetizadores, instrumentos, amplificadores, procesadores de efectos entre otros. Los cuales han sido sometidos a diversas pruebas A/B en donde los participantes han sido incapaces de determinar que señal proviene de la emulación y cuál del dispositivo analógico.



Figura 2. Compresor LA-2a/Waves (plug-in)

### 2.3.5. Home Studio

Como consecuencia del desarrollo de plug-ins de los diferentes equipos, instrumentos y dispositivos usados en el campo de la producción discográfica, nacen los home studios. Un gran porcentaje de ingenieros de mezcla y productores han optado por la creación de home studios en los que cuentan con una gran cantidad de herramientas que les permiten conseguir resultados profesionales, en espacios realmente reducidos y a bajos costos. Basta con un ordenador capaz de soportar estos procesadores digitales para tener un verdadero estudio de grabación profesional dentro de casa.

## 2.4. Instrumento musical – Batería

La batería es un sistema agrupado de instrumentos de percusión, los cuales pueden ser interpretados simultáneamente por un intérprete de manera cómoda.

### 2.4.1. Partes de la batería

La batería se compone de una agrupación de tambores compuestos por un

armazón generalmente de madera o metal y por sus respectivos parches comúnmente elaborados de plástico. Cada tambor se compone de dos parches, el que se encuentra en la parte superior destinado para la interacción del golpe con la baqueta, y un parche extra que se encuentra en la parte inferior. También está compuesto por platillos y cualquier tipo de accesorios de percusión que desee implementar el baterista.

Partes principales que conformas una batería.

- Platos ( ride, crash)
- Toms (1,2)
- Tom de pie
- Charles o Hi-hat
- Caja
- Bombo

#### 2.4.1.1. Bombo

El bombo es un tambor grande que produce una nota en un tono definido o indefinido. Este instrumento de percusión puede variar en tamaño y se utiliza en varios géneros musicales. Se pueden distinguir tres tipos principales de bombo: el usado habitualmente en bandas o ensambles orquestales, aquel asociado como parte de una batería y aquel usado en bandas de marcha y cuerdo de tambores.

En cuanto al bombo que corresponde a un kit de batería, se golpea con un golpeador conectado a un pedal el cual es ejecutado con el pie. En música, el bombo se usa para marcar o mantener el tiempo, el cual hace un sonido bajo y agudo cuando el mazo golpea el parche.

#### 2.4.1.2. Caja

La caja es un instrumento de percusión que produce un sonido de staccato agudo cuando se golpea su parche superior con una baqueta. Se usan a menudo en bandas de música, bandas de conciertos, orquestas, drumlines, desfiles, drum corps y más.

Es una de las piezas principales en kit de batería, el cual generalmente se toca con baquetas, pero otros recursos interpretativos como las escobillas pueden usarse para lograr sonidos muy diferentes.

Una característica que diferencia a una caja de un tambor convencional, es la malla ajustada sobre el parche inferior llamada bordona, la cual vibra en interacción con el movimiento del parche.

#### 2.4.2. Comportamiento físico de las membranas en cajas y bombos

Los parches que forman parte de la caja y del bombo, son membranas circulares que se encuentran tensionadas de tal manera que al recibir un golpe puedan generar un sonido en un tono definido o indefinido. El sonido que producen estas membranas está determinado por su tensión, la densidad y tipo de material del que están formadas y por el tipo de vibraciones que se genera en la interacción membrana-baqueta.

##### 2.4.2.1. Vibración en membranas

Un parche en vibración es un sistema físico complejo, por lo que es necesario empezar su análisis con un modelo simplificado de membrana circular ideal.

##### 2.4.2.1.1. Membrana circular ideal

Una membrana circular ideal se define por su diámetro  $d$  [m], tensión superficial  $T$  [N / m] y por su densidad superficial en [kg / m<sup>2</sup>]. En este modelo se descuidan los atributos como la densidad de material no uniforme o la resistencia a la flexión.

El comportamiento vibratorio de la membrana fijada en su circunferencia, ocurre cuando esta es excitada por un factor externo. La membrana vibra con una superposición de modos de orden  $(m, n)$ , donde  $m$  define el número de diámetros nodales y  $n$  el número de círculos nodales incluyendo el límite circular. Estos círculos y líneas nodales representan partes en las cuales la membrana se desplaza con una amplitud mínima.

En una vibración ideal el desplazamiento de la membrana es uniforme, y su

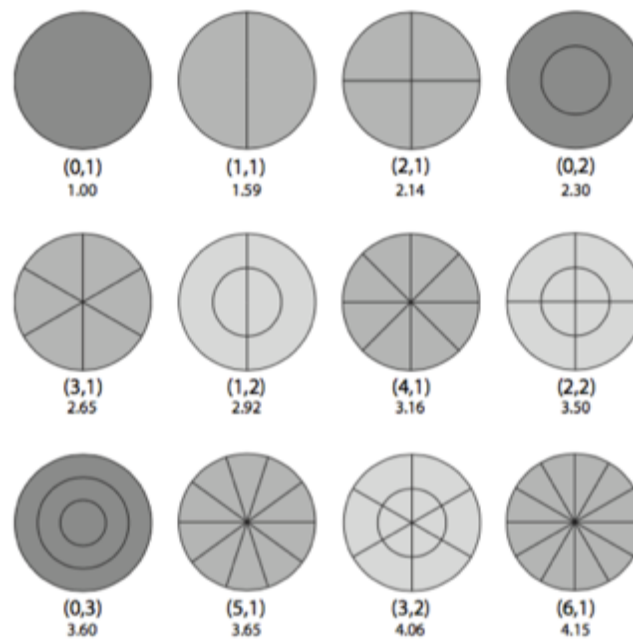
$$f_{0,1} = \frac{2.405}{\pi d} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

frecuencia fundamental se calcula a partir de la siguiente ecuación:

(Ecuación 5)

#### 2.4.2.1.2. Membrana circular real

El modelo de membrana ideal no toma en cuenta las propiedades del material de la membrana y el medio ambiente, es decir, el aire que rodea la membrana en vibración.



*Figura 3.* Modos de una membrana circular ideal.

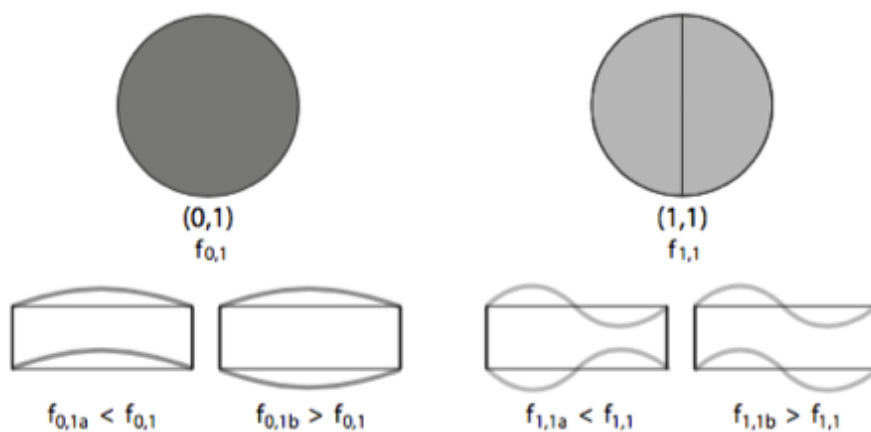
Tomado de (Wagner, 2006, p.7)

La vibración de una membrana conduce a una flexión del material. Una membrana real resistirá estas deformaciones elásticas en cierto grado por su espesor y propiedades y elevará las frecuencias modales de la membrana. A parte de este efecto cualquier irregularidad en el material puede alterar la estructura modal, influenciando directamente a los armónicos e inarmónicos que se producen en la vibración, afectando así su sonoridad.



### 2.4.2.1.3. Membranas acopladas

Tanto la caja como el bombo, están formados por dos parches separados por una estructura circular. Estas membranas interactúan a través del volumen de aire entre ellas. Este acoplamiento, conduce a la formación de pares de modos de orden inferior. El modo producido en la membrana excitada por el intérprete, generará un segundo modo en la otra membrana que se encuentra paralela a esta por medio de una compliancia mecánica producida por el aire interno del tambor.



*Figura 4.* Acoplamiento entre membranas en los primeros modos de resonancia.

Tomado de (Wagner, 2006, p.8)

La tensión de la membrana y el lugar en donde se realice el golpe de excitación dentro de la misma, influyen directamente el tipo de modos que se generan dentro de la vibración. Por ende influyen de la misma manera en la frecuencia fundamental, los armónicos e inarmónicos producidos.

## 2.5. Usos de la batería dentro de la producción musical

La batería es un instrumento indispensable en varios géneros musicales, debido a que en la mayor parte de casos se convierte en la base que sostiene a una canción, así como también por la amplia gama de sonidos musicales que se pueden generar con la misma. Es así que muchos productores e ingenieros

de mezcla le dan un trato especial dentro de sus producciones, en muchos casos con el fin de conseguir un sonido más controlado y compacto.

#### 2.5.1. Criterios de mezcla para baterías

En base al criterio y recomendaciones de varios ingenieros de mezcla cuyos trabajos discográficos han sido reconocidos a nivel mundial y con la ayuda de la investigación generada a partir de parámetros técnicos o fenómenos psicoacústicos, que tienen alguna influencia en la producción musical, se han determinado ciertos criterios de mezcla que permiten lograr un mejor sonido a un nivel estético musical.

##### 2.5.1.1. Ecuación

Cualquier fuente sonora o instrumento musical, genera sonido en un espectro de frecuencias audibles. Un ecualizador altera la respuesta en frecuencia de un sonido determinado, aumentando o atenuando ciertas frecuencias. Permitiendo que el ingeniero de mezcla pueda disminuir el nivel de aquellas frecuencias que no resultan agradables y aumentar el nivel de aquellas frecuencias que lo necesiten en base a su criterio.

##### 2.5.1.1.1. Frecuencias mágicas

Es importante tener en cuenta el efecto que tienen los diferentes rangos de frecuencias de audio, en lo que escuchamos. Se puede dividir la banda de audio en seis rangos distintos, cada uno teniendo enormes impactos en el sonido total:

Tabla 1.

*Efecto auditivo generado en diferentes rangos de frecuencias*

Range	Description	Effect
<b>Sub-Bass</b> 16 to 60Hz	Sense of power	Too much makes the music sound muddy
<b>Bass</b> 60 to 250Hz	Contains fundamental notes of rhythm section; makes music fat or thin	Too much makes the music boomy
<b>Low Mids</b> 250 to 2kHz	Contains the low-order harmonics of most instruments	Boosting 500 to 1kHz sounds hornlike; 1 to 2kHz sounds tinny
<b>High Mids</b> 2kHz to 4kHz	Contains speech recognition sounds like <i>m</i> , <i>b</i> , and <i>v</i>	Too much causes listener fatigue
<b>Presence</b> 4kHz to 6kHz	Responsible for clarity and definition of voices and instruments	Boosting makes music seem closer
<b>Brilliance</b> 6kHz to 16kHz	Controls brilliance and clarity	Too much causes vocal sibilance

Tomado de (Owsinski, 2006, p.25)

## 2.5.1.1.2. Criterios de ecualización para cajas y bombos

No hay una fórmula mágica para ecualizar. La mezcla tiene una parte de ciencia y parte fundamental que es el arte. Pero hay algunas pautas generales para ecualizar, que pueden ayudar a tener ciertos criterios para mejorar el sonido de un instrumento. (Huff, 2012, p.20)

## 2.5.1.1.2.1. Configuración de EQ para bombo:

80Hz-100Hz : Si no hay suficientes graves en el bombo, aumentar entre este rango para darle mayor fuerza en bajas frecuencias.

3kHz-5kHz – Para controlar el ataque del sonido, se puede manipular en este rango de frecuencias.

Tabla 2.

*Recomendaciones para la ecualización de bombo*

Kick drum	Bottom at 80 to 100Hz, hollowness at 400Hz, point at 3 to 5kHz
-----------	--

Tomado de (Owsinski, 2006, p.33)

#### 2.5.1.1.2.2. Configuración de EQ para caja

120Hz-240Hz: Para agregar algo de cuerpo y grosor a la caja, lo que le otorga algo de peso.

2kHz – 10kHz: En este rango se suele encontrar el sonido producido por la bordona en el parche inferior de la caja.

Tabla 3.

#### *Recomendaciones para la ecualización de caja*

Snare	Fatness at 120 to 240Hz, point at 900Hz, crispness at 5kHz, snap at 10kHz
-------	---

Tomado de (Owsinski, 2006, p.33)

#### 2.5.1.2. Compresión en la mezcla

La compresión dentro de la mezcla de audio, es una herramienta importante para disminuir el rango dinámico entre las partes más ruidosas y silenciosas de las señales musicales. Esto se produce potenciando las señales más silenciosas y atenuando las señales más fuertes.

##### 2.5.1.2.1. Criterios de compresión para cajas y bombos

Mientras más compresión se genera en los picos de la señal de audio, mayor es el efecto sonoro que se produce en ella. Menos compresión (6dB o menos) es más para controlar la dinámica que para su calidad sonora. Cantidades radicales de compresión de entre 15 o 20dB se utilizan a menudo para guitarras eléctricas, micrófonos de sala, baterías e incluso voces.(Owsinski, 2006, p.63)

#### 2.6. Equipamiento seleccionado

Dentro de los dispositivos seleccionados para evaluación se consideraron seis procesadores de dinámica (compresores) en sus versiones emuladas en plug-in. Estos compresores fueron seleccionados considerando su popularidad en el medio de la producción musical y la disponibilidad para su uso en nuestro medio.

### 2.6.1. Procesadores de dinámica Waves

Desde el año 1992, Waves ha venido diseñando y desarrollando múltiples plataformas, emulaciones y herramientas digitales al mercado de la producción musical. En el año 2011, la compañía Waves recibió un Grammy Award Técnico por "contribuciones de gran importancia técnica para el campo de la grabación".

#### 2.6.1.1. Autamated Processes Inc (API-2500)

Es una de las marcas de procesadores de sonido históricas a considerar a nivel mundial. Su versión en *hardware* fue diseñada para utilizar cuatro VCAs 2180 de THAT por cada canal, para reducir así el ruido y la distorsión. La versión presentada por Waves, incorpora todas las funciones de su versión física y su sonido ha sido diseñado en base a características sonoras propias de los operacionales 2510 y 2520 que incorpora el *hardware*. Entre sus funciones encontramos la posibilidad de trabajar en regímenes intermedios entre un compresor estéreo y uno mono, filtros en el *sidechain*, una función de auto *make-up* y la posibilidad de trabajar como un compresor *Feedforward* o *Feedback*.



Figura 5. Interfaz general del plug-in API-2500 de Waves

En la primera sección del API-2500 tenemos los parámetros de mando habituales en un procesador de rango dinámico, con la excepción de que este compresor permite habilitar un control de reléase variable.



Figura 6. Primera sección del compresor API-2500

En la sección de tono podemos asignar cuan cerrado será el codo, curvas de sensibilidad para bajas frecuencias y un ruteo de la señal controlada.



Figura 7. Sección de tono del API-2500

La sección de salida del compresor, cuenta con un *switch* que permite que en la señal se sume cierto ruido propio de la electrónica de su versión en físico. También encontramos un botón de bypass que permite desactivar el compresor como tal y el mando de make-up el cual es posible usarlo en manual o en automático, en donde el propio compresor recupera una cantidad de volumen equiparable a la pérdida causada por la compresión.

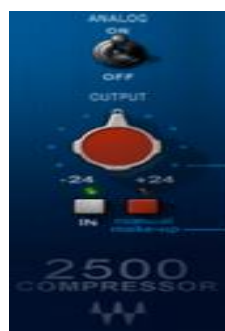


Figura 8. Sección de tono del API-2500

### 2.6.1.2. Bomb Factory (BF-76)

Diseñado a partir del compresor de estudio 1176, del cual se emuló cada particularidad sonora. El compresor 1176, introducido al mercado del audio a fines de la década de 1970, usa un transistor de efecto de campo, así como también amplificación de estado sólido, lo cual ha generado que este modelo de compresor tenga un sonido de compresión muy diferente al de otros compresores.

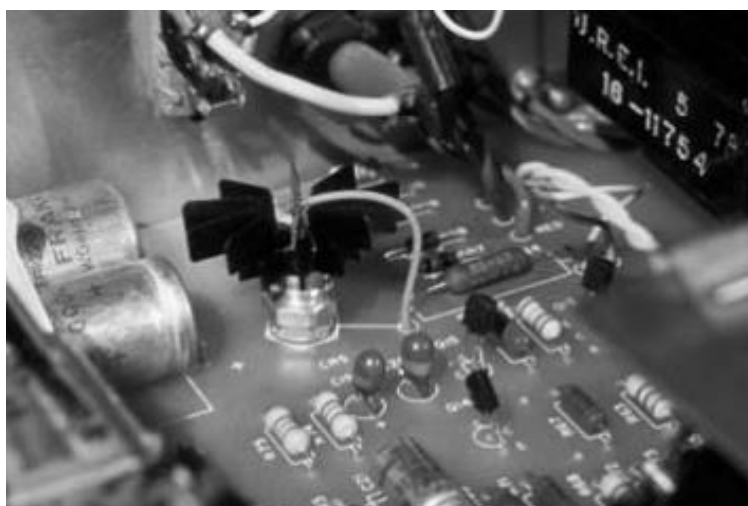


Figura 9. Transistores y circuitos analógicos del compresor clásico 1176.

Tomado de (Avid Technology, 2005, p.15)

El BF-76 proporciona cuatro relaciones de compresión seleccionables, junto con controles que permiten tiempos variables de *attack* y *release*.

El control de entrada establece el nivel de señal de entrada al compresor, el cual determina tanto el umbral como la cantidad de reducción de pico.



Figura 10. Plug-in Waves BF-76

Los controles de *attack* y *release* se caracterizan por trabajar con tiempos muy reducidos y han sido diseñados para trabajar en contra de las manecillas del reloj, desde un procesamiento más rápido en 7 y el más lento en 1. Los interruptores *Ratio Push* seleccionan la relación de compresión de 4: 1 a 20: 1.

### 2.6.1.3. CLA-76

Es *plug-in* esta diseñado a partir de uno de los compresores de estado sólido más reconocidos en la industria musical, el cual utiliza transistores FET como dispositivos de control de ganancia. Waves modelo dos versiones diferentes de este compresor el CLA-76/blackey y el CLA-76/Bluey.



Figura 11. Plug-in Waves CLA-76, versiones Blackey y Bluey respectivamente.

Las principales diferencias entre los dos modelos están en las etapas de ganancia y constantes de tiempo, las cuales son ligeramente diferentes, así como también diferencias en los niveles de THD y ruido.

### 2.6.1.4. SSL G-Master Bus Compressor

El sonido particular que producen las consolas analógicas Seri 4000 de Solid State Logic, es una característica valorada y buscada por un gran porcentaje de ingenieros de mezcla. Por tal motivo los ingenieros de SSL y Waves han trabajado juntos en el entorno digital para recrear este sonido propio de las consolas clásicas.



El plug-in SSL G-Master Bus *Compressor* está diseñado en base al reconocido compresor de bus estéreo SSL G Series. Los medidores de reducción se visualizan en dBu en lugar de en dBFS y su ganancia se ajusta al rango clásico de la consola SSL.

Los medidores están calibrados a 18 dBu = 0 dBFS. Sus mandos están diseñados en función de tasas porcentuales con valores específicos.



Figura 12. Plug-in Waves SSL comp

Posee seis tasas intercambiables de tiempos de *attack*: 0.1; 0.3; 1; 3; 10 y 30 ms. Mientras que su tiempo de *release* es conmutable entre 0.1, 0.3, 0.6 y 1.2 segundos, o automático. En automático, el tiempo de *release* depende de la duración del pico del programa.

#### 2.6.1.5. V-Comp Master Bus *Compressor*

El *plug-in* V-Comp es un compresor / limitador clásico con *deesser*, el cual fue diseñado a partir del reconocido limitador 2254, proporcionando un control dinámico vintage. V-Comp ofrece ratios de compresión fijos y controles de entrada y salida de  $\pm 18/24$  dB separados.

Parámetros de mando:



Figura 13. Controles operacionales del *plug-in* Vcomp de Waves.

### 3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Equipamiento y recopilación de muestras auditivas

En primera instancia, se procedió a la selección de los compresores de rango dinámico a evaluar, para lo cual se realizó una encuesta simple, dirigida a estudiantes de ingeniería en sonido, ingenieros en ramas referentes al audio y productores musicales. Posteriormente con los datos obtenidos se seleccionaron seis compresores de rango dinámico en sus versiones en *plug-in*, desarrollados por la casa Waves.

Después de seleccionar los compresores, se determinó la metodología de evaluación a utilizar durante el estudio y el equipamiento necesario para poder realizar el análisis técnico, seguido de encuestas auditivas que permitan relacionar los datos obtenidos, con la respuesta subjetiva de personas que trabajan con estos dispositivos.

### 3.1.1. Encuesta para la selección de compresores

Tal como se puede observar en la figura 16, se realizó una encuesta simple de cuatro preguntas, a cuarenta personas relacionadas directamente con el audio y la música. Entre las preguntas se buscaba conocer que dispositivos son los más usados al momento de trabajar con compresores. Para lo cual se determinó, que el mayor porcentaje de encuestados prefiere el sonido analógico, aunque sin embargo los compresores que más usan son aquellos desarrollados digitalmente en plug-in, siendo los más conocidos los compresores desarrollados por Waves, seguidos por los desarrollados por Universal Audio.

Encuesta de preferencias

Nombre: \_\_\_\_\_

Ocupación: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

1. ¿Ha trabajado con compresores de rango dinámico?

Si

No

De haber respondido sí:

1.1. ¿La mayor parte de veces que ha utilizado este tipo de procesadores, han sido en dispositivos analógicos en hardware, o en su versiones de compresores en **plug-in**?

Hardware

Plug-in

De haber trabajado con compresores tanto en hardware como en **plug-in**:

2. ¿Tiene alguna preferencia entre estas dos versiones?

Si

No

De haber respondido sí:

¿Cuál es su preferencia?

---

3.2.1. ¿Conoce el nombre de algún desarrollador de **plug-ins**?

Si

No

De haber respondido sí, ¿cuál o cuáles?

---

Figura 14. Diseño de encuesta para selección de compresores

### 3.1.2. Selección de dispositivos a evaluar

Dentro de las opciones de compresores que entrega waves, se seleccionó aquellos plug-ins que cumplan los siguientes requerimientos: Que su diseño haya sido realizado en base a características específicas de un modelo clásico de compresor analógico y debido a que el presente estudio está enfocado en la sonoridad de baterías, es importante considerar aquellos compresores que entre sus parámetros de configuración interna posean un control de ataque y un control de release variables.

Siendo los siguientes los plug-ins seleccionados:

- API-2500
- BF-76
- CLA-76/bluey
- CLA-76/blackey
- SSL Compressor
- V comp

### 3.1.3. Muestras de audio

En planos generales se utilizaron dos tipos de muestras de audio para el análisis correspondiente:

- Barrido de frecuencias por bandas de octava.
- Muestras musicales de batería, grabados en un ambiente controlado.

#### 3.1.3.1. Secuencia de tonos puros por bandas de octava

Mediante el software de audio Pro tools, se realizó un barrido de frecuencias por bandas de octava, con un generador de señales propio del programa, a un nivel de salida de -18 dB.



Figura 15. Generador de frecuencias de Pro tolos

La frecuencia fundamental correspondiente a cada banda de octava, fue impresa en un canal de audio, mediante un envío por buses desde el canal donde se insertó el generador de señales.

Ya que es necesario evaluar como el *attack* y *release* de cada compresor actúan en el procesamiento de cada tono por banda de frecuencia; se editó cada frecuencia, con el fin de que todos los tonos tengan un inicio y un fin, para los cuales el compresor pueda actuar comprimiendo y descomprimiendo la señal sin ningún problema .



Figura 16. Diseño de secuencia de tonos puros por bandas de octava.

3.1.3.2. Muestras musicales de batería, grabados en un ambiente controlado.

En el estudio de grabación CR3 de la Universidad de las Américas, se procedió a la producción de nueve muestras de batería, tomando en cuenta únicamente bombo y caja.

Este procedimiento se realizó con la intervención interpretativa de un estudiante de música, a quien se le solicitó ejecutar el bombo y caja en negras a un tempo de sesenta *beats* por minuto. Para posteriormente usar las muestras que tengan un mejor carácter armónico en la presente evaluación.

3.1.3.2.1. Muestras musicales de caja.

Para la grabación de estas muestras se utilizó una caja de batería Mapex, serie meridian de dieciséis pulgadas, con parches marca Evans.



*Figura 17.* Grabación de muestras de caja en el estudio CR3 – Universidad de las Américas.

Los parches fueron afinados en tres tonalidades diferentes, ajustando y aflojando el parche superior: en un tono agudo, tono medio y tono grave, afinados por el músico de sesión, tal como se muestra en la figura 19.

Estos tres tipos de grabaciones se realizaron con y sin bordona, dándonos un total de seis muestras para la caja.

Tabla 4.

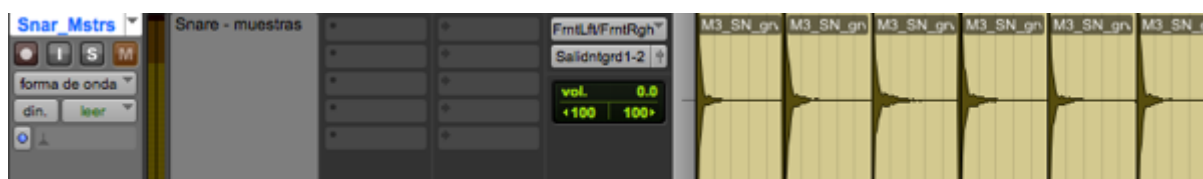
*Muestras de caja con y sin bordona, afinadas en tres tonalidades.*

Muestra	Afinación		Bordona
1	agudo	1 tono +	sin bordona
2	medio	estándar	sin bordona
3	grave	1 tono -	sin bordona
4	agudo	1 tono +	con bordona
5	medio	estándar	con bordona
6	grave	1 tono -	con bordona

La grabación se realizó con la interfaz Apollo Firewire y el micrófono Electrovoice RE-20.



*Figura 18.* Grabación de las muestras de caja en tres tonalidades diferentes.



*Figura 19.* Selección de muestras entre las grabaciones de caja.

### 3.1.3.2.2. Muestras musicales de bombo.

Para la grabación de estas muestras se utilizó un bombo de batería Mapex, serie meridian de veinte pulgadas, con parches marca Evans.



*Figura 20.* Grabación de muestras de bombo, con y sin SubKick

Se utilizó tres configuraciones diferentes de micrófono para grabar las muestras del bombo.

Tabla 5.

*Configuraciones de grabación para las muestras de bombo.*

Configuración	Microfoneo	Tonalidad
1	AKG D 112	grave
2	AKG D 112 + SubKick Yamaha	Subgrave + grave
3	SubKick Yamaha	Subgrave





Figura 23. Muestra seleccionada de la configuración 2

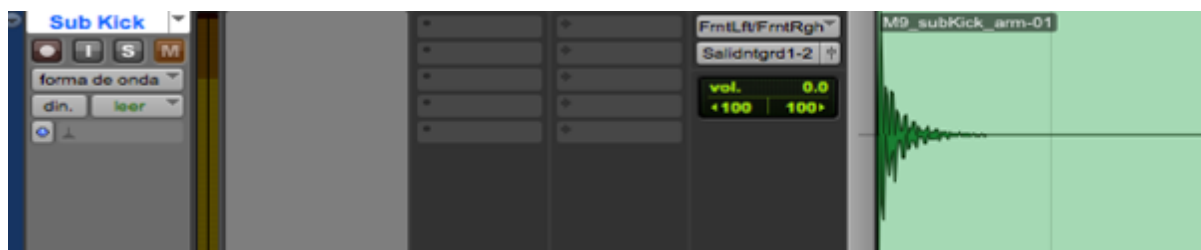


Figura 21. Muestra seleccionada de la configuración 3

### 3.2. Parámetros de diseño de los compresores

En la siguiente sección se detallan las características específicas de diseño de los mandos dentro de cada compresor, que necesitamos para la evaluación respectiva.

#### 2.2.1. API-2500

Tabla 6.

*Tiempos de configuración manual del compresor API-2500*

API-2500				
Attack		Release		Ratio
Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	
0,003	30	0,05	2	1,5
				2
				3
				4
				6

Tiempo de <i>attack</i> medio:	15	seg
Tiempo de <i>release</i> medio:	1,05	seg
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	29,99	seg
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	1,95	seg

## 3.2.2. BF-76

Tabla 7. *Tiempos de configuración manual del compresor BF-76*

BF-76				
<i>Attack</i>		<i>Release</i>		Ratio
Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	
0,004	0,57	0,6	1,1	4
				8
				12
				20

Tiempo de <i>attack</i> medio:	0,28	seg
Tiempo de <i>release</i> medio:	0,85	seg
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	0,56	seg
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	0,5	seg

## 3.2.3. CLA-76

Tabla 8. *Tiempos de configuración manual del compresor CLA-76*

CLA-76				
<i>Attack</i>		<i>Release</i>		Ratio
Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	
0,000005	0,001	0,05	1	4
				8
				12

## 3.2.4. SSL Master Bus Compressor

Tabla 9.

*Tiempos de configuración manual del compresor SSL Bus Compressor*

SSL Bus Compressor				
<i>Attack</i>		<i>Release</i>		Ratio
Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	
0,001	0,03	0,1	1,2	2
				4
				10

Tiempo de <i>attack</i> medio:	0,0155	seg
Tiempo de <i>release</i> medio:	0,65	seg
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	0,029	seg
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	1,1	seg

## 3.2.5. V-Comp Master Bus Compressor

Tabla 10.

*Tiempos de configuración manual del compresor V-Comp*

V-Comp				
<i>Attack</i>		<i>Release</i>		Ratio
Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	Tiempo más rápido/Segundos	Tiempo más lento/Segundos	
				1,5
		0,4	0,8	2
				3
				4
				6

### 3.3. Medición de parámetros técnicos

La medición de los parámetros técnicos correspondientes a la respuesta de cada compresor, se realizó con el programa Smaart, para el análisis de los cambios armónicos y respuesta en frecuencia.

Smaart v7 es un potente software de análisis sonoro, comúnmente utilizado en sonido directo, para la alineación y corrección de fase en sistemas profesionales de audio y para la optimización de equipos de audio en general.

Una de sus funciones principales es la medición a un solo canal, en la cual se analiza la señal presente en un solo punto, permitiendo cuantificar parámetros y cualidades de dicha señal como el nivel de la misma y el contenido de frecuencias. Los resultados se pueden visualizar en forma de Analizador de espectro y/o RTA (Real Time Analyzer), entregándonos una definición de hasta 1/48 por banda de octava.

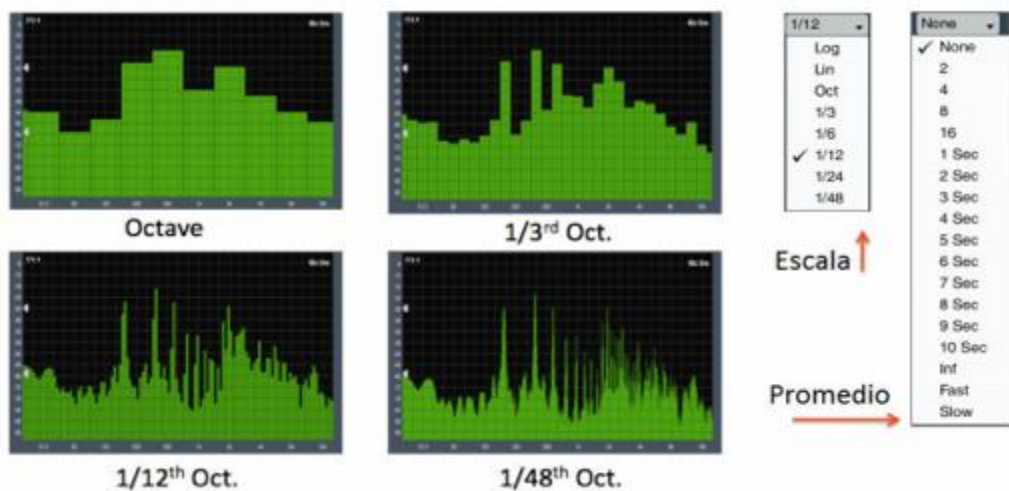


Figura 22. Espectro de una señal en RTA, a diferentes escalas.

Tomado de (Rational Acustics LLC, 2011, p.18)

#### 3.3.1. Distribución armónica del THD

Se realizó un análisis detallado del comportamiento armónico en el procesamiento de cada compresor, para muestras musicales de bombo y caja y para tonos puros por banda de octava en análisis por RTA.

Para obtener la distribución armónica en RTA y en análisis de espectro, se utilizó una medición de un canal en el Smart, enviando las señales a evaluar desde un ordenador hacia una tarjeta de sonido, la cual permite enviar dichas señales hacia el software.

3.3.1.1. Distribución armónica generada al variar los parámetros de procesamiento de cada compresor.

Con el fin de establecer y predecir que sucede con los armónicos de una señal de audio, al variar la configuración de los compresores, se realizó un primer análisis con tonos puros por bandas de octava, los cuales fueron procesados con diferentes tiempos de attack, release y diferentes ratios de compresión. Para posteriormente poder establecer la relación de los diferentes procesamientos con la distribución de armónicos.

3.3.1.1.1. Variación en los tiempos de *attack* y *release*

Se establecieron procesamientos de los tonos puros con tiempos de *attack* y *release* lentos y posteriormente con tiempos rápidos, para poder comprar que efecto tienen dichos tiempos en el comportamiento armónico de la señal.

La señal de salida de cada compresor se estableció en -18 dBFS con el fin de evitar cualquier posible saturación en la señal y se comparó dicho valor en la señal de entrada en el Smart.

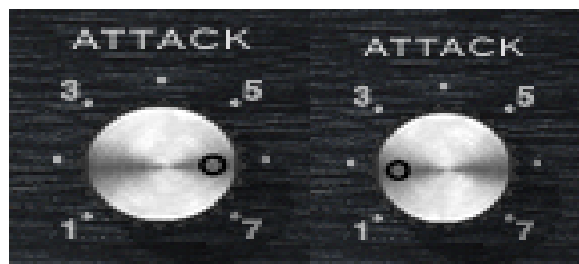


Figura 23. Modificación del tiempo de *attack* de rápido a lento, en el compresor BF-76

3.3.1.1.2. Variación de la relación de ratio para cada muestra.

Se realizaron diversos análisis armónicos de tonos puros procesados a diferentes ratios, tomando una relación inferior a ocho a uno y una igual o

superior a esta. Debido a que una relación de ocho a uno en el ratio de compresión implica que el compresor se convierte en un limitador.

De esta manera es posible comparar el efecto que tienen los diferentes ratio en la cantidad y nivel de armónicos propios del compresor.



*Figura 24.* Modificación del ratio de compresión para una misma señal de tono puro, en el compresor API-2500

### 3.3.1.2. Distribución armónica en función de tonos puros

Las muestras de los tonos puros por banda de octava fueron comprimidos por cada uno de los compresores participantes en el presente estudio. Cada señal se analizó en Smaart a una definición de 1/48 de octava en RTA. Los tiempos de *attack* y *release* se establecieron de una manera porcentual equivalente entre todos los procesadores, designando un veinticinco por ciento de *attack* y un setenta y cinco por ciento de *release* para cada compresión, tomando como referencia que un cero por ciento equivale al tiempo más rápido y cien por ciento al tiempo más lento del parámetro del compresor.

Para todos los procesamientos se seleccionó un ratio de compresión de ocho a uno, y un nivel de entrada de la señal al *smaart* de -18dBfs.

#### 3.3.1.2.1. Procesamiento aplicado a los tonos puros para el API-250

El API-2500, no cuenta con un ratio de compresión de ocho a uno; por tal motivo se seleccionó un ratio de diez a uno, para evaluar su comportamiento armónico mediante una barrido de frecuencias, entre diez muestras correspondientes a tonos puros, como se evidencia en la tabla 11.

Tabla 11.

Datos de los parámetros de procesamiento para cada muestra, API2500

API-2500				
Muestras	Procesamiento			
	Tonos puros			
	31HZ	Threshold:	-4	dB
	64HZ	Attack:	0,1	ms
	125Hz	Release	0,1	s
	250Hz	Ratio:	10	x:1
	500Hz	Nivel de salida:	-18	dB
	1KHz			
	2KHz			
	4KHz			
	8KHz			
	16KHz			

### 3.3.1.2.2. Procesamiento aplicado a los tonos puros por el BF-76

Datos de los parámetros de procesamiento para cada frecuencia fundamental por banda de octava.

Tabla 12.

Configuración seleccionada para el compresor BF-76.

BF-76				
Muestras	Procesamiento			
	Tonos puros	Input Gain	-21	dB
	31HZ	Output Gain	-18	dB
	64HZ	Attack:	0,14	s
	125Hz	Release	0,72	s
	250Hz	Ratio:	8	x:1
	500Hz			
	1KHz			

## 3.3.1.2.3. Procesamiento aplicado a los tonos puros para el CLA-76

Tabla 13.

*Configuración seleccionada para el compresor CLA-76*

CLA-76 / Bluey y Blackey				
		Procesamiento		
Muestras	Tonos puros	Input Gain	-21	dB
	31HZ	Output Gain	-18	dB
	64HZ	<i>Attack:</i>	0,25	ms
	125Hz	<i>Release:</i>	0,28	s
	250Hz	<i>Ratio:</i>	8	x:1
	500Hz			
	1KHz			
	2KHz			
	4KHz			

## 3.3.1.2.4. Procesamiento aplicado a los tonos puros por el SSL compresor.

Datos de los parámetros de procesamiento para cada frecuencia fundamental por banda de octava.

Tabla 14.

*Configuración seleccionada para el compresor SSL-comp*

SSL comp				
		Procesamiento		
	Tonos puros			
	31HZ	Threshold:	-6	dB
	64HZ	<i>Attack:</i>	0,3	ms
	125Hz	<i>Release</i>	0,3	s
	250Hz	<i>Ratio:</i>	10	x:1



Muestras	500Hz	Make up	5	dB
	1KHz			
	2KHz			
	4KHz			
	8KHz			

### 2.3.1.2.5. V-comp

Procesamiento aplicado a los tonos puros para el V-comp.

Tabla 15.

*Datos de los parámetros de procesamiento para cada muestra, V-com.*

V-comp				
Muestras		Procesamiento		
	Tonos puros	Input Gain	12,8	dB
	31HZ	Output Gain	0	dB
	64HZ	<i>Attack:</i>	fast	s
	125Hz	<i>Release</i>	200	ms
	250Hz	Ratio:	10	x:1
	500Hz			
	1KHz			
	2KHz			

3.3.1.2. Distribución armónica de los compresores en función de muestras de caja y bombo.

Es común empezar a configurar el compresor desde un tiempo de *attack* lento y un tiempo de *release* rápido, aumentando el tiempo de *attack* hasta que el instrumento comience a apagarse; Y ajustando el tiempo de *release* de tal manera que el beat producido por la caja o el bombo se haya procesado entre un noventa y cien por ciento, antes de que el siguiente beat sea ejecutado. (Owsinki, 2006, p.63)

Debido a que al afinar la caja en diferentes tonos e incorporar la bordona, cambian las propiedades físicas del parche, varias propiedades del sonido de dicha caja también cambiarán. La duración de su sonido por ejemplo como se observa en la tabla 16 será diferente para cada muestra, por lo que si seguimos los criterios propuestos por Owsinki necesitaremos variar los porcentajes de *attack* y *release* para cada muestra.

Tabla 16.

*Duración de las diferentes muestras a evaluar*

		MUESTRAS - CAJA				
		Afinación		Bordona	Duración	
Muestras	1	agudo	1 tono +	sin bordona	0,16	s
	2	medio	estándar	sin bordona	0,21	s
	3	grave	1 tono -	sin bordona	0,19	s
	4	agudo	1 tono +	con bordona	0,18	s
	5	medio	estándar	con bordona	0,24	s
	6	grave	1 tono -	con bordona	0,17	s

La tabla 17 entrega datos de la configuración de los parámetros de procesamiento de diferentes compresores, para una caja afinada en tono agudo, sin bordona.

Se puede deducir de la tabla 16, que las muestras que generan un sonido con mayor duración son aquellas que se realizaron con las cajas afinadas en tono medio, el cual corresponde a la afinación estándar a la cual se encontraba afinada la caja en un inicio.

Así mismo se comprueba que la caja afinada en tono agudo es la que menos duración sonora genera, esto debido a que la membrana se encuentra con una tensión elevada produciendo desplazamiento de la membrana mucho más cortos.

Tabla 17.

Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 1

Muestra 1				
Procesamiento	API-250	Threshold:	-4	dB
		Attack:	0,1	s
		Release	0,14	s
		Ratio:	10	x:1
		Nivel de salida:	-18	dB
	BF-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		Attack:	0,14	s
		Release	0,14	s
		Ratio:	8	x:1
	CLA-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		Attack:	0,1	s
		Release	0,14	s
		Ratio:	8	x:1
	SSL	Threshold:	-6	dB
		Attack:	0,1	s
		Release	0,13	s
		Ratio:	10	x:1
		Make up	5	dB
	V-comp	Input Gain	12,8	dB
		Output Gain	0	dB
		Attack:	fast	s
		Release	200	ms
		Ratio:	10	x:1

La tabla 18 entrega datos de la configuración de los parámetros de procesamiento de diferentes compresores, para una caja afinada en tono

medio (estándar), sin bordona.

Tabla 18.

*Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 2*

Muestra 2				
Procesamiento	API-250	Threshold:	-8	dB
		<i>Attack:</i>	0,08	s
		<i>Release</i>	0,2	s
		Ratio:	10	x:1
		Nivel de salida:	-18	dB
	BF-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		<i>Attack:</i>	0,1	s
		<i>Release</i>	0,19	s
		Ratio:	8	x:1
	CLA-76	Input Gain	-24	dB
		Output Gain	-17	dB
		<i>Attack:</i>	0,12	s
		<i>Release</i>	0,21	s
		Ratio:	8	x:1
	SSL	Threshold:	-4	dB
		<i>Attack:</i>	0,14	s
		<i>Release</i>	0,18	s
		Ratio:	10	x:1
		<i>Make up</i>	5	dB
V-comp	Input Gain	12,8	dB	
	Output Gain	0	dB	
	<i>Attack:</i>	fast	s	
	<i>Release</i>	0,2	s	
	Ratio:	10	x:1	

La tabla 19 proporciona datos de la configuración de los parámetros de procesamiento de diferentes compresores, para una caja afinada en tono grave, sin bordona.

Tabla 19.

*Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 3*

Muestra 3				
Procesamiento	API-250	Threshold:	-2	dB
		Attack:	0,11	s
		Release	0,18	s
		Ratio:	10	x:1
		Nivel de salida:	-18	dB
	BF-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		Attack:	0,12	s
		Release	0,17	s
		Ratio:	8	x:1
	CLA-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		Attack:	0,12	s
		Release	0,2	s
		Ratio:	8	x:1
	SSL	Threshold:	-6	dB
		Attack:	0,1	s
		Release	0,17	s
		Ratio:	10	x:1
		Make up	5	dB
	V-comp	Input Gain	12,8	dB
Output Gain		0	dB	
Attack:		fast	s	

		<i>Release</i>	0,18	s
		Ratio:	10	x:1

La tabla 20 indica la configuración de los parámetros de procesamiento de diferentes compresores, para una caja afinada en tono agudo, con bordona.

Tabla 20.

*Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 4*

Muestra 4				
Procesamiento	API-250	Threshold:	-6	dB
		<i>Attack:</i>	0,1	s
		<i>Release</i>	0,17	s
		Ratio:	10	x:1
		Nivel de salida:	-18	dB
	BF-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		<i>Attack:</i>	0,08	s
		<i>Release</i>	0,15	s
		Ratio:	8	x:1
	CLA-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		<i>Attack:</i>	0,12	s
		<i>Release</i>	0,18	s
		Ratio:	8	x:1
	SSL	Threshold:	-6	dB
		<i>Attack:</i>	0,12	s
		<i>Release</i>	0,17	s
		Ratio:	10	x:1
		Make up	5	dB
		Input Gain	12,8	dB

	V-comp	Output Gain	0	dB
		<i>Attack:</i>	fast	s
		<i>Release</i>	0,17	s

Datos de la configuración de los parámetros de procesamiento de diferentes compresores, para una caja afinada en tono medio (estándar), con bordona.

Tabla 21.

*Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 5*

Muestra 5				
Procesamiento	API-250	Threshold:	-5	dB
		<i>Attack:</i>	0,12	s
		<i>Release</i>	0,22	s
		Ratio:	10	x:1
		Nivel de salida:	-18	dB
	BF-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-19	dB
		<i>Attack:</i>	0,08	s
		<i>Release</i>	0,21	s
		Ratio:	8	x:1
	CLA-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-18	dB
		<i>Attack:</i>	0,08	s
		<i>Release</i>	0,23	s
		Ratio:	8	x:1
	SSL	Threshold:	-6	dB
		<i>Attack:</i>	0,1	s
		<i>Release</i>	0,2	s
		Ratio:	10	x:1
		Make up	5	dB

	V-comp	Input Gain	12,8	dB
		Output Gain	0	dB
		<i>Attack:</i>	fast	s
		<i>Release</i>	0,17	s
		Ratio:	10	x:1

La tabla 22 entrega información de la configuración de los parámetros de procesamiento de diferentes compresores, para una caja afinada en tono grave, con bordona.

Tabla 22.

Datos de los parámetros de procesamiento para la muestra 5

Muestra 6				
Procesamiento	API-250	Threshold:	-6	dB
		<i>Attack:</i>	0,09	s
		<i>Release</i>	0,15	s
		Ratio:	10	x:1
		Nivel de salida:	-18	dB
	BF-76	Input Gain	-21	dB
		Output Gain	-19	dB
		<i>Attack:</i>	0,1	s
		<i>Release</i>	0,15	s
		Ratio:	8	x:1
	CLA-76	Input Gain	-19	dB
		Output Gain	-20	dB
		<i>Attack:</i>	0,12	s
		<i>Release</i>	0,16	s
		Ratio:	8	x:1
		Threshold:	-4	dB
		<i>Attack:</i>	0,1	s



	SSL	<i>Release</i>	0,15	s
		Ratio:	10	x:1
		Make up	5	dB
	V-comp	Input Gain	12,8	dB
		Output Gain	2	dB
		<i>Attack:</i>	fast	s
		<i>Release</i>	0,14	s
		Ratio:	10	x:1

### 3.4. Diseño de encuesta auditiva

La encuesta auditiva se diseñó con el fin de conocer cuál es la apreciación sonora de personas que trabajan en el campo del audio, respecto a los diferentes procesamientos de los compresores seleccionados para la evaluación.

Se seleccionaron nueve muestras musicales diferentes de bombo y caja procesadas por cada uno de los seis compresores. Es decir de cada muestra musical se obtuvo 6 muestras procesadas, las cuales fueron escuchadas por los encuestados.

Tabla 23.

*Muestras de caja y bombo para las encuestas auditivas*

		MUESTRAS - CAJA		
		Afinación		Bordona
Muestras	1	agudo	1 tono +	sin bordona
	2	medio	estándar	sin bordona
	3	grave	1 tono -	sin bordona
	4	agudo	1 tono +	con bordona
	5	medio	estándar	con bordona

	6	grave	1 tono -	con bordona
MUESTRAS - BOMBO				
Muestra	Microfoneo		Tonalidad	
7	AKG D 112		grave	
8	AKG D 112 + SubKick Yamaha		Subgrave	+
9	SubKick Yamaha		grave	
			Subgrave	

El uso de audífonos de alta calidad durante la encuesta era un requisito para los encuestados. Por tal motivo, se utilizaron para la encuesta los audífonos profesionales sennheiser HD8.

Tabla 24.

*Información técnica de los audífonos sennheiser HD8*

Impedancia	95 Ohm
Respuesta de frecuencia	8 – 30.000 Hz
Nivel de presión del sonido (SPL)	115 dB (1 KHz/ 1Vrms)

2.4.1. Procesamiento y selección de muestras para la encuesta.

Cada participante escuchó cincuenta y cuatro muestras procesadas y nueve muestras sin ningún tipo de procesamiento, dándonos un total de sesenta y tres muestras escuchadas en nueve grupos de siete. Para cada grupo el participante debía responder una serie de preguntas de opción múltiple en base a sus preferencias sonoras.

Tabla 24.

*Selección y agrupamiento de muestras auditivas para la encuesta.*

Procesamiento							
Compresión							
8							
Muestra 1	1	2	3	4	5	6	7
Caja-agudo-sin bordona	<i>clean</i>	Api-2500	BF-76	CLA76/bluey	CLA76/blackey	SSL	V- comp
Muestra 2	1	2	3	4	5	6	7
Caja-medio-sin bordona	<i>clean</i>	Api-2500	BF-76	CLA76/bluey	CLA76/blackey	SSL	V- comp
Muestra 3	1	2	3	4	5	6	7
Caja-grave-sin bordona	<i>clean</i>	Api-2500	BF-76	CLA76/bluey	CLA76/blackey	SSL	V- comp
Muestra 4	1	2	3	4	5	6	7
Caja-agudo-con bordona	<i>clean</i>	Api-2500	BF-76	CLA76/bluey	CLA76/blackey	SSL	V- comp
Muestra 5	1	2	3	4	5	6	7
Caja-medio-con bordona	<i>clean</i>	Api-2500	BF-76	CLA76/bluey	CLA76/blackey	SSL	V- comp
Muestra6	1	2	3	4	5	6	7
Caja-grave-con bordona	<i>clean</i>	Api-2500	BF-76	CLA76/bluey	CLA76/blackey	SSL	V- comp
Muestra 7	1	2	3	4	5	6	7
Bombo-grave	<i>clean</i>	Api-2500	BF-76	CLA76/bluey	CLA76/blackey	SSL	V- comp
Muestra 8	1	2	3	4	5	6	7

### 3.4.2. Diseño de preguntas

Ya que se necesita evaluar un gran número de muestras, se realizó preguntas específicas y simples. Con el fin de evitar confusiones en la escucha y en el criterio del encuestado.

#### Audio\_Muestra4

A. ¿Qué muestra tiene mayor cuerpo y espesor armónico?

- |    |                          |    |                          |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| 1. | <input type="checkbox"/> | 6. | <input type="checkbox"/> |
| 2. | <input type="checkbox"/> | 7. | <input type="checkbox"/> |
| 3. | <input type="checkbox"/> |    |                          |
| 4. | <input type="checkbox"/> |    |                          |
| 5. | <input type="checkbox"/> |    |                          |

B. ¿Qué muestra tiene un mayor ataque agudo en su sonido?

- |    |                          |    |                          |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| 1. | <input type="checkbox"/> | 6. | <input type="checkbox"/> |
| 2. | <input type="checkbox"/> | 7. | <input type="checkbox"/> |
| 3. | <input type="checkbox"/> |    |                          |
| 4. | <input type="checkbox"/> |    |                          |
| 5. | <input type="checkbox"/> |    |                          |

C. ¿Qué muestra le gusto más?

- |    |                          |    |                          |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| 1. | <input type="checkbox"/> | 6. | <input type="checkbox"/> |
| 2. | <input type="checkbox"/> | 7. | <input type="checkbox"/> |
| 3. | <input type="checkbox"/> |    |                          |
| 4. | <input type="checkbox"/> |    |                          |
| 5. | <input type="checkbox"/> |    |                          |

Figura 25. Preguntas de preferencia de selección múltiple para la Muestra 4

## 4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El apartado de resultados se presenta de forma individual en base a cada parámetro sonoro evaluado. Después se entregan los resultados obtenidos en las encuestas auditivas, y por último se presentan las relaciones y comparaciones técnicas y subjetivas del estudio.

4.1. Resultados de las mediciones de los parámetros técnicos de cada compresor.

Para este estudio los parámetros técnicos a evaluar son:

- La distribución armónica del THD.
- El ruido diseñado en base a la circuitería de los compresores físicos.

Estos parámetros fueron comparados entre los procesamientos de cada compresor y relacionados con la sonoridad de caja y bombo, tomando en cuenta criterios de mezcla de profesionales reconocidos dentro de la industria de la producción musical.

4.1.1. Evaluación del comportamiento en armónicos a diferentes tiempos de *attack* y *release*.

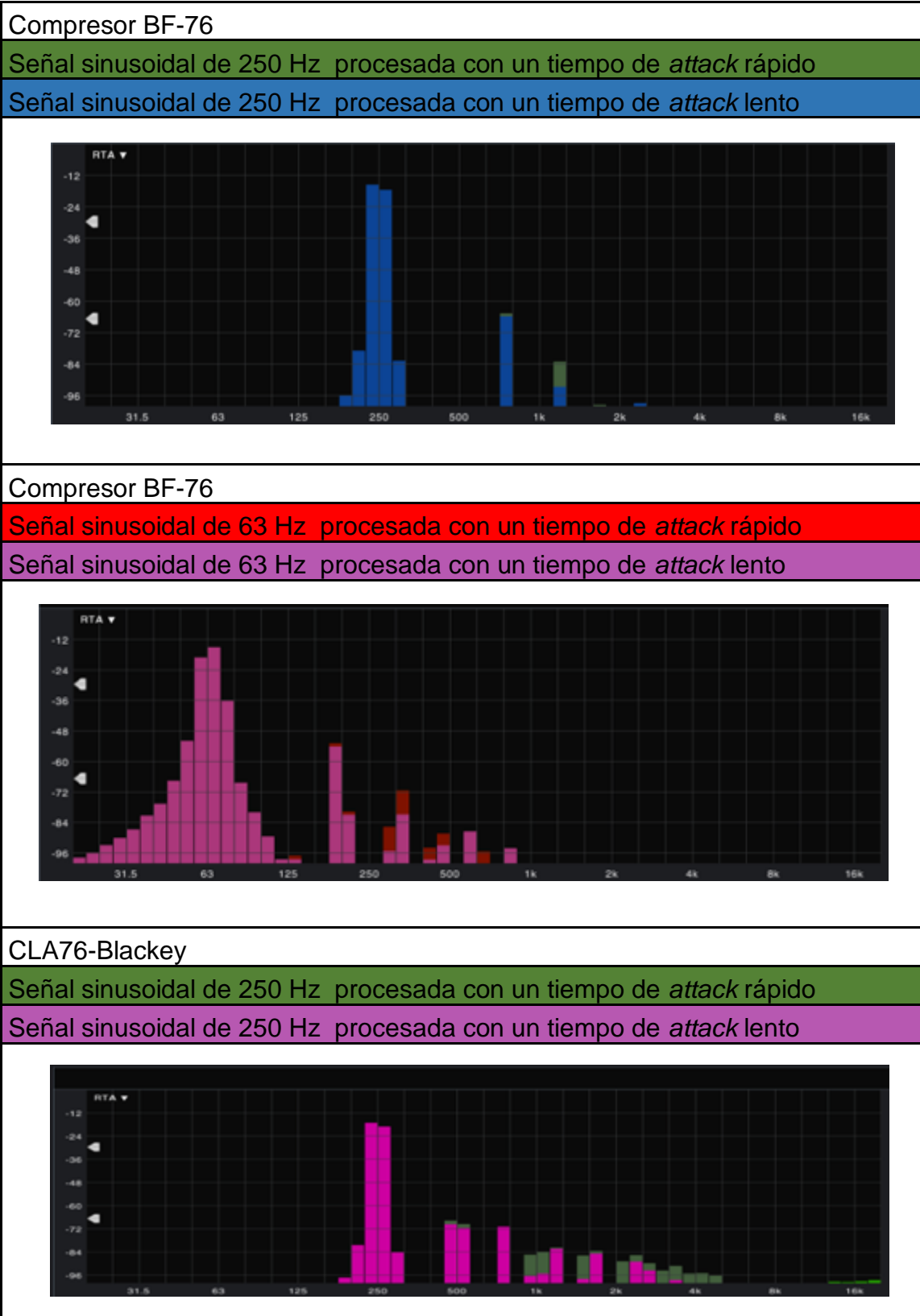
Las primeras mediciones que se realizaron, fueron para establecer cuál es el comportamiento de los armónicos del sonido procesado por los diferentes compresores, al momento de comprimir con diferentes tiempos de *attack* y *release*.

Para ello se procesaron diferentes tonos puros con tiempos de *attack* y *release* rápidos y lentos, para posteriormente hacer la comparación.

El análisis se realizó en RTA a una definición de 1/6 de Octava, por lo que es necesario hacer capturas de su comportamiento armónico y posteriormente superponer las diferentes respuestas.

Tabla 25.

RTA de señales sinusoidales comprimidas a diferentes tiempos de *attack*



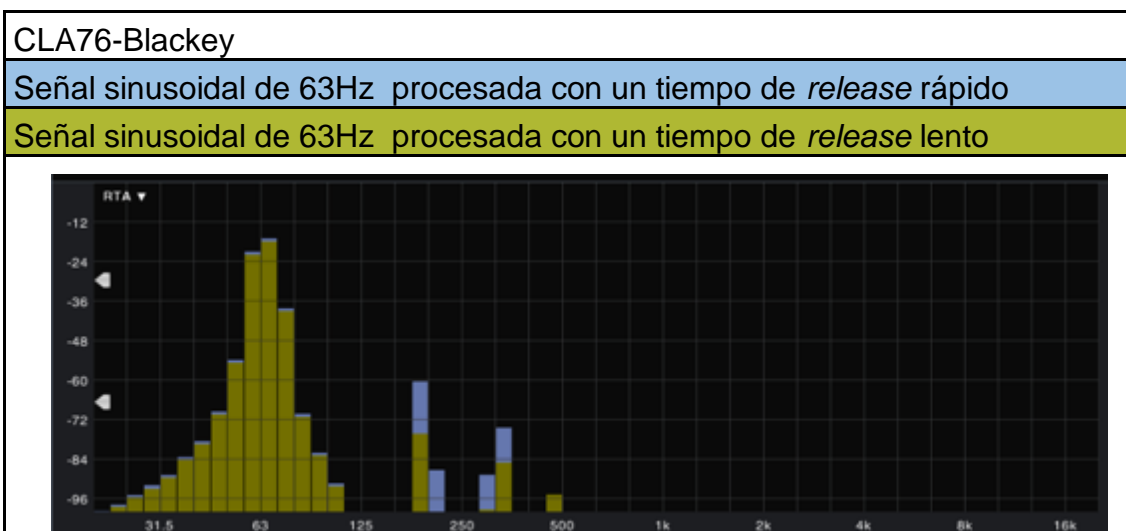


Con tiempos de *attack* más rápidos se generan una mayor cantidad de armónicos, y una mayor amplitud en nivel de los armónicos en general. Es decir que a menor tiempo de *attack* al comprimir una señal, mayor será el contenido armónico de la señal procesada.

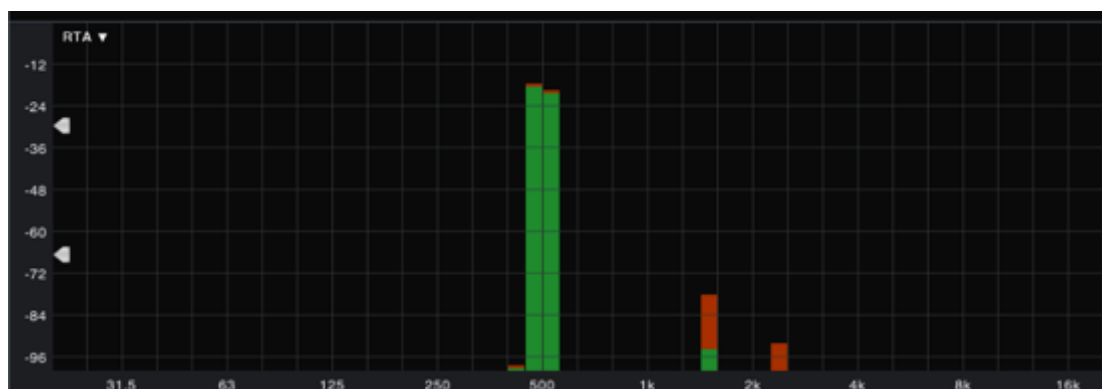
Cabe mencionar que dentro del análisis RTA, la muestra con mayor contenido armónico se puso detrás de la que tiene menor contenido armónico. Por tal motivo los armónicos que no sobresalen son aquellos que tienen el mismo nivel como se puede observar en la tabla 25.

Tabla 26.

*RTA de señales sinusoidales comprimidas a diferentes tiempos de release.*



## CLA76-Blackey

Señal sinusoidal de 500Hz procesada con un tiempo de *release* rápidoSeñal sinusoidal de 500Hz procesada con un tiempo de *release* lento

Con el tiempo de *release* ocurre exactamente lo mismo en la distorsión armónica, a valores más rápidos de *release* tendremos una mayor dispersión y nivel en los armónicos generados por el compresor; esto se puede corroborar en la tabla 26.

#### 4.1.2. Evaluación del comportamiento armónico a diferentes ratios de compresión

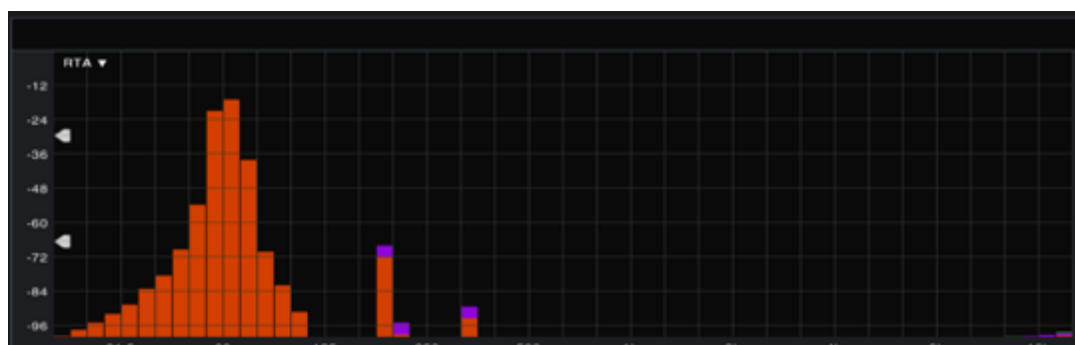
Tabla 27.

*RTA de señales sinusoidales comprimidas a diferentes ratios de compresión.*

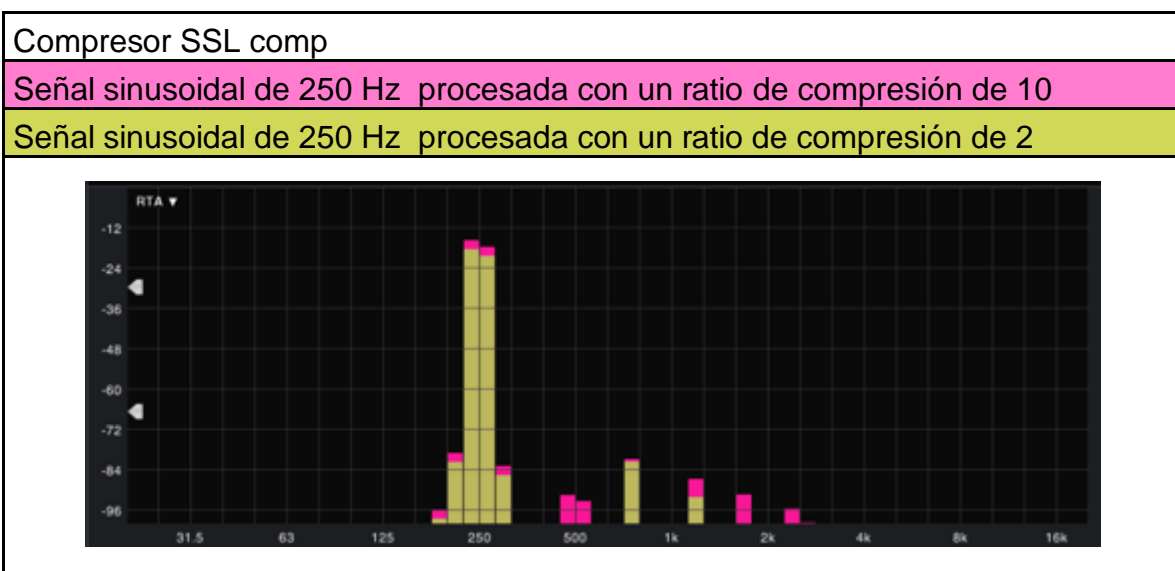
## Compresor API-2500

Señal sinusoidal de 63 Hz procesada con un ratio de compresión de 8

Señal sinusoidal de 63 Hz procesada con un ratio de compresión de 2







Como se puede observar en la tabla 27, a mayores ratios de compresión se genera una mayor dispersión y nivel en los armónicos, tal como lo podemos observar en la tabla 27.

#### 4.1.3. Análisis armónico entre compresores

Se realizó un análisis en RTA a una definición de 1/48 por octava, de tonos puros procesados con diferentes compresores, para evaluar su comportamiento armónico.

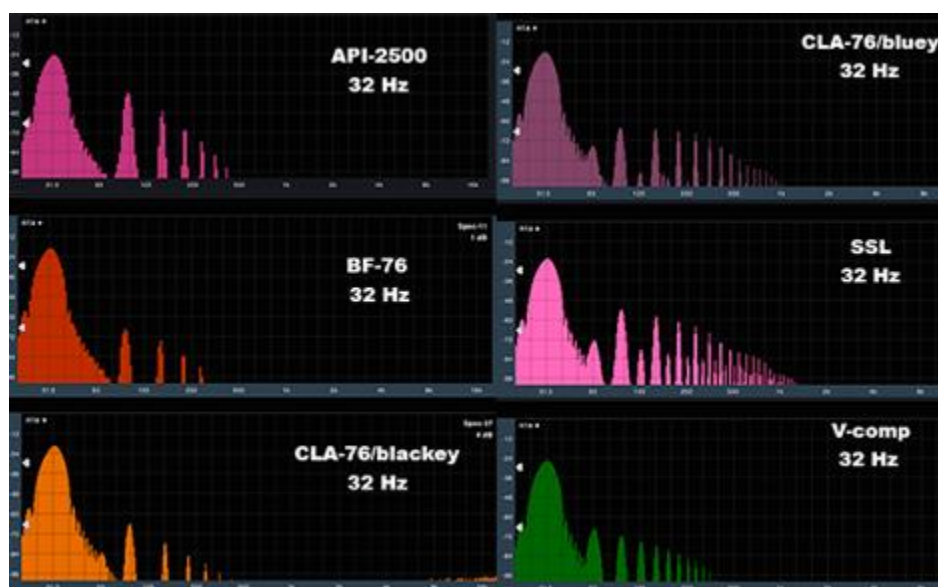


Figura 26. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 32Hz procesado con diferentes compresores.

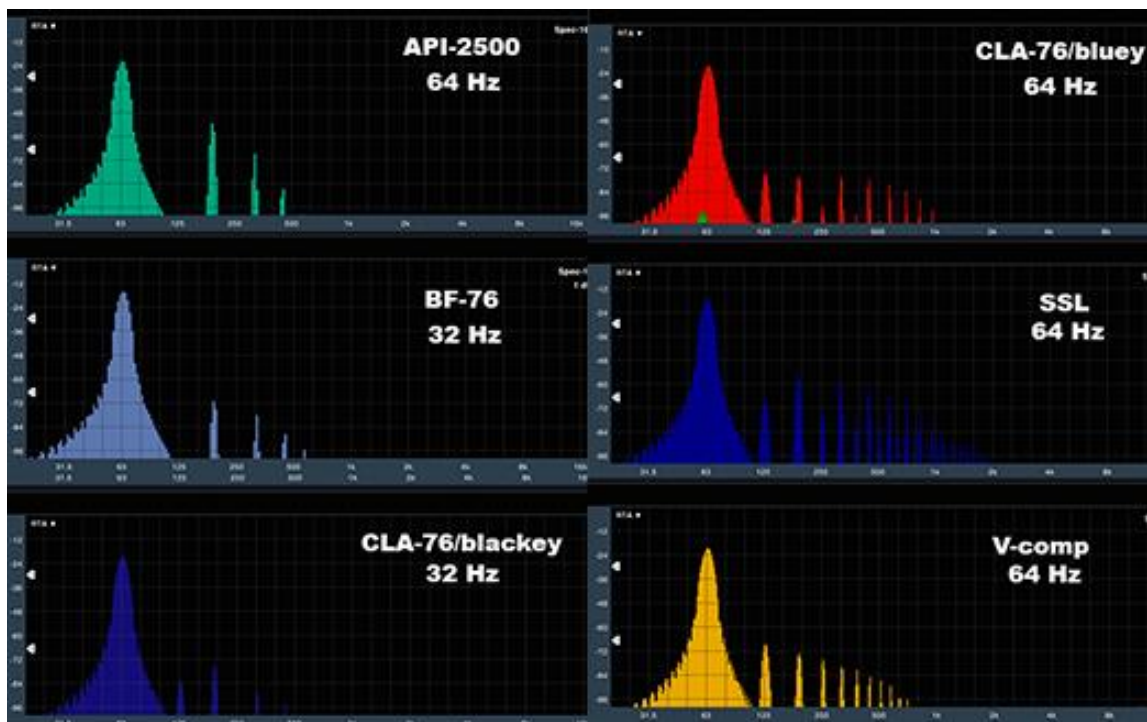


Figura 27. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 64Hz procesado con diferentes compresores.



Figura 28. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 125Hz procesado con diferentes compresores.

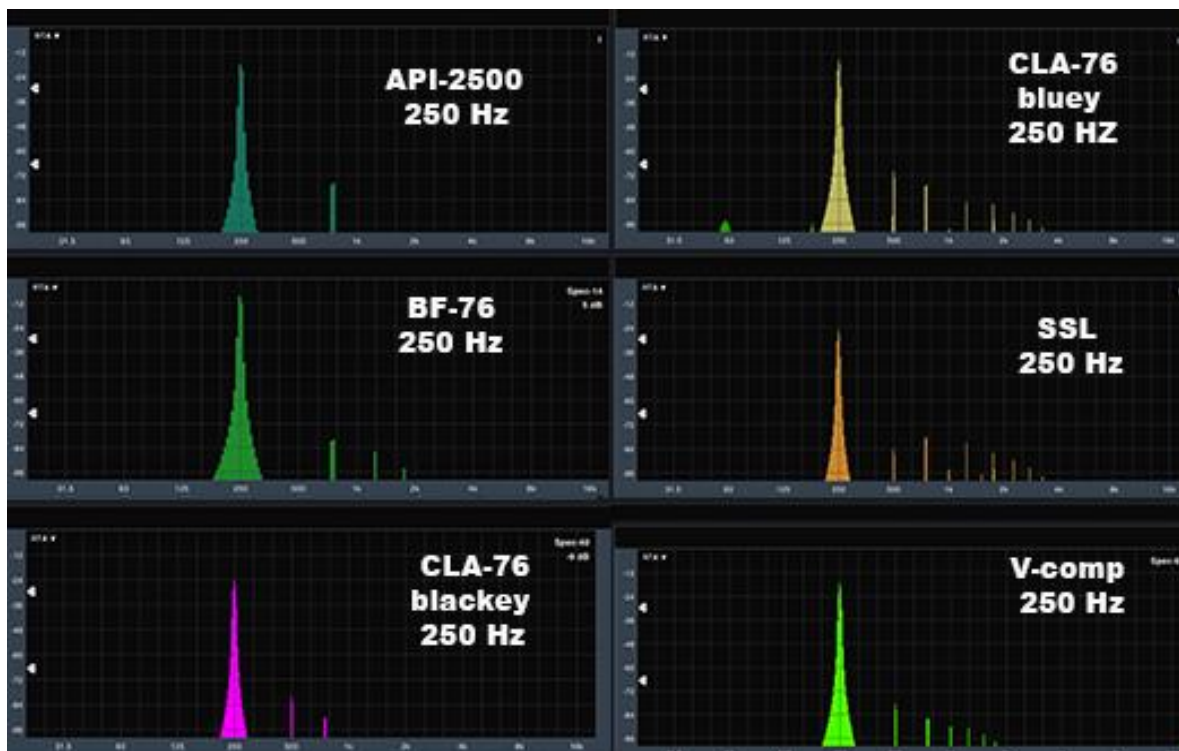


Figura 29. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 250Hz, procesado con diferentes compresores.

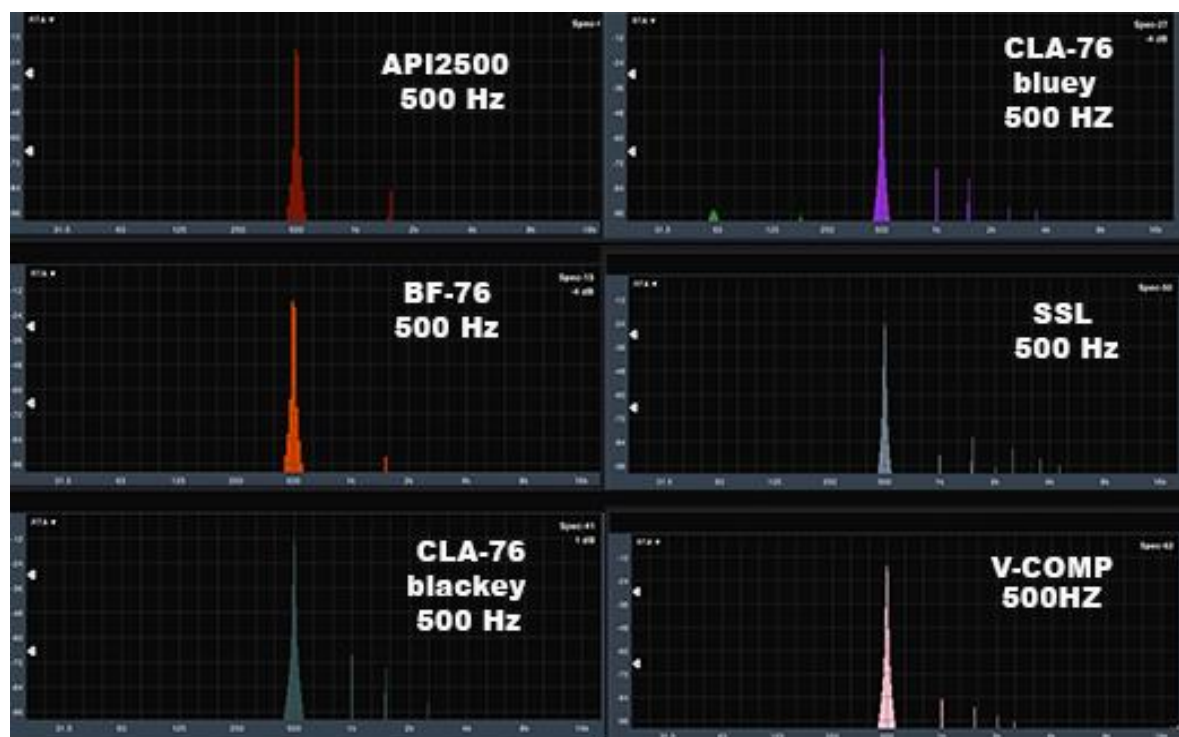


Figura 30. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 500Hz, procesado con diferentes compresores.



Figura 31. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de un tono de 1 KHz, procesado con diferentes compresores.

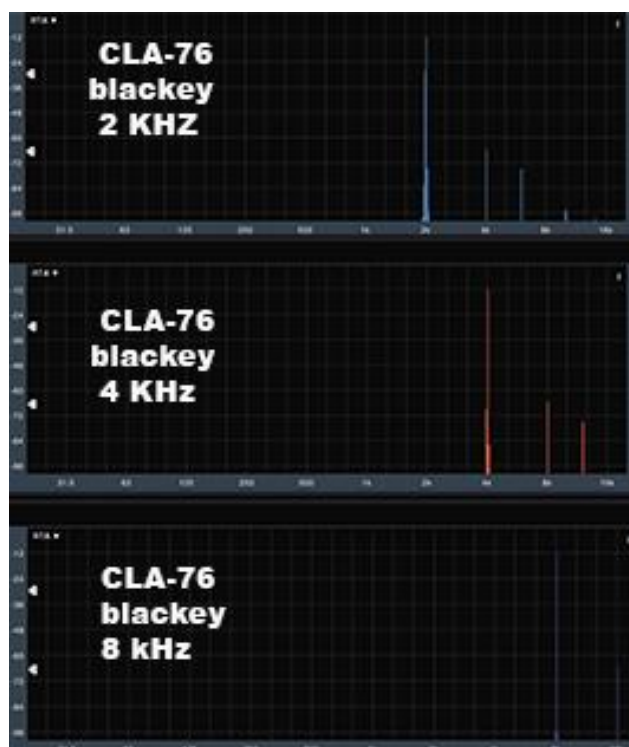


Figura 32. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de señales sinusoidales a 2,4 y 8 KHz, procesado con diferentes compresores.

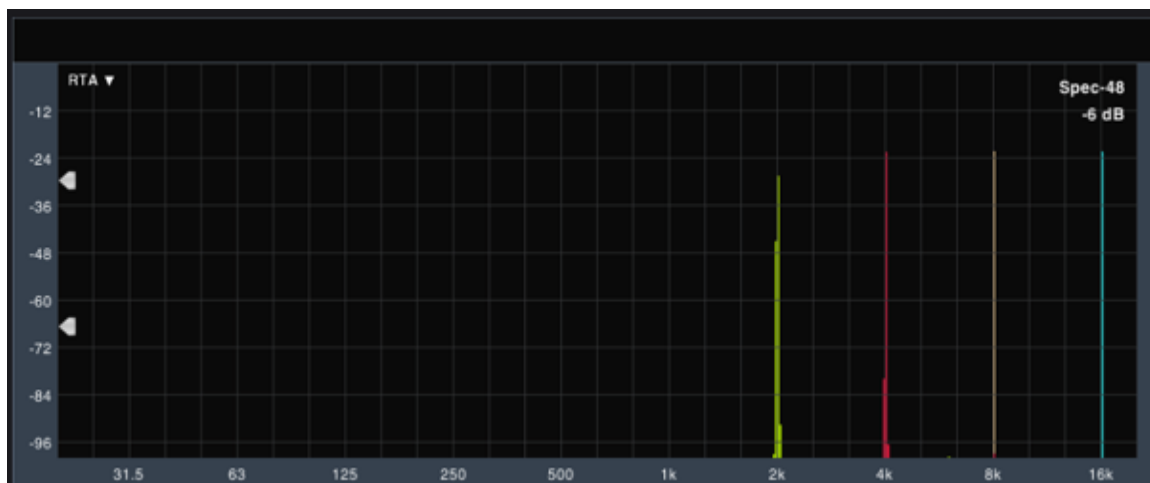


Figura 33. Análisis a tiempo real a 1/48 por octava, de señales sinusoidales a 2,4,8 y 16 KHz, procesado con el compresor SSL.

4.1.3.1. Tablas de la distribución armónica de cada compresor relacionada con rangos de frecuencias.

En planos generales, se puede observar claramente en las imágenes de los RTA, que el compresor que más armónicos genera en todo el espectro en frecuencia es el CLA-76 en su versión bluey. También es importante mencionar que el compresor SSL presenta una gran cantidad de armónicos en frecuencias bajas y medias bajas, sin embargo a partir de los 2 KHz no genera armónicos con un nivel representativo a nivel sonoro, tal como se puede observar en la figura 36.

A continuación se relaciona la distribución de los armónicos generados por cada compresor con rangos que tienen cierto efecto auditivo dentro de la mezcla.

Tabla 28.

*Rangos de frecuencias mágicas sugeridos por Bobby Owsinki*

Rango de frecuencias				
Bajas	Medias Bajas	Medias Altas	Presencia	Brillo
60Hz - 250 Hz	250Hz - 2kHz	2KHz - 4KHz	4 KHz - 6KHz	6KHz - 16KHz



SSL Comp									
Fr/nº Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	96,5	128,6	249,4	497,6	1010	2010	6000		
2	128,8	192,5	373,1	755	1510	3010			
3	161,1	256,7	497	1250	2010				
4	225,5	323,1	626	1740	2490				
5	288	384,0	872	2260	3520				
6	352,3	449,9	1130	2760	4500				
7	418,7	512	1380	3230	5500				
8	476,6	575	1620	3730	6540				
9	542	703	1870	4250					
10	609	835	2130						
11	673	965							
12	734	1080							
13	860								
14	860								
15	924								

V COMP									
Fr/nº Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	64,5	128,6	249,4	497,6	1010	2010	4010	8000	16019
2	96,5	192,5	373,1	755	1510	3010			
3	128,6	256,7	497	1010	2040				
4	159,6	323,1	626	1250	2490				
5	192,5	384,0	775	1510					
6	222,3	449,9	872	1740					
7	256,7	512	1010						
8	288	575	1130						
9	323	645							
10	352,3								

El CLA-76 es uno de los compresores que más armónicos genera en la señal procesada dentro del rango de audición humana. Este contenido armónico es mucho más evidente en su versión bluey, generando hasta el doble en cantidad armónica respecto a la versión blackey, la cual viene seleccionada por defecto en la emulación en plug-in.

Api-2500									
Fr / n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	94,4	191,1	370,5	761	1520	3030			
2	160,8	320,8	622						
3	227,1	453,2	879						
4	285,9								
5	349,7								
6	415								
Fr / n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	95,8	191,1	370,5	761	1520	3030			
2	160,8	320,8	622	1240	2480				
3	227,1	453,2	879	1750	3500				
4	285,9	570,0	1140	2270					
5	349,7	698							
6	480								
7	539								
8	604								
CLA-76/Bluey									
Fr/n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	97,9	128,6	249,4	497,6	993	2010	4010	8000	15960
2	159,6	192,5	373,1	755	1490	3010	6000	11970	
3	222,3	256,7	497	1250	2490	4980	10014	12140	
4	288	323,1	626	1740	3520	7030	14020		
5	352,3	384,0	872	2260			17910		
6	418,7	449,9	1130	2760					
7	476,6	512	1380	3230					
8	542	575	1620	3730					
9	609	703	1870						
10	673	835	2130						
11	734	965							
12	860	1080							
13	860								
14	924								
15	993								
CLA-76/Blackey									
Fr/n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000



1	96,5	128,6	249,4	497,6	993	2010	4010	8000	15960
2	159,6	192,5	373,1	755	1490	3010	6000	11970	
3	222,3	256,7	497	1250		4980	10014		
4	288	323,1	626						
5	352,3	384,0							
6	418,7								
7	476,6								
SSL Comp									
Fr/n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	96,5	128,6	249,4	497,6	1010	2010	6000		
2	128,8	192,5	373,1	755	1510	3010			
3	161,1	256,7	497	1250	2010				
4	225,5	323,1	626	1740	2490				
5	288	384,0	872	2260	3520				
6	352,3	449,9	1130	2760	4500				
7	418,7	512	1380	3230	5500				
8	476,6	575	1620	3730	6540				
9	542	703	1870	4250					
10	609	835	2130						
11	673	965							
12	734	1080							
13	860								
14	860								
15	924								
V COMP									
Fr/n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	64,5	128,6	249,4	497,6	1010	2010	4010	8000	16019
2	96,5	192,5	373,1	755	1510	3010			
3	128,6	256,7	497	1010	2040				
4	159,6	323,1	626	1250	2490				
5	192,5	384,0	775	1510					
6	222,3	449,9	872	1740					
7	256,7	512	1010						
8	288	575	1130						

La emulación del compresor SSL, presenta una gran cantidad de armónicos en frecuencias medias bajas, incluso más que el CLA-76/bluey, sin embargo su sonido a partir de los 10000Hz es bastante limpio.

Es importante considerar que el CLA-76 genera importantes armónicos sobre los 6KHz, que dentro de la música puede servir para aportar brillo a un instrumento.

#### 4.1.4. Distribución armónica de compresores relacionados con recomendaciones de mezcla de bombo y caja.

El realizar una evaluación de la distribución armónica de los compresores mediante tonos puros en todo el espectro de escucha, permite tener una referencia de su comportamiento sonoro, para poderlo relacionar con recomendaciones de mezcla para bombos y cajas.

##### 4.1.4.1. Evaluación de la distribución armónica de compresores, relacionados con recomendaciones de mezcla para caja.

Tabla 30.

*Relación entre distribución de armónicos y efecto sonoro en caja.*

Rango de frecuencias		
Cuerpo-peso	<i>attack</i>	bordona
60Hz - 250 Hz	250Hz - 2kHz	4 KHz - 6KHz

El V-comp es el compresor que genera mayor cantidad de armónicos dentro del rango que le aporta más cuerpo a una caja, mientras que el CLA-76/bluey es el que mayor sonoridad entrega en el rango de *attack* de este instrumento, y por último se pudo establecer que tanto el SSL, como el CLA-76 en sus dos versiones generan la mayor riqueza armónica dentro del rango en donde se encuentra el sonido de la bordona.

Tabla 31.

*Relación entre distribución de armónicos y efecto sonoro en bombo.*

Bombo	
Cuerpo-peso	attack
60Hz – 100 Hz	3kHz – 5kHz

Api-2500									
HZ/nº Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	94,4	191,1	370,5	761	1520	3030			
2	160,8	320,8	622						
3	227,1	453,2	879						
4	285,9								
5	349,7								
6	415								
BF-76									
Fr/nº Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	95,8	191,1	370,5	761	1520	3030			
2	160,8	320,8	622	1240	2480				
3	227,1	453,2	879	1750	3500				
4	285,9	570,0	1140	2270					
5	349,7	698							
6	480								
7	539								
8	604								
CLA-76/Bluey									
Fr/nº Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	97,9	128,6	249,4	497,6	993	2010	4010	8000	15960
2	159,6	192,5	373,1	755	1490	3010	6000	11970	
3	222,3	256,7	497	1250	2490	4980	10014	12140	
4	288	323,1	626	1740	3520	7030	14020		
5	352,3	384,0	872	2260			17910		
6	418,7	449,9	1130	2760					

7	476,6	512	1380	3230					
8	542	575	1620	3730					
9	609	703	1870						
10	673	835	2130						
11	734	965							
12	860	1080							
13	860								
14	924								
15	993								
CLA-76/Blackey									
Fr/n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	96,5	128,6	249,4	497,6	993	2010	4010	8000	15960
2	159,6	192,5	373,1	755	1490	3010	6000	11970	
3	222,3	256,7	497	1250		4980	10014		
4	288	323,1	626						
5	352,3	384,0							
6	418,7								
7	476,6								
SSL Comp									
Fr/n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	96,5	128,6	249,4	497,6	1010	2010	6000		
2	128,8	192,5	373,1	755	1510	3010			
3	161,1	256,7	497	1250	2010				
4	225,5	323,1	626	1740	2490				
5	288	384,0	872	2260	3520				
6	352,3	449,9	1130	2760	4500				
7	418,7	512	1380	3230	5500				
8	476,6	575	1620	3730	6540				
9	542	703	1870	4250					
10	609	835	2130						
11	673	965							
12	734	1080							
13	860								
14	860								
15	924								
V COMP									
Fr/n° Arm	32	64	125	250	500	1000	2000	4000	8000

1	64,5	128,6	249,4	497,6	1010	2010	4010	8000	16019
2	96,5	192,5	373,1	755	1510	3010			
3	128,6	256,7	497	1010	2040				
4	159,6	323,1	626	1250	2490				
5	192,5	384,0	775	1510					
6	222,3	449,9	872	1740					
7	256,7	512	1010						
8	288	575	1130						
9	323	645							
10	352,3								

Tal como se muestra en la tabla 31; el V-comp es el único compresor entre los evaluados que genera un armónico importante en la frecuencia de 64Hz, este es un indicio de que este compresor puede aportar en la sonoridad del cuerpo dentro del bombo, mientras que el CLA-76/bluey junto con el SSL son los que mayor sonoridad entregan en el rango de *attack* de este instrumento y por último se pudo establecer que tanto el SSL, como el CLA-76 en sus dos versiones generan la mayor riqueza armónica dentro del rango en donde se encuentra el sonido de la bordona.

4.1.5. Evaluación de la distribución armónica por medio de análisis de espectro de las señales procesadas.

La forma más adecuada de analizar el comportamiento armónico de una señal procesada, es por medio de un análisis de espectro en frecuencias, ya que nos entrega una imagen en la que se puede observar claramente la dispersión armónica y su energía sonora en las diferentes bandas de octava.

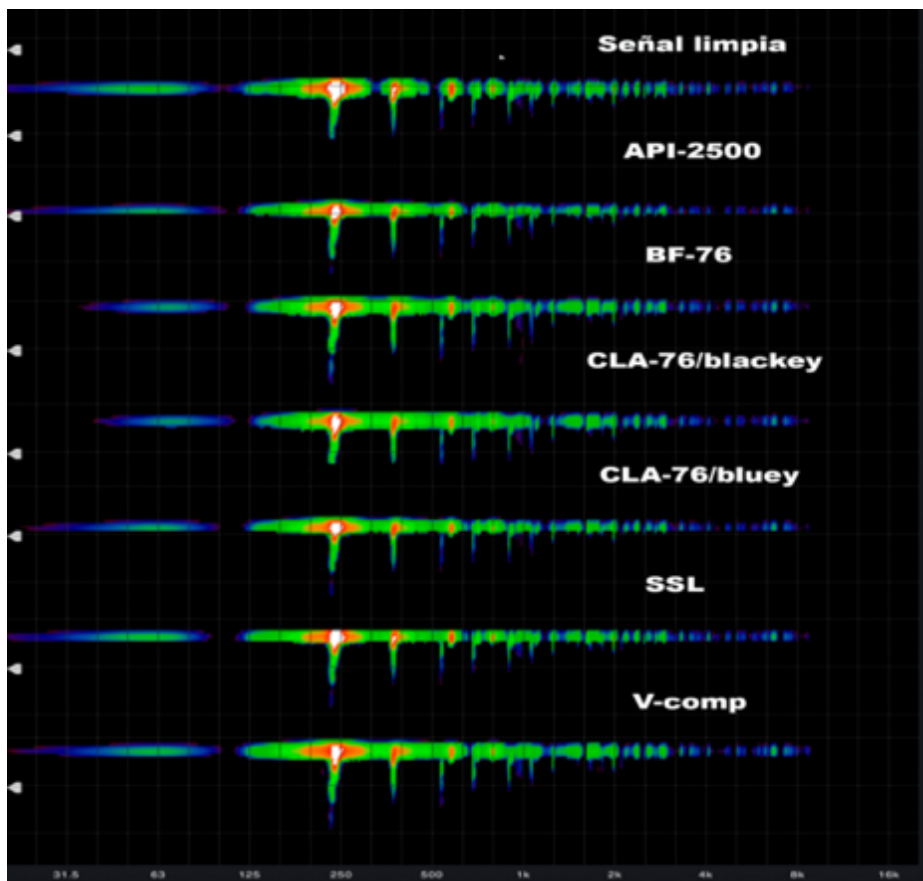


Figura 34. Análisis de espectro, de muestras de caja sin bordona en afinación aguda.

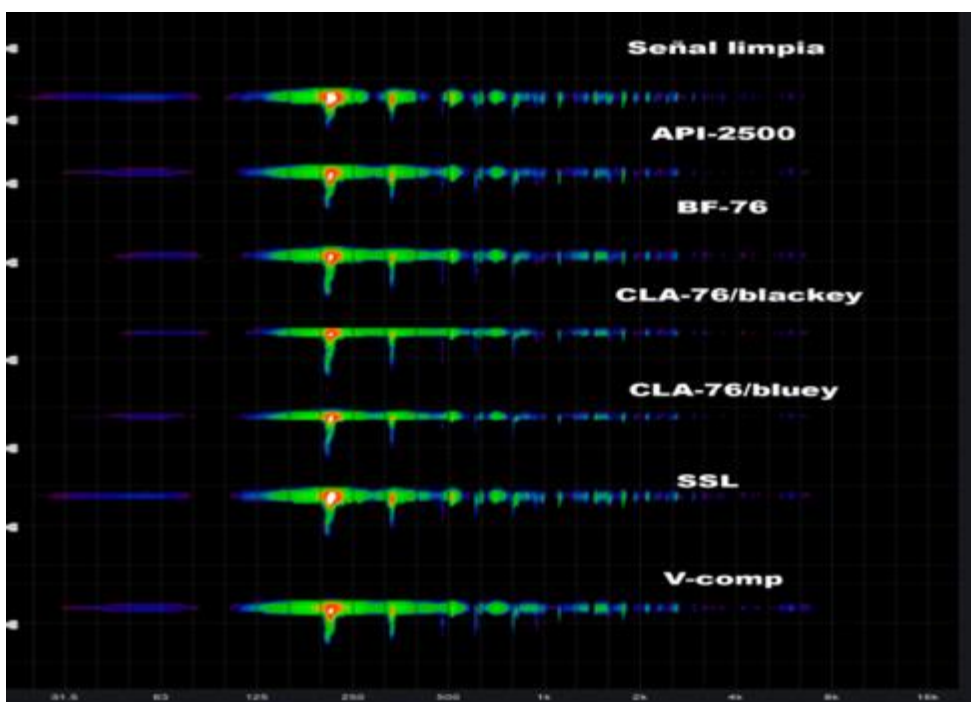


Figura 35. Análisis de espectro, de muestras de caja sin bordona en afinación media.

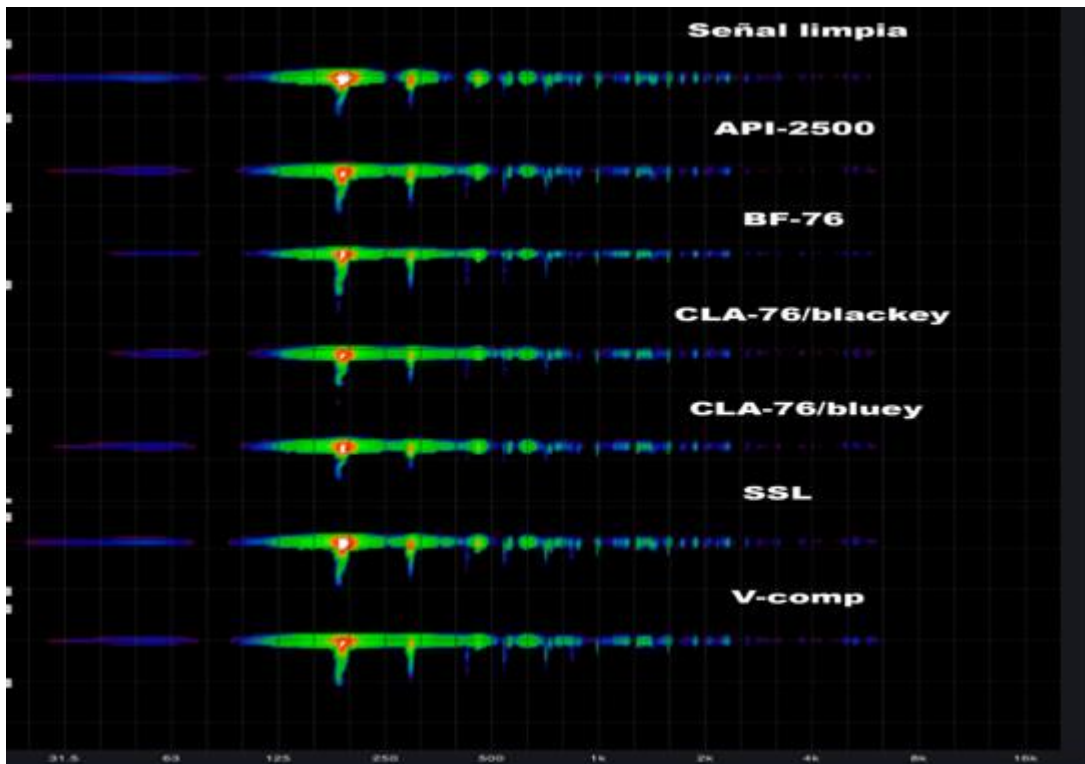
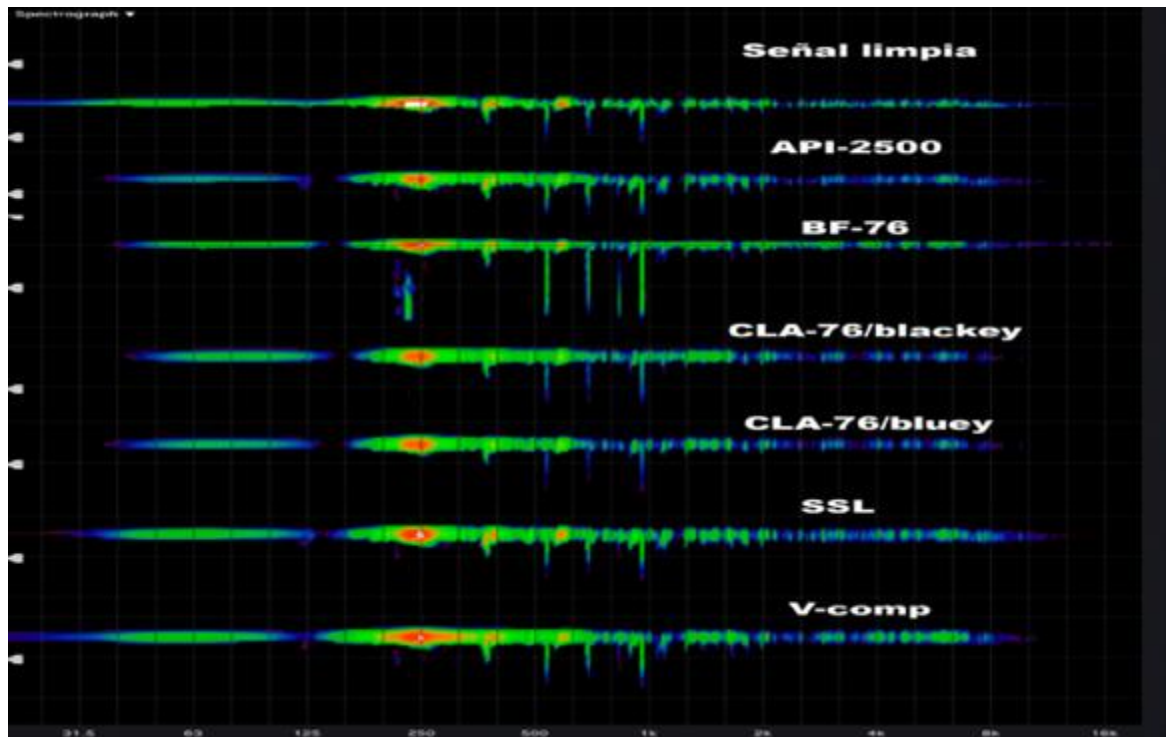


Figura 36. Análisis de espectro, de muestras de caja sin bordona en afinación grave.

- Los análisis de espectro mostrados en la figura 37, corresponden a tres evaluaciones de cajas sin bordona con diferentes afinaciones, agudo, medio y grave respectivamente.
- Al hacer una comparación general entre el comportamiento de los compresores respecto a la afinación de la caja, se puede observar el cambio en el comportamiento del compresor CLA-blackey, el cual no tiene sus armónicos bien definidos en los procesamientos con la caja afinada en agudo y medio, sin embargo en la afinación grave, presenta un comportamiento armónico realmente bueno, muy similar al de su versión bluey. Un caso muy similar ocurre con el compresor SSL, ya que su sonido en cajas afinadas en un tono agudo esta poco definido en bajas frecuencias.

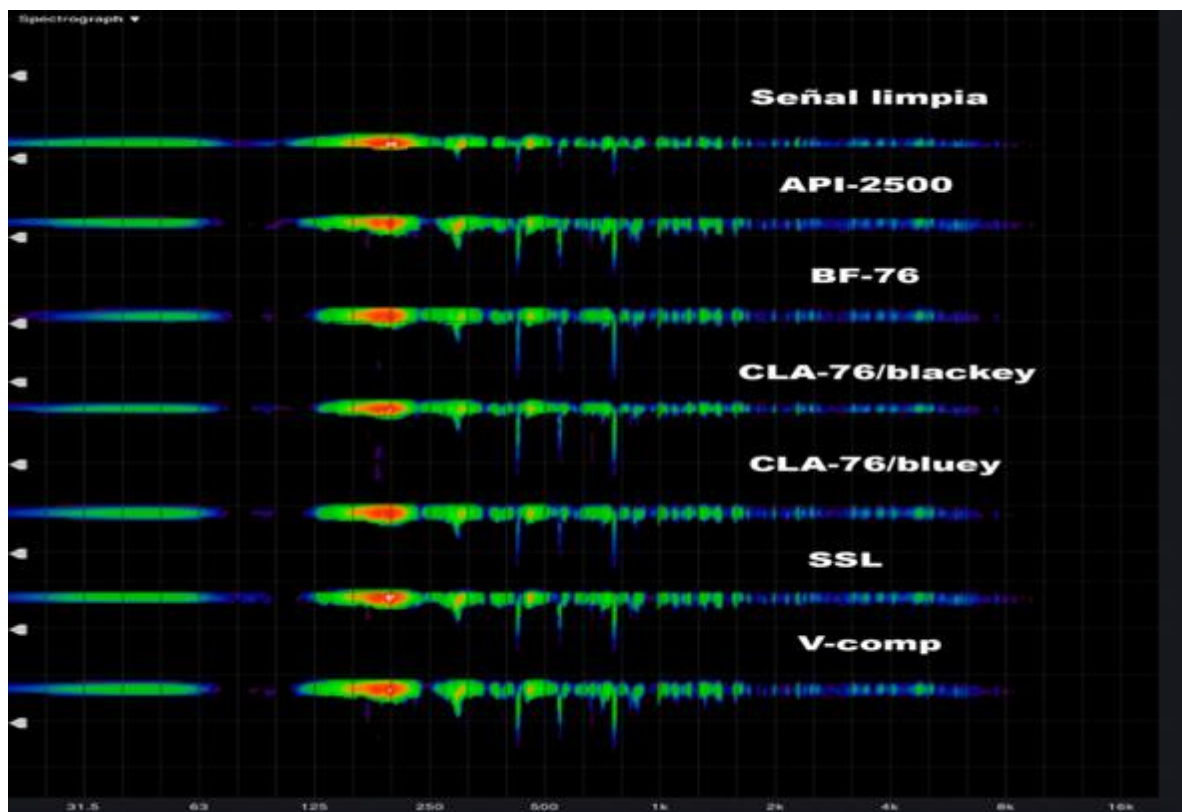
- Se puede observar claramente en los análisis, que el compresor que mayor riqueza armónica presenta es el V-comp, sin embargo sus armónicos fundamentales están poco definidos, esto se puede deducir al relacionar el espectro de la señal procesada con la señal original.
- El compresor SSL tiene un comportamiento muy similar al CLA-76 en sus dos versiones, a nivel de energía en sus armónicos, sin embargo el SSL focaliza de mejor manera la frecuencia fundamental de la caja.
- Y cabe mencionar que el BF-76 es el compresor más estable en su comportamiento armónico al momento de usar una caja indeterminada; es decir, que su comportamiento es aceptable independientemente de la caja que se use o la afinación que se le otorgue.

*Figura 37.* Análisis de espectro, de muestras de caja con bordona en afinación aguda.





*Figura 38.* Análisis de espectro, de muestras de caja con bordona en afinación media.



*Figura 39.* Análisis de espectro, de muestras de caja con bordona en afinación grave.

El compresor BF-76 al comprimir una caja con bordona afinada en un tono agudo, genera cuadro armónicos de primer orden con una intensidad importante de considerar. Tales armónicos se encuentran en el rango que genera mayor ataque en el sonido de la caja entre 250Hz y 2KHz como podemos observar en la figura 39.

Dentro del análisis se puede observar de igual manera que el compresor V-comp, genera una mayor intensidad sonora en el rango de 4 KHz a 6 KHz, respecto a los demás compresores, es decir genera una mayor cantidad de armónicos que aportan sonoridad en la bordona de la caja.

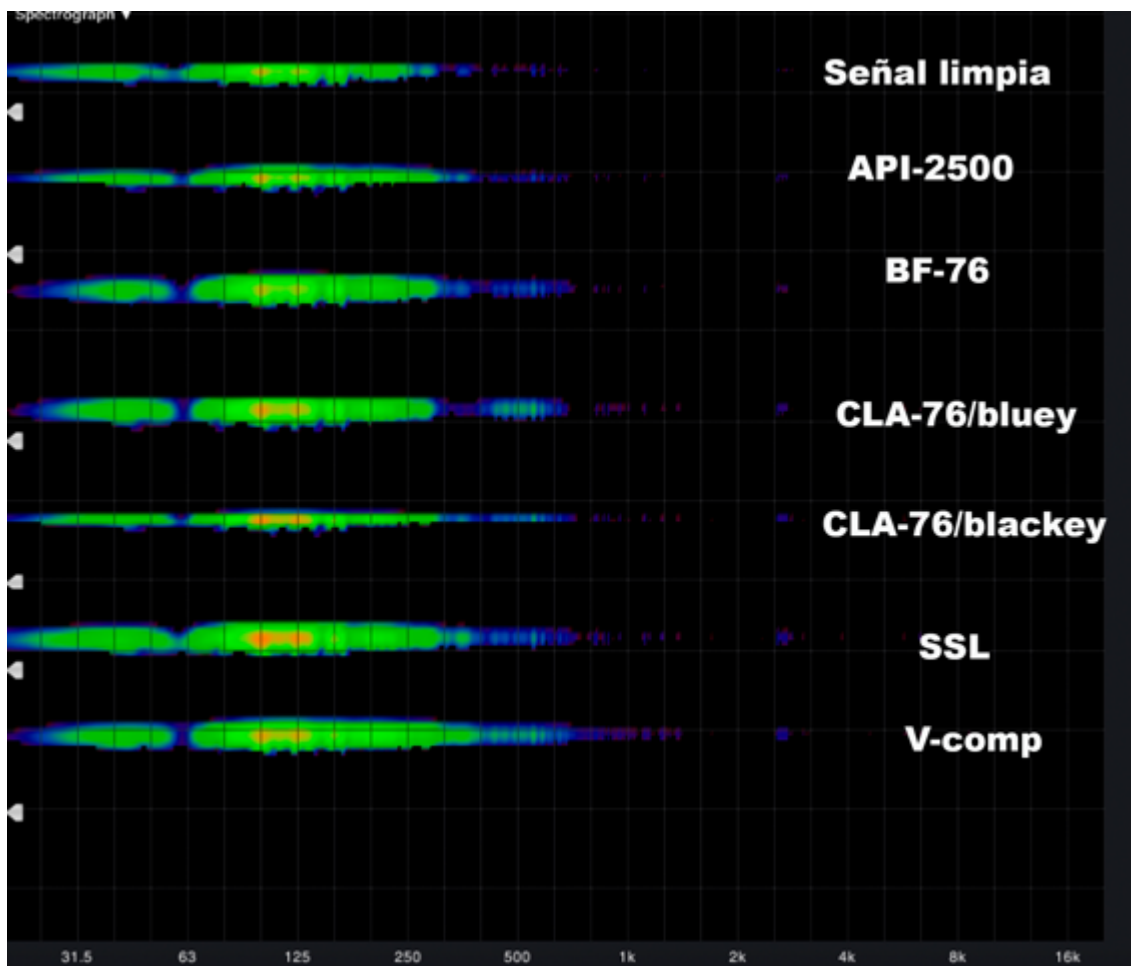
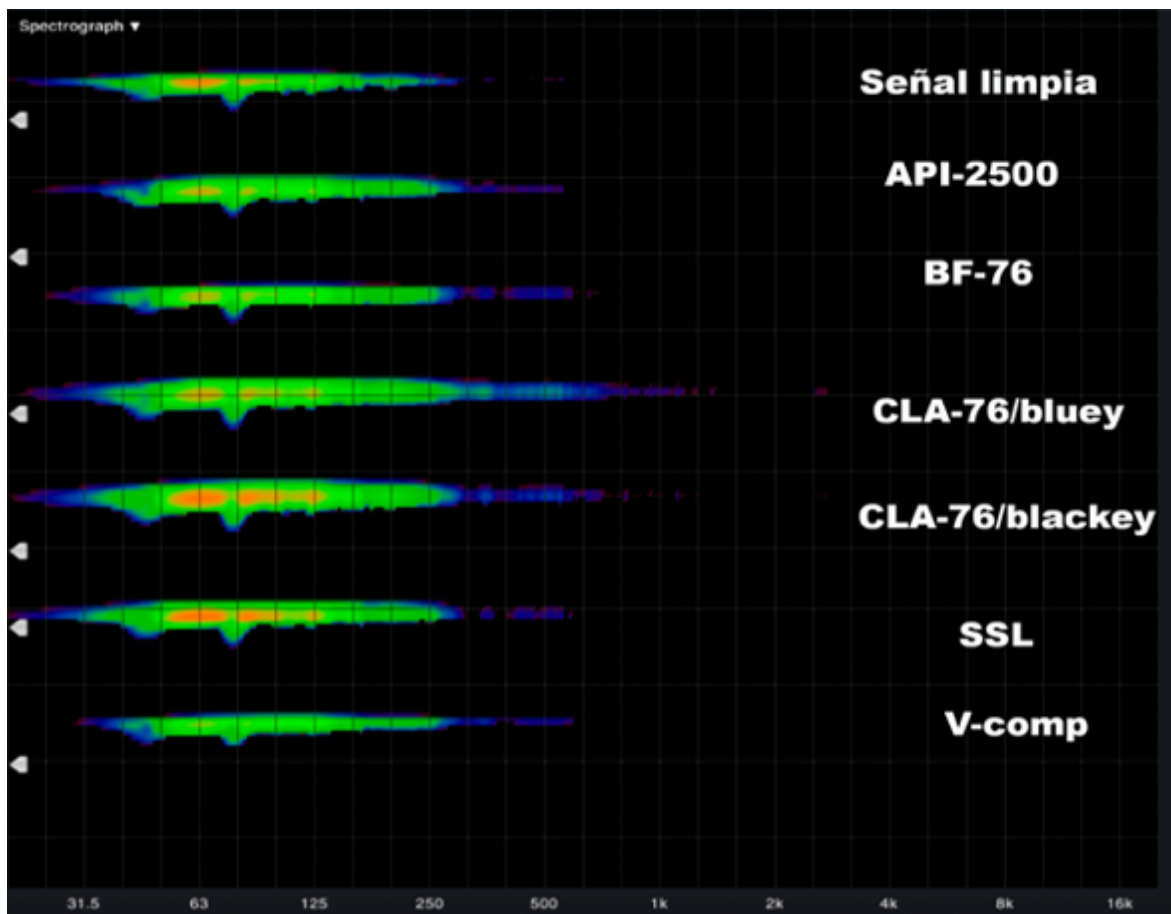


Figura 41. Análisis de espectro, de muestras de bombo grabado con un micrófono AKG D112.

Tomando en consideración el rango de 60 a 100Hz, los compresores que generan un sonido de bombo más redondo y con más cuerpo según los análisis de espectrograma son el BF-76, el SSL y el V-comp.

Así mismo se puede observar en la figura 40, que los compresores que generan un sonido más limpio en comparación con la señal sin procesamiento son el API-2500 y el BF-76.

Tomando en consideración el rango de tres a 5 Hz, los compresores que aportan armónicos considerables en el ataque del bombo según los análisis de espectrograma son el SSL, CLA-76, y el V-comp.



*Figura 42.* Análisis de espectro, de muestras de bombo grabado con un micrófono AKG D112 más un SubKick.

Como se evidencia en la figura 41, los compresores que tienen una mejor respuesta armónica en baja frecuencia son el CLA-76 en sus dos versiones y el SSL, sin embargo el CLA-76 genera una gran cantidad de nuevos armónicos en el rango de 240 a 1500HZ, los cuales pueden generar una sonoridad poco definida, ya que este rango de frecuencias para un bombo puede ensuciar la mezcla y generar un sonido abombado.

#### 4.1.6. Fichas técnicas

En base a las evaluaciones de cada compresor, se presentan fichas técnicas, con información relevante de las cualidades sonoras de cada uno de ellos.

Fichas Técnicas					
<b>API-2500</b>					
Rango de frecuencias					
	Bajas	Medias Bajas	Medias Altas	Presencia	Brillo
<b># Armónicos importantes</b>	4	10	1	0	0
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	0,003 - 30 (seg)	Compresor con coloración en frecuencias medias-bajas,			
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	0,05 - 2 (seg)	sumamente limpio en frecuencias altas			
Ratios de Compresión:	1,5-2-3-4-6-10	recomendado para guitarras o voces en las que no se busque mayor coloración armónica			
<b>BF-76</b>					
Rango de frecuencias					
	Bajas	Medias Bajas	Medias Altas	Presencia	Brillo
<b># Armónicos importantes</b>	4	17	4	0	0
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	0,004 - 0,57 (seg)	Compresor con coloración en frecuencias medias-bajas,			
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	0,6 - 1,1 (seg)	sumamente limpio en frecuencias altas			
Ratios de Compresión:	4 - 8 - 12 - 20	buen procesamiento de transientes rápidas y genera una coloración moderada recomendado para <i>kick</i> y <i>snare</i>			
<b>CLA-76/Bluey</b>					
Rango de frecuencias					
	Bajas	Medias Bajas	Medias Altas	Presencia	Brillo
<b># Armónicos importantes</b>	6	34	9	3	8
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	0,000005-0,001 (seg)	Genera una coloración elevada en frecuencias medias-bajas, así como importantes armónicos			
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	0,05 - 1 (seg)	en frecuencias medias-altas y altas			
Ratios de Compresión:	4-8-12-20	excelente procesamiento de las transientes de instrumentos percutivos			
<b>CLA-76/Blackey</b>					
Rango de frecuencias					
	Bajas	Medias Bajas	Medias Altas	Presencia	Brillo
<b># Armónicos importantes</b>	6	15	2	3	4
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	0,000005-0,001 (seg)	Genera una coloración elevada en frecuencias medias-bajas,			
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	0,05 - 1 (seg)	excelente procesamiento de transientes rápidas			
Ratios de Compresión:	4-8-12-20	recomendado para <i>kick</i> y <i>snare</i> o <i>bass</i>			
<b>SSL Comp</b>					
Rango de frecuencias					
	Bajas	Medias Bajas	Medias Altas	Presencia	Brillo
<b># Armónicos importantes:</b>	7	35	10	3	2
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):	0,001 - 0,03 (seg)	Genera una coloración elevada en frecuencias medias			
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	0,1 - 1,2 (seg)	excelente procesamiento de transientes rápidas			
Ratios de Compresión:	2/4/10	recomendado para <i>kick</i> y <i>snare</i>			
<b>V-comp</b>					
Rango de frecuencias					
	Bajas	Medias Bajas	Medias Altas	Presencia	Brillo
<b># Armónicos importantes:</b>	9	26	4	1	2
Rango (tiempo de <i>attack</i> ):		Genera una coloración alta en frecuencias medias bajas y bajas			
Rango (tiempo de <i>release</i> ):	0,4 - 0,8 (seg)	su tiempo de <i>attack</i> es modificable unicamente cuando el compresor esta en modo limitador			
Ratios de Compresión:	1,5-2-3-4-6				

Figura 43. Fichas Técnicas para los compresores: API-2500, BF-76, CLA-76, SSL y el Vcomp.

## 4.2. Resultados de las encuestas auditivas

Con el fin de relacionar la percepción auditiva con los datos técnicos obtenidos, se realizaron encuestas auditivas a ingenieros en sonido y productores musicales, que tengan experiencia en el uso de compresores de rango dinámico y un entrenamiento auditivo previo en su preparación profesional.

### 4.2.1. Salud auditiva de los encuestados

Es importante considerar la salud auditiva de los encuestados, para poder reducir el margen de error entre los datos obtenidos, y así entregar resultados más confiables.

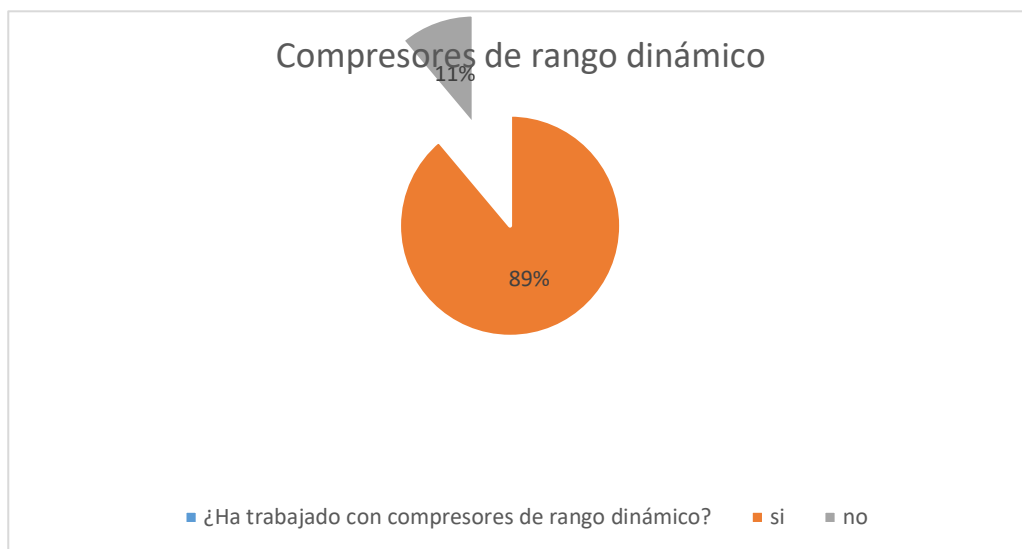


Figura 44. Resultados de encuestas respecto a las afecciones auditivas.

Entre los cuarenta y cinco encuestados, ninguno presentaba alguna afección o enfermedad auditiva de la cuál este consciente.

### 4.2.2. Encuesta de preguntas generales respecto a compresores

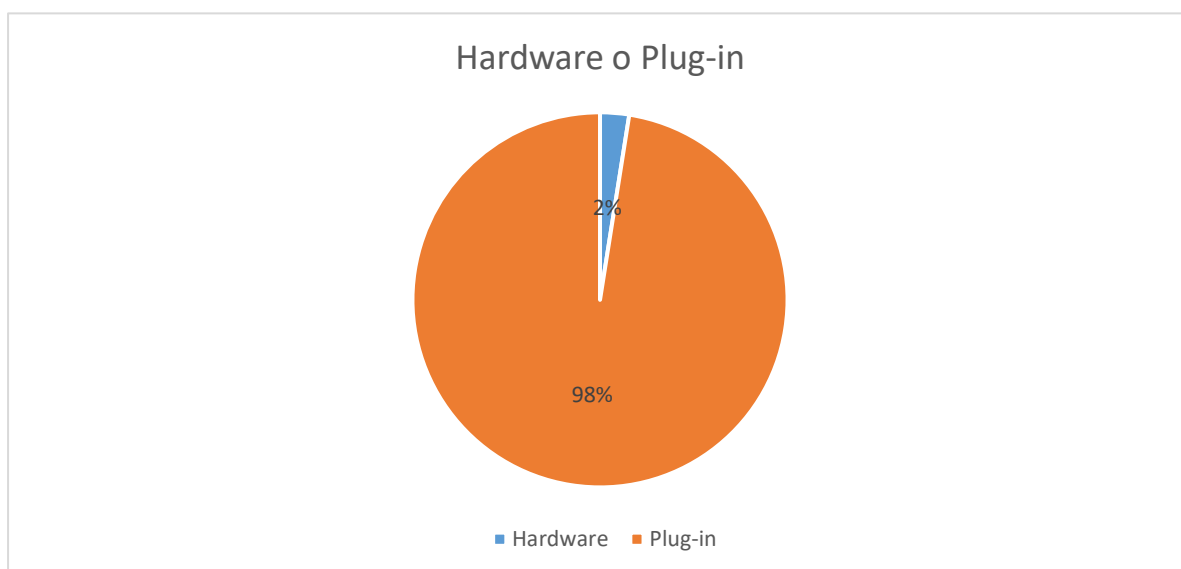
Es importante considerar en primera instancia, únicamente a las personas que han trabajado con compresores de rango dinámico, ya que solo ellos pueden tener un criterio relevante dentro de la encuesta auditiva.



*Figura 45.* Resultados respecto al porcentaje de encuestados que han trabajado con compresores.

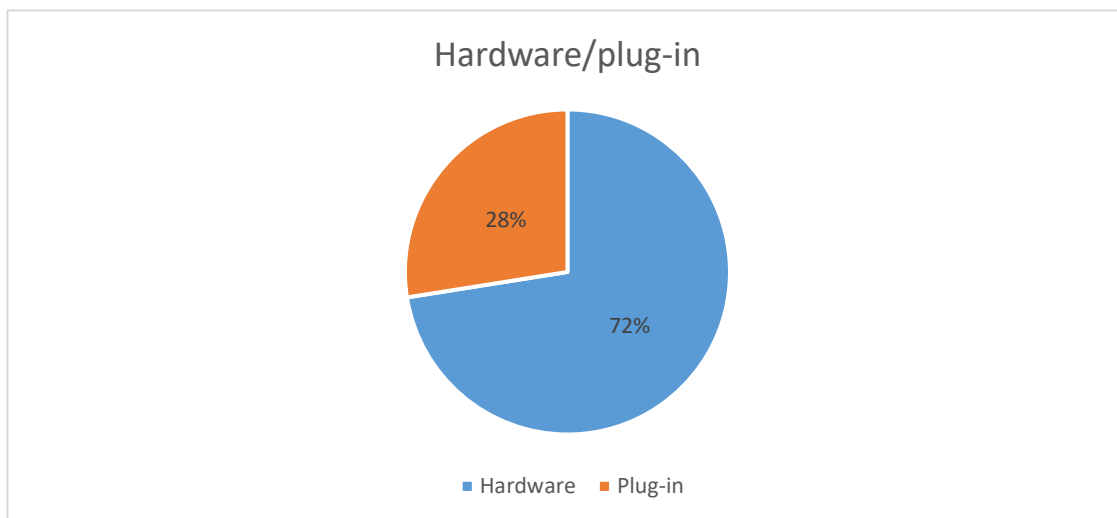
Del total de encuestados, únicamente cuarenta habían trabajado con este tipo de procesadores. Por tal motivo las cinco encuestas restantes no fueron tomadas en cuenta.

¿La mayor parte de veces que ha utilizado este tipo de procesadores, han sido en dispositivos análogos en hardware, o en su versiones de compresores en plug-in?



*Figura 46.* Resultados respecto al tipo de compresores que son más usados en nuestro medio.

De haber trabajado con compresores tanto en hardware como en plug-in:  
¿Tiene alguna preferencia entre estas dos versiones?



*Figura 47. Resultados respecto a la preferencia sonora respecto a compresores plug-in y compresores analógicos en hardware.*

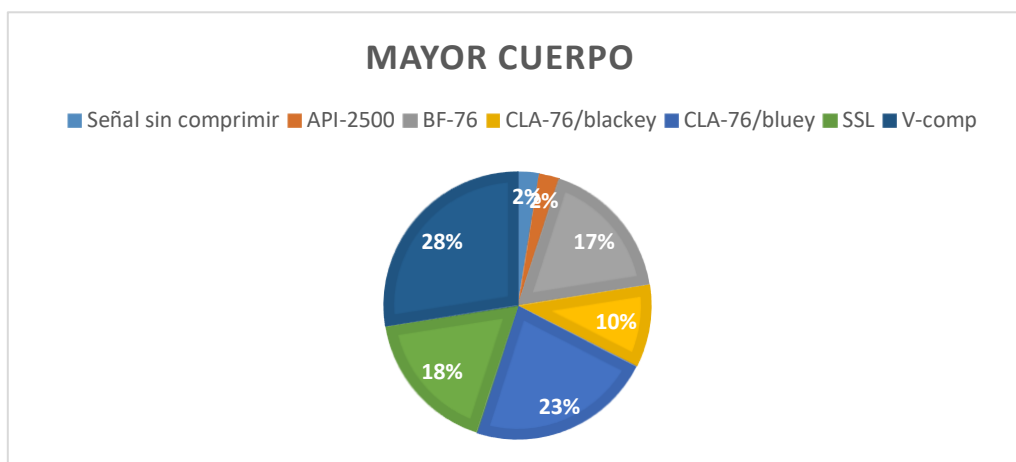
Un 98% de los encuestados utilizan más los compresores en sus versiones en plug-in que en sus versiones en hardware, esto se debe al amplio margen de costos entre estas dos versiones de compresores. Sin embargo el mayor porcentaje de encuestados prefieren el sonido de los compresores analógicos en hardware. Por tal motivo para esta investigación se seleccionaron plug-ins que emulen la sonoridad de compresores analógicos afamados dentro de la Industria musical discográfica.

¿Conoce el nombre de algún desarrollador de plug-ins? *Figura 47. Resultados respecto a los desarrolladores de plug-ins más conocidos.*

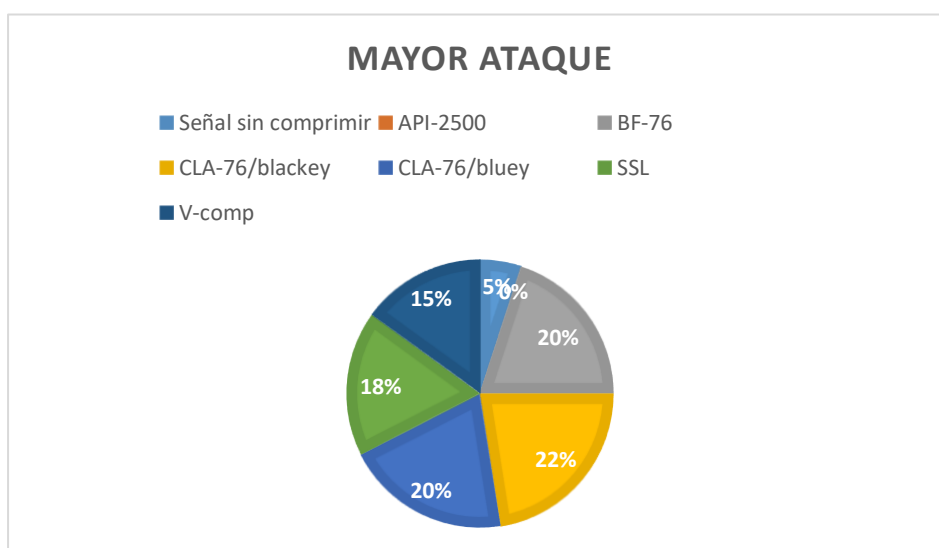
#### 4.2.3. Encuesta de preferencias auditivas respecto a compresores

4.2.3.1. Encuesta de cualidades sonoras para el procesamiento de caja sin bordona.

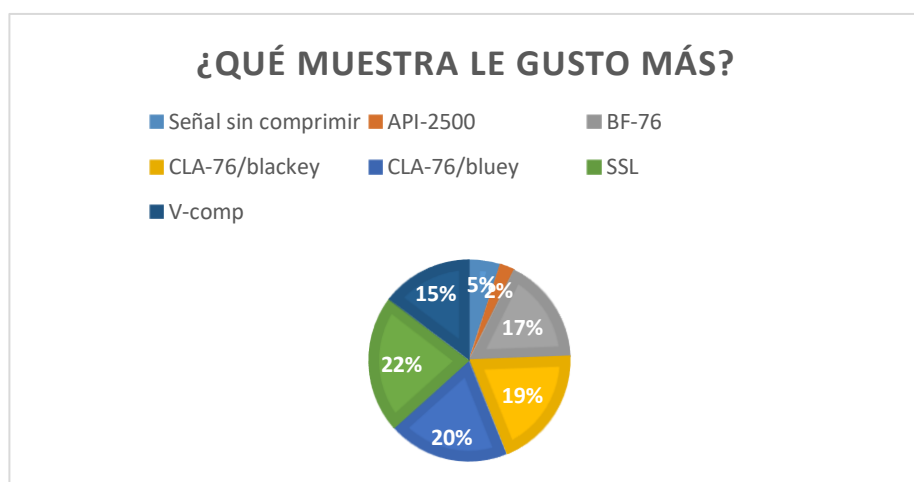
Encuesta para muestra de caja sin bordona, afinada en un tono medio, estándar.



*Figura 40.* Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas sin bordona.



*Figura 41.* Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas sin bordona.



*Figura 50.* Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas sin bordona.



Según los datos de las encuestas mostrados en la figura 47, los compresores que generan más cuerpo en la señal procesada a nivel perceptual, son el V-comp seguido del CLA-76 en su versión bluey. Mientras que en la figura 48 se indica que los compresores que generan un sonido con un ataque más definido son el CLA-76/blackey seguido por el BF-76. Y entre los preferidos por los encuestados a nivel sonoro, tenemos al SSL y al BF-76 en porcentajes iguales.

4.2.3.2. Encuesta para muestra de caja con bordona, afinada en un tono medio, estándar.

Al incorporar la bordona en una caja, aumentan sus armónicos en frecuencias medias altas, por tal motivo es importante considerar la evaluación de los procesamientos de las cajas con y sin bordona

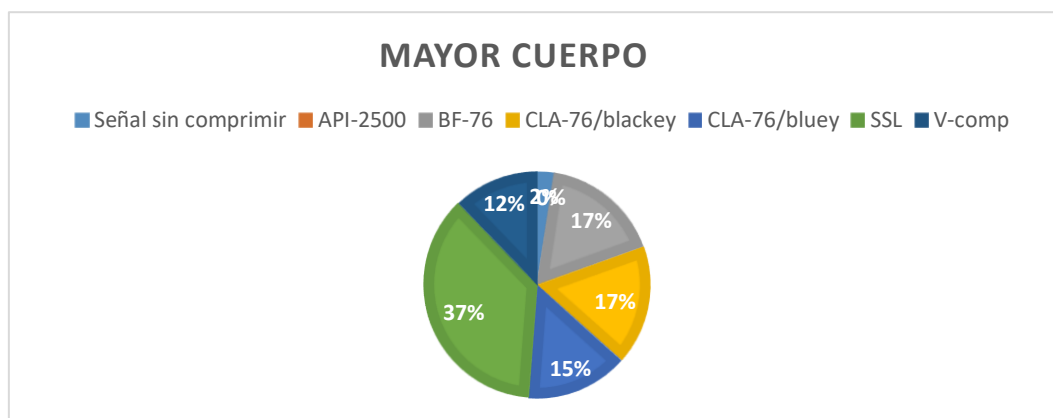


Figura 51. Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas con bordona.

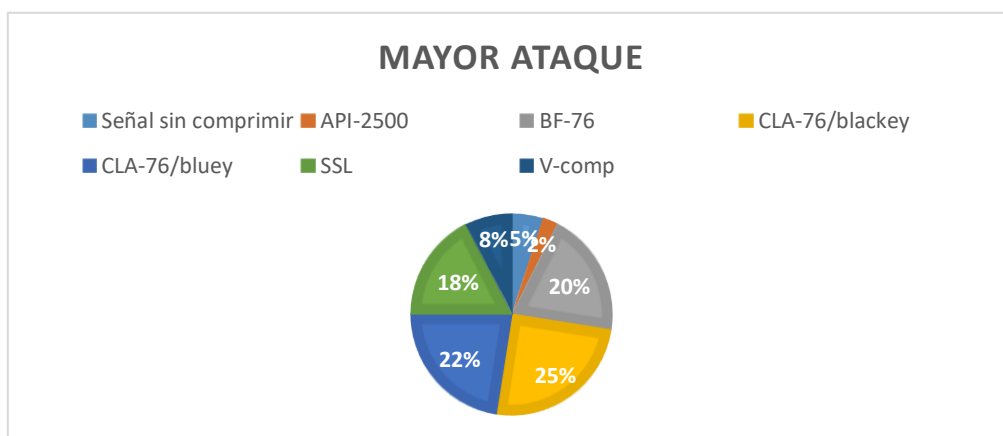
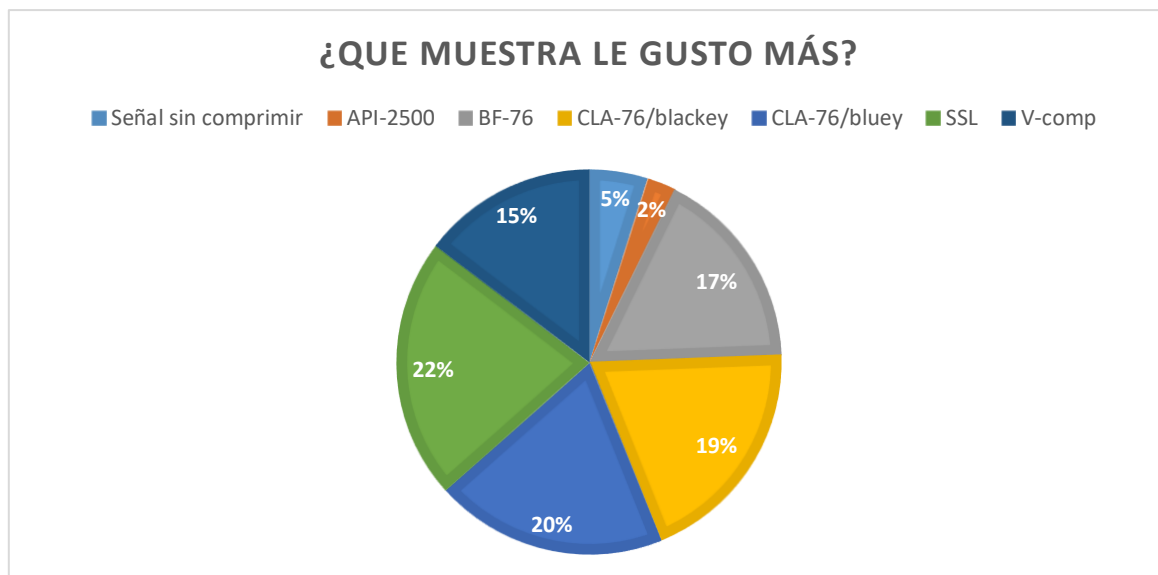


Figura 52. Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas con bordona.

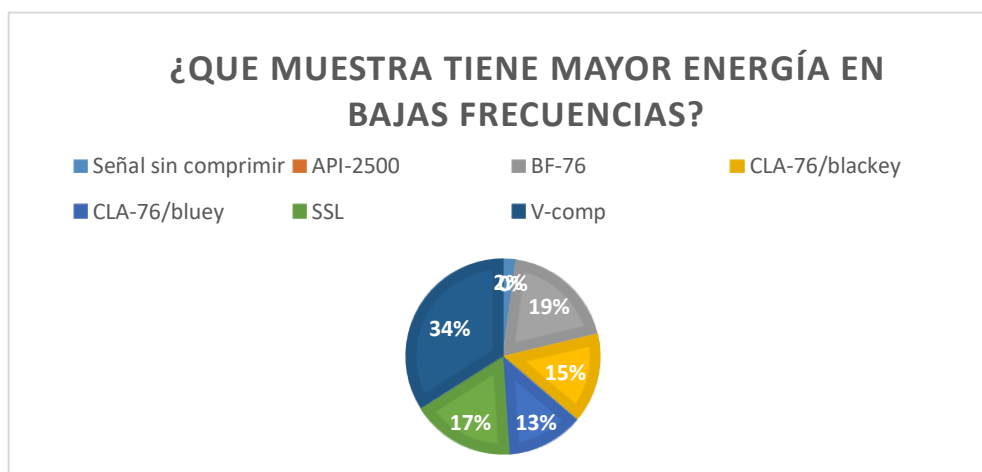


*Figura 53.* Resultados de percepción auditiva, para compresores en cajas con bordona.

Los compresores que generan más cuerpo en la señal procesada a nivel perceptual según las encuestas de la figura 50, son el V-comp seguido del CLA-76 en su versión bluey. Mientras que el compresor que genera un sonido con un ataque más definido es el CLA-76/blackey. Y entre los preferidos por los encuestados a nivel sonoro, tenemos al SSL y al CLA-76 bluey.

#### 4.2.3.3. Encuesta para el procesamiento de bombos con diferentes compresores digitales.

Encuesta para muestra de bombo, grabado con un micrófono dinámico AKG D112.



*Figura 54..* Resultados de percepción auditiva, para compresores en bombo.

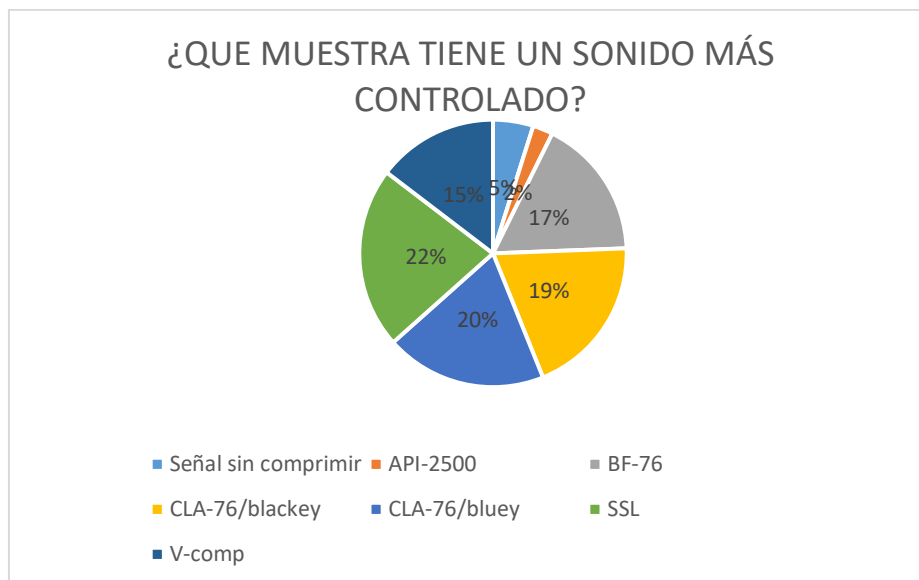


Figura 55. Resultados de percepción auditiva, para compresores en bomb

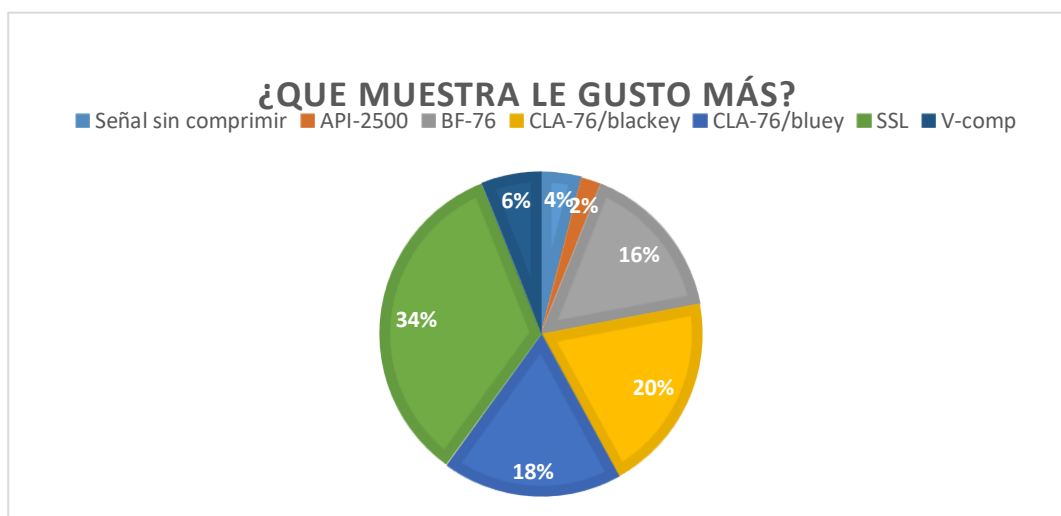


Figura 42. Resultados de percepción auditiva, para compresores en bombo.

Para el caso de compresión en bombos, el compresor preferido por los encuestados a nivel sonoro fue el SSL, tal como se observa en la figura 55. El cuál seleccionaron de igual manera como el compresor que genera el sonido más controlado según los datos obtenidos en la gráfica de la figura 54.

El V-comp fue seleccionado como el compresor que genera mayor energía en bajas frecuencias, sin embargo solo un 6% de los encuestados lo escogió como su preferido para compresión de bombos.

#### 4.3. Comparativa de precios entre plug-ins

Es importante conocer la relación entre el costo de cada plug-in y la preferencia sonora entre los encuestados.

Tabla 33.

*Costos de cada compresor en su versión en plug-in*

Compresor	Precio
Api-2500	29 \$
CLA-76	59 \$
SSL	99 \$
V-comp	39 \$

Se pudo comprobar que el costo de cada plug-in está estrechamente relacionado con su cantidad de distorsión armónica. El hecho de que un plug-in genere una mayor calidez armónica implica un mayor detalle en el diseño digital de dicho procesador, por tal motivo sus costos son más elevados.

## 5. CAPÍTULO V. PROYECCIONES

Si bien el presente trabajo tiene como base de su investigación, la evaluación sonora de las emulaciones de compresores clásicos relacionados con el procesamiento de cajas y bombos de batería, existen en la actualidad un sinnúmero de emuladores de procesadores de audio, instrumentos virtuales y efectos de sonido, para los cuales es necesario realizar evaluaciones que relacionen sus propiedades sonoras con las cualidades de instrumentos musicales específicos, para de esta manera conseguir mejores resultados en nuestras producciones discográficas, al tener una gama más amplia de recursos técnicos, haciendo nuestro trabajo dentro de la mezcla de audio más eficiente.

Entre más trabajos de investigación se realicen, relacionados con la evaluación de dispositivos digitales, será mayor la información sobre las cualidades

positivas y negativas dentro de los diseños de estos dispositivos, lo que ayudará en los procesos de diseño algorítmico de estas emulaciones, ayudando a la creación de elementos digitales más sofisticados.

Toda la información respecto a las cualidades armónicas de cada compresor, se pueden entregar a los usuarios de estos plug-ins, dentro de fichas técnicas completas; entregando información relevante que ayude al consumidor de esta tecnología, en la selección para su compra.

Los procedimientos de evaluación propuestos en este trabajo, pueden usarse no solo dentro del campo computacional; sino que también puede ser un procedimiento eficiente dentro de la evaluación de dispositivos en hardware.

Dentro del campo de la educación, este tipo de evaluaciones puede ser de gran ayuda, para comprender como interviene la distorsión armónica de un dispositivo en las características sonoras del audio procesado.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

La popularidad y demanda del sonido analógico, ha permitido que se generen diversas emulaciones de compresores clásicos, los cuales tienen una sonoridad específica de diseño que los caracterizan. Este comportamiento sonoro que produce cada compresor, dependerá de las características armónicas de la señal a procesar; por tal motivo algunos compresores entregaran mejores resultados en ciertos instrumentos musicales que en otros.

Para la elección de un compresor para bombos y cajas es importante considerar aquellos dispositivos que tengan controles de tiempo de *attack* y *release* variables, con el fin de poder controlar de mejor manera las transientes y los tiempos de duración de las señales.

Ciertas compresiones con transitorios intensos, provocan clics en configuraciones de *attack* y *release* rápidas. Por tal motivo aquellos compresores que manejen tiempos de *attack* muy cortos ayudarán a tener una mejor respuesta para este tipo de señales. Entre los compresores evaluados se encuentran tres de los compresores con los tiempos de ataque más rápidos, el CLA-76, BF-76 y el SSL, respectivamente.

Dentro de mezcla de audio los parámetros de *attack* y *release* muchas veces son usados como herramientas creativas alterando la intensidad y duración de una señal musical. En este contexto los compresores que permitan manipular el sonido en una manera más amplia son aquellos que tengan los mayores rangos de tiempos de *attack* y *realase*. Entre los compresores evaluados, el API-2500 es el que tiene mayor margen entre sus tiempos de *attack* y *release*, sin embargo es un procesador bastante limpio a nivel de su distorsión armónica, por lo que su sonoridad no se verá realmente afectada a nivel perceptual al variar la configuración de sus parámetros.

El compresor BF-76 es un procesador con una carga armónica considerable en frecuencias bajas y medias. En base a los análisis técnicos y perceptuales, se puede decir que es un compresor diseñado específicamente para instrumentos de percusión de baja frecuencia, ya que aporta con armónicos específicos que generan sonidos con más cuerpo y su limpieza en frecuencias medias altas y altas permiten tener un sonido más controlado y definido.

La versión bluey, del compresor CLA-76 es uno de los procesadores que más armónicos genera en todo el espectro de frecuencias audibles. Sus tiempos de ataque rápidos y su gran cantidad de carga armónica en frecuencias medias lo convierten en una de las mejores opciones para la compresión de cajas, tal y como se pudo comprobar en las preferencias auditivas de las encuestas realizadas.

La respuesta del CLA-76/blackey se asemeja mucho al comportamiento armónico del BF-76.

El compresor SSL, fue el dispositivo cuya respuesta sonora resultó más agradable entre los encuestados para la compresión de bombos, relacionando esto con los datos técnicos de su distribución armónica, podemos darnos cuenta que es el procesador que más carga armónica genera en bajas frecuencias, y sin embargo es sumamente limpio en frecuencias altas y medias altas, esto a nivel de la percepción auditiva del oyente permite generar un sonido en baja frecuencia más redondo y controlado.

En cuanto al V-comp, junto con el CLA-76/bluey son los compresores que generan mayor cantidad de armónicos en su procesamiento, su uso en base a las encuestas auditivas lo convierte en una buena opción en el procesamiento de cajas, sin embargo no ocurre lo mismo para bombos, ya que genera un sonido poco definido al incorporar armónicos en rangos de frecuencias que no aportan un sonido agradable a la escucha.

## 6.2. Recomendaciones

En la evaluación de dispositivos de audio, es importante considerar el mayor número de pruebas técnicas, y relacionar estos datos con las preferencias auditivas de las personas que trabajan con tales herramientas.

El procesamiento de las muestras auditivas debe ser lo más semejante posible entre compresores, y es recomendable una vez procesadas hacer una comparación entre los niveles de cada muestra, con el fin de evitar preferencias auditivas basadas en la intensidad sonora.

Al momento de evaluar un compresor, respecto a un instrumento musical, es importante considerar la mayor cantidad de variantes que pueden existir en el sonido de dicho instrumento, para poder entregar resultados más amplios con información más práctica para diferentes casos y usos.

Una forma de optimizar el uso del CLA-76/bluey y el V-comp para el procesamiento de bombos, sería incorporando después del inserto del compresor, un ecualizador con un procesamiento sustractivo de aquellos rangos de frecuencia que no aportan en la riqueza sonora de este instrumento.



## REFERENCIAS

- Avid Technology. (2015). Bomb Factory Plug-ins. Recuperado de:  
[http://akmedia.digidesign.com/support/docs/Bomb\\_Factory\\_Plug-Ins\\_v70\\_26682.pdf](http://akmedia.digidesign.com/support/docs/Bomb_Factory_Plug-Ins_v70_26682.pdf)
- Brovig-Hanssen. y R. Danielsen, A. (2013). The Naturalised and the Surreal: Changes in the Perception of Popular Music Sound. *Organised Sound*, 43, 1, pp 71-80.
- Campbell, W., Paterson, J. y Toulson, R. (2013). A Quantitative Evaluation of Signal Masking in Summed and Compressed Audio. *KES Transactions on Innovation in Music*, 1, pp 20-31.
- Giannoulis., Massberg, M. y Reiss, J. (2012), Digital Dynamic Range Compressor Design - A Tutorial and Analysis. *J. Audio Engineering Society*, 60, pp 309-406.
- Miyara, F. (2003). Acústica y Sistema de Sonido. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.
- Owsinski, B. (2005). The Mixing Engineer's Handbook. *Thomson Course – Technology PTR*, 2, pp 25-34.
- Rational Acoustics LLC. (2011). Introducción a Smaart v7: Configuración Básica y Medición. Connecticut: Rational Acoustics LLC.

- Wagner, A. (2006). Analysis of drumbeats – Interaction between drummer, drumstick and instrument. *KTH Computer Science and communication*, pp 5-10.
- Waves. (s.f.). Manual Waves-V Series. Recuperado de: <https://www.waves.com/1lib/pdf/plugins/v-comp.pdf>
- Waves. (s.f.). Waves SSL 400 Collection. Recuperado de: <https://www.waves.com/1lib/pdf/plugins/ssl-g-master-buss-compressor.pdf>
- Waves. (s.f.). Waves CLA-76 User Guide. Recuperado de: <https://www.waves.com/1lib/pdf/plugins/cla-76-compressor-limiter.pdf>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Glosario

Armónicos.- Son un conjunto de parámetros físico sonoros, que generan el timbre característico de una fuente de sonido, dependiendo de su amplitud y su ubicación en el dominio de las frecuencias.

Analizador de Espectro.- Permite visualizar en una interfaz gráfica los componentes espectrales de un espectro de frecuencias de una señal de entrada.

Masterización.- Es el último proceso en una producción musical, en donde se dan los últimos retoques sonoros a una canción, para su posterior impresión y distribución.

Muestra musical.- Es un pequeño fragmento de la grabación de un instrumento musical.

Rango dinámico.- Rango en los que trabaja un equipo en decibeles, en cual corresponde al margen entre el nivel de ruido de fondo del sistema y los niveles de los picos de la señal.

Tono puro.- Es un sonido puro o de una sola vibración. Que genera una señal sinusoidal carente de otros componentes armónicos.

Anexo 2. Fotografías.



*Figura 57.* Audífonos profesionales sennheiser, utilizados en el proceso de encuestas.



*Figura 43.* Estudiante de ingeniería en Sonido en el proceso de encuestas de preferencia sonora



*Figura 59.* Estudiantes de ingeniería en Sonido en el proceso de encuestas de preferencia sonora



*Figura 60.* Dispositivos y software utilizados en el proceso de análisis



*Figura 61.* Encuestas auditivas de preferencia sonora entre muestras de bombo y caja procesadas con diferentes compresores.

