

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

GRABACIÓN, MEZCLA Y “MASTERIZACIÓN” DE UNA PRODUCCIÓN MUSICAL

Titulación: Graduado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación.
Mención Sonido e Imagen

Autor: Javier Verona Robaina

Tutor: Fidel Cabrera Quintero

Fecha: Julio 2020

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

GRABACIÓN, MEZCLA Y “MASTERIZACIÓN” DE UNA
PRODUCCIÓN MUSICAL
HOJA DE EVALUACIÓN

Calificación:

Presidente:

Secretario/a:

Vocal:

Fecha: Julio 2020

Resumen

Este trabajo se centra en la parte técnica de la producción de un álbum musical, concretamente en sus etapas de grabación, mezcla y masterización. Se abordarán primeramente unos conceptos teóricos previos sobre la producción musical proporcionar una base teórica sobre la que elaborar dicho trabajo. Tras esto se explicará la metodología seguida durante este proceso además de los recursos empleados además de establecer que criterios técnicos se quieren alcanzar ya que se pretende que este trabajo tenga un fin didáctico que pueda servir de guía para futuros proyectos de esta tipología dentro de la especialidad de Sonido e imagen.

Con la realización de este trabajo se pretenden reforzar los conocimientos adquiridos en la asignatura de sistemas y producción de audio además de las habilidades adquiridas durante la realización de las prácticas de empresa. También se pone en práctica la competencia de la Tecnología Específica de Sonido e Imagen, dentro de la titulación, referente a la “Capacidad para crear, codificar, gestionar, difundir y distribuir contenidos multimedia, atendiendo a criterios de usabilidad y accesibilidad de los servicios audiovisuales, de difusión e interactivos”.

Se partió de grabaciones ya realizadas, tanto de instrumentos como de voz, pero solo suponían un 60% de las pistas de audio necesarias para completar la producción musical que se propone, por tanto, un 40% de las pistas de audio que sea empleado, han sido grabadas a partir del mes de febrero, formando parte de las 300 horas dedicadas al desarrollo de este trabajo.

La mayor parte de esta actividad, se pretendía realizar en el Estudio de Grabación del Laboratorio de Sonido del Departamento de Señales y Comunicaciones, situado en el pabellón B de los edificios de Telecomunicaciones. Debido a la alerta sanitaria por COVID -19, se ha tenido que modificar esta planificación y se han tenido que realizar en un espacio acondicionado en la propia vivienda del redactor de este trabajo. Esto ha sido posible durante los meses de confinamiento, ya que el intérprete de los temas, tanto de voz como instrumental, es el propio redactor de este trabajo. Para

ello, también se han empleado instrumentos virtuales disponibles en DAW, y el protocolo MIDI, logrando grabaciones de calidad.

Tras esto, se han procesado todas las señales mediante procesadores de dinámica, procesadores de efectos y procesadores de imagen estéreo hasta lograr una mezcla balanceada, para luego, durante el proceso de masterización, lograr un master final con un balance espectral adaptado a los estándares modernos.

Como resultado tras aplicar estos procedimientos a todas las producciones que pertenecen a este trabajo y, prestando atención a todas sus particularidades, se obtienen 14 producciones distintas que varían, en cuanto a número de pistas de audio, desde de 4 pistas por ser temas musicales instrumentales, hasta producciones donde se han procesado simultáneamente 104 pistas distintas, dado que es una producción con amplia variedad de señales de voz, además de poseer varias pistas de refuerzo MIDI y una gran variedad de instrumentos.

Como ejemplo práctico para la exposición de este trabajo se parten de grabaciones antiguas pertenecientes al grupo canario “Tierra”, grabadas en formato magnético ADAT, ya digitalizadas, con el fin de mejorar su calidad, mediante tareas de re-mezcla y re-masterización, para adaptarlas a los estándares de sonoridad y dinámica modernos, y de esta forma poder distribuirla en plataformas digitales actuales de difusión musical como Spotify.

Ha sido un proceso muy laborioso, en algunos momentos tedioso, realizado en los meses de confinamiento de este año 2020, marcado por la alerta sanitaria y el COVID-19, que ha supuesto algunas limitaciones, pero que por otro lado ha planteado nuevos retos y dificultades que se han sabido solventar. Se han adquirido nuevas competencias y destrezas en el ámbito de la producción musical, como desarrollo de la profesión de Ingeniero de Sonido, donde, el redactor de este trabajo, espera desarrollar su actividad profesional, en el futuro inmediato.

Summary

This project focuses on the technical part of the production of a music album, specifically in its recording, mixing and mastering stages. First some theoretical concepts about music production will be addressed to provide a theoretical basis on which to develop such work. After this the methodology followed during this process will be explained in addition to the resources used and also establishing what technical criteria are to be achieved since it is intended that this work functions as a guide that can serve as a guide for future projects of this type within the specialty of Sound and image.

This Project is intended to reinforce the knowledge acquired in the subject of “Sistemas y producción de audio” in addition to the skills acquired during the realization of the internships. The competence of the Specific Sound and Image Technology, within the qualification, is also implemented, concerning the "Ability to create, code, manage, disseminate and distribute multimedia content, according to the criteria of usability and accessibility of audiovisual, services".

It starts from recordings already made, both instruments and vocal tracks, but they only accounted for 60% of the audio tracks necessary to complete the musical production that is therefore proposed, 40% of the audio tracks that are used, have been recorded since February, being part of the 300 hours dedicated to the development of this project.

Most of this activity was intended to be carried out in the Recording Studio of the Sound Laboratory of the Department of Signals and Communications, located in Hall B of the Telecommunications buildings. Due to the COVID -19 outbreak , this planning had to be modified and had to be carried out in a conditioned space in the editor's own home of this project. This has been possible during the months of confinement, since the interpreter of the themes, both voice and instrumental, is the editor of this project. To do this, virtual instruments and MIDI protocol, have been used to achieve high quality recordings.

After this, all signals have been processed using dynamics processors, effect processors and stereo image processors to achieve a balanced mix, and then, during the mastering process, achieve a final master with a spectral balance adapted to modern standards.

As a result after applying these procedures to all the productions belonging to this Project and, paying attention to all its particularities, 14 different tracks have been obtained that vary, in terms of number of audio tracks, from 4 tracks for being instrumental musical themes, to productions where 104 different tracks have been processed simultaneously, since it is a production with a wide variety of voice tracks , in addition to using several MIDI reinforcement tracks and a wide variety of instruments.

As a practical example for the presentation of this work some old recordings belonging to the Canary band "Tierra", recorded in ADAT magnetic format, already digitized, will be re-mixed and remastered to increase their quality and adapt them to modern loudness and dynamics standards, and thus, be able to distribute it on current streaming platforms such as Spotify.

It has been a very laborious process, at some times tedious, carried out in the months of confinement of this year 2020, marked by the COVID-19 outbreak , which has imposed some limitations, but on the other hand it has posed new challenges and difficulties that have been solved. New skills have been acquired in the field of music production, such as the development of the profession of Sound Engineer, where, the editor of this work, he hopes to develop his professional activity, in the immediate future

ÍNDICE

1. Antecedentes y objetivos del proyecto	12
2. Conceptos previos	13
2.1 Introducción	13
2.2 Base teórica	14
2.2.1 Características del sonido	14
2.2.2 Compresión	16
2.2.3 Síntesis	16
2.2.4 MIDI	16
2.2.5 Instrumentos virtuales	17
2.2.6 DAW	17
2.2.7 Ecuación	17
2.2.8 Mezcla	18
2.2.9 Masterización	18
2.2.10 La guerra de volúmenes	18
2.2.11 Estándares	20
2.2.12 LUFS (Loudness Units relative to Full Scale)	20
2.2.13 dBFS (dB relative to full scale)	21
2.2.14 dBTP (dB true peak)	21
2.2.15 ReplayGain	22
2.2.15.1 Sonoridad deseada	22
2.3 Referencias seguidas	23
3 Metodología	23
3.1 Búsqueda de información	23
3.2 Fase de preproducción	24
3.3 Grabación	24
3.3.1 Microfonía	24
3.3.2 Conexión	25
3.4 Mezcla	26
3.5 Masterización	26

4	Planificación	26
5	Propiedad intelectual y remuneración	27
6	Preproducción	27
	6.1 Configuraciones del home studio	28
	6. Configuración para sintetizadores y otros instrumentos	28
	6.3 Configuración para guitarra	28
	6.4 Configuración para voces	28
7	Grabación	29
8	Componentes de la DAW	29
9	Mezcla	29
	9.1 Batería	30
	9.1.1 Tratamiento	31
	9.1.1.1 Bombo	31
	9.1.1.2 Caja	33
	9.1.1.3 Toms	36
	9.1.1.4 Hi-Hat	38
	9.1.1.5 Aéreos	39
	9.1.1.6 Ambiente	40
	9.2 Guitarras	41
	9.2.1 Tratamiento	41
	9.3 Bajos	46
	9.3.1 Tratamiento	46
	9.3.2 Sub-bajos	50
	9.4 Voces	52
	9.4.1 Alineamiento	53
	9.4.2 Tratamiento	55
	9.5 Teclados	59
	9.5.1 Tratamiento	59
	9.6 Otros instrumentos	60
	9.7 Sonidos creados por síntesis	60
	9.8 Automatización	62

9.9 Efectos de panorámica	63
9.10 Imagen estéreo	64
9.10.1 Mixer	64
9.10.2 Stereo imager:	65
9.11 Match EQ	67
10 Masterización	67
10.1 Masterización de géneros más agresivos	73
11 Distribución	80
12 Conclusiones	81
Bibliografía	83
Presupuesto	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Curvas isófonas	14
Ilustración 2: Rango de frecuencias de varios instrumentos musicales	15
Ilustración 3: Visualización de los efectos de la guerra de volúmenes	19
Ilustración 4: Niveles de sonoridad y de pico en plataformas de streaming	20
Ilustración 5: Ilustración sobre los niveles true peak.	22
Ilustración 6: Micrófono Audio Technica AT2020 USB	24
Ilustración 7: Micrófono AUDIX OM7	25
Ilustración 8: Micrófono AKG Solid tube	25
Ilustración 9: Planificación temporal	27
Ilustración 10: Estimación de gastos	29
Ilustración 11: Disposición de las señales de un kit de batería	30
Ilustración 12: Compresor	31
Ilustración 13: Primera ecualización del bombo	32
Ilustración 14: Segunda ecualización del bombo	32
Ilustración 15: Disposición de pistas de una caja	33
Ilustración 16: Compresión aplicada al micrófono superior	33
Ilustración 17: Compresión aplicada al micrófono inferior de la caja	34
Ilustración 18: Ecualización aplicada al micrófono superior de la caja	34
Ilustración 19: Ecualización aplicada al micrófono inferior de la caja	35
Ilustración 20: Saturación aplicada al micrófono superior de la caja	35
Ilustración 21: Saturación aplicada al micrófono inferior de la caja	36
Ilustración 22: Saturación aplicada a un tom	37
Ilustración 23: Ecualización aplicada a un tom	37
Ilustración 24: Disposición de pistas de Hi-Hat	38
Ilustración 25: Compresión/limitación aplicada al hi-hat	38
Ilustración 26: Ecualización aplicada al hi hat.	39
Ilustración 27: Disposición de pistas de micrófonos aéreos	39
Ilustración 28: Ecualización aplicada al hi-hat	40
Ilustración 29: Ecualización aplicada a los micrófonos de ambiente.	40
Ilustración 30: Disposición de pistas guitarras	41
Ilustración 31: Simulador de pedalera de guitarra.	42
Ilustración 32: : Simulador de amplificador de guitarra.	42
Ilustración 33: Eliminación de frecuencias molestas de la guitarra.	43
Ilustración 34: Compresor multibanda aplicado a la guitarra.	44
Ilustración 35: Ecualización aplicada a la guitarra.	44
Ilustración 36: Ecualización de guitarra del canal izquierdo.	45
Ilustración 37: : Ecualización de guitarra del canal derecho.	45
Ilustración 38: Disposición de pistas de bajo	46
Ilustración 39: Distorsión aplicada al bajo.	46
Ilustración 40: Parámetros de la respuesta al impulso empleada	47
Ilustración 41: Ecualización aplicada al bajo	47
Ilustración 42: Compresión aplicada al bajo.	48
Ilustración 43: Eliminación de frecuencias innecesarias aplicada al bajo.	48
Ilustración 44: Aplicación de armónicos al bajo.	49
Ilustración 45: Compresión multibanda aplicada al bajo.	49
Ilustración 46: Compresor aplicado a los sub-bajos.	50
Ilustración 47: Excitador aplicado a sub-bajos	50
Ilustración 48: Ecualización dinámica aplicada al sub-bajo.	51
Ilustración 49: Inversión de fase aplicada la señal paralela al sub-bajo.	51

Ilustración 50: Disposición de pistas de voz	52
Ilustración 51: Plugin retoques menores en la afinación de las tomas de voz.	52
Ilustración 52 Herramienta Flex Pith.	53
Ilustración 53: Ejemplo de regulaciones y recortes manuales en una toma de voz	54
Ilustración 54: Herramienta Flex Slicing.	54
Ilustración 55: Plugin VocalAlign.	54
Ilustración 56: Control de volumen de una pista de voz	55
Ilustración 57: Ecualización dinámica aplicada a una toma de voz	56
Ilustración 58: Compresión aplicada la voz	56
Ilustración 59: De-esser aplicado a la voz.	57
Ilustración 60: Proceso de atenuación de silabas molestas.	57
Ilustración 61: Flanger aplicado a la voz.	58
Ilustración 62: Delay aplicado a la voz.	58
Ilustración 63: Disposición de pistas de teclados	59
Ilustración 64: Compresión aplicada al piano.	59
Ilustración 65: Ecualización aplicada al piano.	60
Ilustración 66: Interfaz del sonido creado	61
Ilustración 67: Rack de efectos del sonido creado	62
Ilustración 68: Automatización de parámetros MIDI.	63
Ilustración 69: Ejemplo de automatización de efecto de panorámica	63
Ilustración 70: Ejemplo de paneo	64
Ilustración 71: Imagen del mixer.	64
Ilustración 72: Imagen del mixer 2.	65
Ilustración 73: Imagen estéreo.	65
Ilustración 74: Limitación con resalte en altas frecuencias.	68
Ilustración 75: Limitación con resalte en bajas frecuencias.	68
Ilustración 76: Herramienta de control del balance espectral	69
Ilustración 77: Herramienta para recorte efectuado en plataformas digitales	70
Ilustración 78: Compresor aplicado al máster.	70
Ilustración 79: Emulador de saturación analógica	71
Ilustración 80: Limitador aplicado.	71
Ilustración 81: Ecualización aplicada al máster.	72
Ilustración 82: Medidor de sonoridad empleado.	72
Ilustración 83: Ejemplo de señal con transitorios muy presentes	73
Ilustración 84: Compresor empleado para control de picos.	74
Ilustración 85: Compresor mutibanda para mantener un balance espectral.	74
Ilustración 86: Plugin de saturación analógica.	75
Ilustración 87: Compresor mutibanda para controlar las frecuencias subgraves.	76
Ilustración 88: Stereo imager empleado para expandir la imagen estéreo.	76
Ilustración 89: Excitador multibanda para aumentar la presencia de armónicos.	77
Ilustración 90: Distorsión digital.	78
Ilustración 91: Comparación de distintas distorsiones	78
Ilustración 92: Simulador de distorsión analógica.	79
Ilustración 93: Medidor empleado.	79
Ilustración 94: Limitador empleado.	80
Ilustración 95: Presupuesto detalle de amortización y coste Ingeniero	86

1. Antecedentes y objetivos del proyecto.

Como antecedentes de este proyecto, y como base de la propuesta planteada, es que ya se disponía de algunas grabaciones de audio de producción propia, con el objetivo de realizar una producción musical. Se partía de alguna experiencia en el uso de la D.A.W. (Digital Audio Workstation), aunque a nivel de usuario y de forma autodidacta. Los nuevos conocimientos y competencias adquiridos al cursar la titulación, sobretodo en la asignatura de Sistemas y Producción de Audio, así como, las Prácticas de Empresa curriculares realizadas en un Estudio de Grabación profesional, de forma presencial en los meses de febrero y hasta el 13 de marzo, abrieron nuevas perspectivas para retomar esta actividad y proponerla como TFM.

Así pues, los objetivos de este proyecto son realizar la producción de un álbum musical, partiendo de algunas grabaciones ya realizadas, realizar nuevas grabaciones para completar los 14 temas propuestos, así como generar un material con carácter didáctico, que pudiese ser empleado en la asignatura de Sistemas y Producción de Audio, para mejorar y enriquecer sus prácticas.

Se presenta una oportunidad de establecer unas guías sobre cómo abordar este tipo de producciones en un panorama en el que los “home studio”, estudios caseros, son cada vez más abundantes para conseguir un producto final con una calidad comparable a la de un estudio de grabación profesional con equipos de alta gama.

Supone un reto pues, establecer los estándares del mercado que deben alcanzarse. Los criterios que deben seguirse para conseguir grabaciones de calidad en un ambiente distinto a uno profesional además de la gestión de recursos técnicos empleados para lograr dichas metas. Al mismo tiempo se obtendrán conocimientos y experiencias en el campo de la producción musical además de en ciertos aspectos de la creación de sonidos mediante síntesis. Se persigue también una motivación de abordar dicha producción desde un punto de vista técnico y profesional.

Es por tanto una meta principal el gestionar estas producciones musicales de la manera lo más cercana a lo realizado en un estudio profesional empleando los equipos que posee la EITE así como los que posee el redactor de este trabajo elaborando dicho trabajo como una guía que se pueda seguir en futuros proyectos de este tipo abordando desde la grabación de las señales necesarias estudiando los métodos de captación de estas, desde los tipos de transductores empleados así como el empleo de instrumentos virtuales, hasta la obtención de un máster que cumpla con todos los estándares que existen en el mercado moderno tras comprender todos los procesos intermedios de tratamiento de señales de audio en tiempo y frecuencia además de la elaboración de sonidos creados por síntesis. Se aportará por tanto la experiencia adquirida durante el proceso además de las competencias aprendidas durante la realización de las prácticas de empresa.

2. Conceptos previos

2.1 Introducción

Hoy en día la diversidad de herramientas además de la facilidad con la que estas se pueden obtener han permitido la creación y crecimiento de bandas y artistas que no necesitan de un gran presupuesto ni estudio para poder llevar a cabo su producción musical. La evolución tecnológica y el paso de la grabación analógica a la digital y el uso de distintos efectos y procesadores completamente digitales, han influenciado el acabado final del producto y el sonido de este. Influye también el objetivo del artista o productor.

Las producciones analógicas y digitales se diferencian en el formato físico donde se graban los instrumentos en el estudio de grabación (cinta de bobina en el caso analógico y un ordenador).

2.2 Base teórica

Una producción musical se compone de las fases de composición, grabación, mezcla y posterior Masterización. La parte más importante es el tener un lugar adecuado para la grabación de los instrumentos o medios para ello.

Hay que resaltar también la necesidad de una buena planificación de la etapa de grabación observando que se puede necesitar grabar varias tomas de un mismo instrumento para posteriormente elegir las mejores partes de estas. También hay que adecuar el estilo de grabación con respecto al resultado que se pretende conseguir, si por ejemplo se pretende un sonido agresivo no se puede grabar una toma en la que el instrumento no es tocado con suficiente fuerza como para lograr tal efecto, ya que es algo irreproducible en la etapa de post-producción.

La mezcla se caracteriza por la búsqueda de un balance en los niveles y efectos de cada instrumento además de cómo se distribuyen estos en los canales estéreo de la mezcla.

2.2.1 Características del sonido

El oído humano es capaz de detectar frecuencias de 20-20000 Hz. Estos rangos de frecuencia no producen la misma sensación auditiva dado la respuesta frecuencial del oído.

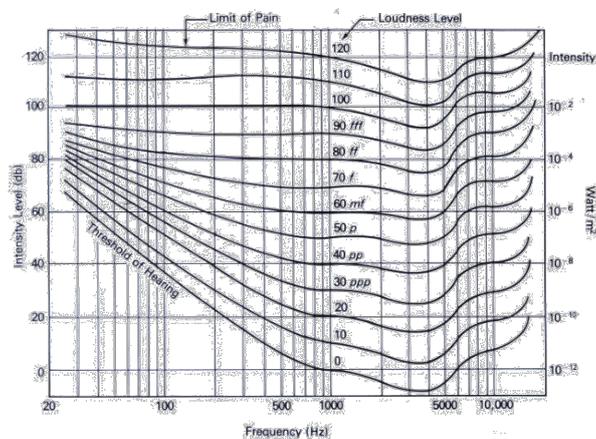


Ilustración 1: Curvas isofónicas

Podemos dividir el rango de frecuencia audible en tres rangos:

GRAVES	MEDIOS	AGUDOS
20-250 Hz	250-4000 Hz	4000-20000 Hz

Todos los instrumentos tienen un rango de frecuencias distinto donde predomina su sonido:

- **La voz humana:** tiene unas frecuencias fundamentales de entre 90-400 Hz con armónicos que llegan hasta los 12 KHz.

Instrumento	Fundamental	Armónicos
Flauta	261-2349	3-8 KHz
Oboe	261-1568	2-12 KHz
Clarinete	165-1568	2-10 KHz
Fagot	62-587	1-7 KHz
Trompeta	165-988	1-7.5 KHz
Trombón	73-587	1-4 KHz
Tuba	49-587	1-4 KHz
Tambor	100-200	1-20 KHz
Bombo	30-147	1-6 KHz
Platillos	300-587	1-15 KHz
Violín	196-3136	4-15 KHz
Viola	13 1-1175	2-8.5 KHz
Cello	65-698	1-6.5 KHz
Bajo acústico	4 1-294	1-5KHz
Bajo eléctrico	4 1-300	1-7 KHz
Guitarra acústica	82-988	1-15 KHz
Guitarra eléctrica (amplif.)	82-13 19	1-3.5 KHz
Guitarra eléctrica (directa)	82-13 19	1-15 KHz
Piano	28-4196	5-8 KHz
Saxo Soprano	247-1175	2.-12 KHz
Saxo alto	175-698	2-12 KHz
Saxo tenor	131-494	1-12 KHz
Cantante	87-392.	1-12 KHz

Ilustración 2: Rango de frecuencias de varios instrumentos musicales

2.2.2 Compresión

La compresión en el ámbito del sonido consiste en reducir el margen dinámico de una señal mediante la reducción de la ganancia de esta cuando se cruce un umbral determinado. Normalmente se emplea para controlar el nivel de pico de la señal además de reducir su dinámica.

2.2.3 Síntesis

En el mundo del sonido la síntesis consiste en lograr la creación de sonidos nuevos mediante medios como variaciones de voltaje en el caso de sintetizadores analógicos o mediante programas de ordenador para la síntesis digital. Se pueden diferenciar algunos métodos de síntesis como principales:

- **Síntesis aditiva:** Se superponen ondas simples para lograr ondas complejas.
- **Síntesis substractiva:** El sonido se crea filtrando una onda compleja reforzando o disminuyendo la contribución de ciertas áreas de su espectro sonoro.
- **Síntesis por modulación:** Partiendo de dos ondas se alteran parámetros de una de ellas en función de la otra.
 - Modulación de amplitud AM: se altera la amplitud de la señal portadora en función de la moduladora.
 - Modulación de frecuencia (FM): se altera la frecuencia de la señal portadora en función de la forma de la moduladora.

2.2.4 MIDI

El MIDI o Musical Instrument Digital Interface es un protocolo que describe una interfaz digital y conectores que permiten la comunicación entre ordenadores e

instrumentos musicales electrónicos o virtuales. Este sistema carga información específica de notación musical además del tono, velocidad y señales de control que permiten modificar parámetros como el vibrato o la panorámica de la señal. Toda esta información es enviada a un dispositivo capaz de generar sonidos mediante un banco de muestras.

2.2.5 Instrumentos virtuales

Los instrumentos virtuales son instrumentos musicales definidos completamente por software en los que el software posee un banco de samples que son reproducidos mediante un controlador MIDI en función de los parámetros que este envíe al software.

2.2.6 DAW

Los DAW o estaciones de trabajo de audio digital son un sistema electrónico dedicado a la grabación y a la edición de audio digital mediante el uso de un software de edición de audio además del uso de un conversor analógico digital/digital-analógico incorporado en la interfaz de audio digital.

Estos sistemas se componen de la interfaz de sonido que se encarga de realizar la versión del mundo analógico al digital cuando se reproduce o graba el audio y del software de edición que trata de emular a las consolas de mezclas ya que se encarga de sumar las señales, restarlas y procesarlas para llegar a la escucha final.

2.2.7 Ecuación

La ecualización consiste en el aumento o reducción de ganancia de una cierta frecuencia o banda de frecuencias de una señal de audio para evitar la presencia de componentes molestas de estas o para crear algún efecto sonoro puntual además de para limpiar el espectro sonoro de frecuencias que no aporten información útil

2.2.8 Mezcla

La mezcla consiste en balancear y equilibrar el sonido y ecualización de todos los componentes de una producción musical además de lograr que cada componente tenga su espacio en el espectro sonoro de esta además de poder simular atmósferas y distintas sensaciones auditivas mediante el uso de efectos. La mezcla es un apartado subjetivo dentro la producción musical ya que cada sonidista puede tener distintos criterios al realizar una.

2.2.9 Masterización

La Masterización es el último paso de la producción musical. Es el proceso encargado de optimizar la reproducción de la mezcla para su reproducción en distintos soportes, sistemas y formatos. Se realiza mediante el uso de limitadores, compresores, ecualizadores además de la expansión estéreo para aumentar el efecto de panorámica de la mezcla.

2.2.10 La guerra de volúmenes

Este es un término usado para referirse a la tendencia de las productoras de crear nuevas producciones musicales aumentando el volumen cada vez más, teniendo en cuenta que todos los soportes, tanto en plataformas digitales como en soportes físicos tienen un límite de amplitud establecido por lo que el volumen general solo se puede incrementar mediante la reducción (compresión) del rango dinámico de la señal. En varios casos al llevarlo al extremo se puede producir recorte de la señal o distorsión de esta.

El deseo de incrementar el volumen de las mezclas producidas reside en la percepción sonora del oído humano ya que sentimos que una señal de mayor sonoridad es de mejor calidad.

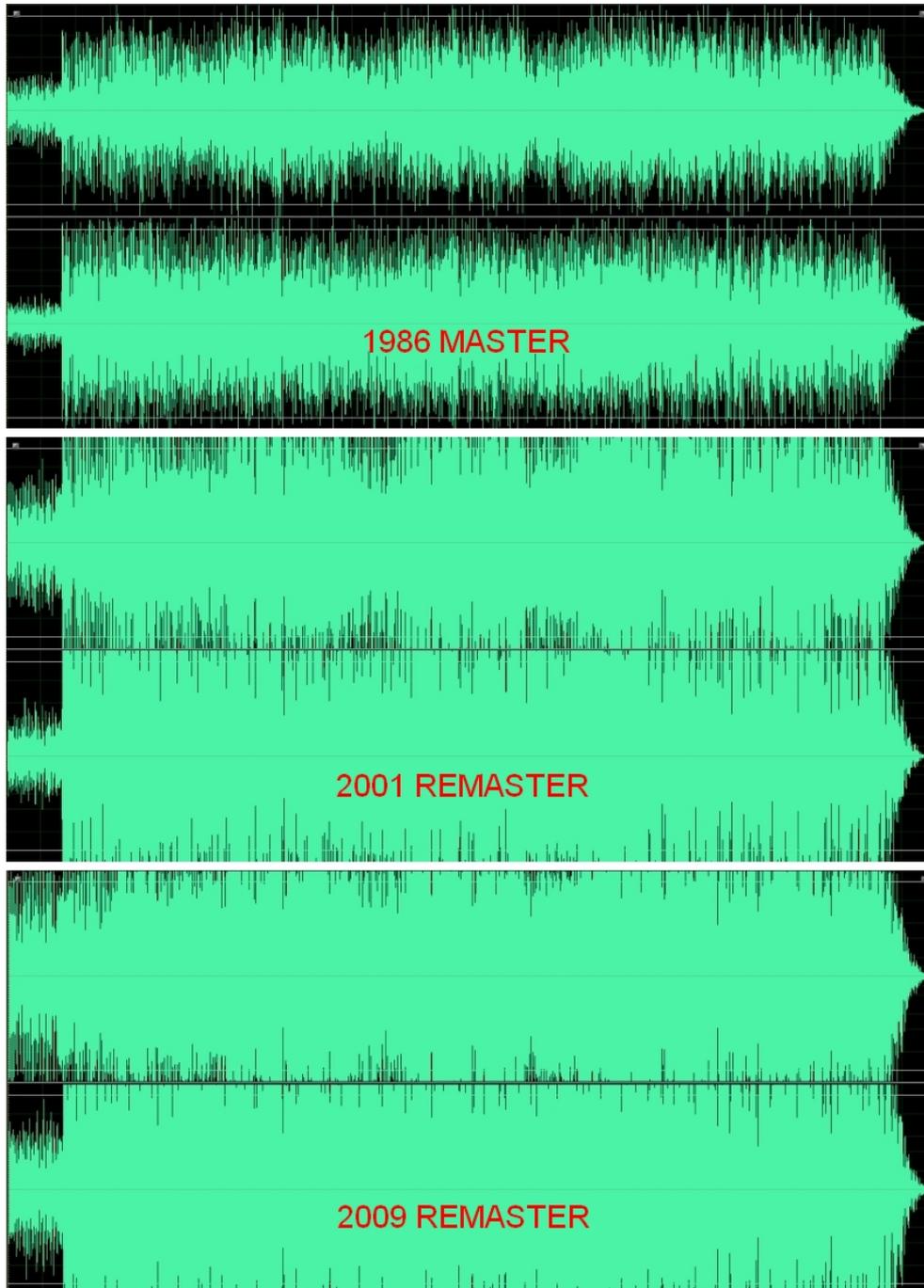


Ilustración 3: Visualización de los efectos de la guerra de volúmenes

2.2.11 Estándares

En la actualidad la manera más efectiva de distribuir una producción musical es mediante las plataformas de streaming, cada una de ellas tiene un estándar distinto para la sonoridad de sus streams.

Platform	Peak	Loudness	Dynamic Range
iTunes Store	-1.0 dBTP	-9 to -13 LUFS	>9DR
iTunes Radio	-1.0 dBTP	-15 to -16.5 LUFS	>9DR
Youtube	-1.0 dBTP	-13 to -15 LUFS	>9DR
Spotify	-1.0 dBTP	-13 to -15 LUFS	>9DR
CD	-0.1 dBTP	> -9 LUFS	>9DR
Club Play	-0.1 dBTP	-7.5 to -9 LUFS	>8DR
Soundcloud	-1.0 dBTP	-9 to -13 LUFS	>9DR

Ilustración 4: Niveles de sonoridad y de pico en plataformas de streaming

2.2.12 LUFS (Loudness Units relative to Full Scale)

Son una unidad de sonoridad que pretende ser un estándar en la medición de niveles de audio mediante la inclusión de la curva de respuesta en frecuencia del oído humano a un nivel de escucha normal de entorno a los 70 dBA midiendo el valor eficaz RMS.

Es empleado por todas las plataformas de streamings para determinar el máximo nivel de sonoridad que soportan.

2.2.13 dBFS (dB relative to full scale)

Se emplea para definir los niveles de amplitud en sistemas digitales, la escala completa se refiere a la amplitud RMS de una onda senoidal con un valor de pico que llegue al valor digital.

2.2.14 dBTP (dB true peak)

Aunque una señal no tenga muestras que superen el máximo valor digital al convertirse a señal analógica la interpolación entre muestras puede llegar a provocar recortes por lo tanto se emplea una simulación de esta interpolación sin utilizar un conversor A/D para representar el verdadero valor de pico de una señal dBTP. Las plataformas digitales poseen recomendaciones sobre que valores de esta medida son aceptables para evitar recortes en las señales distribuidas.

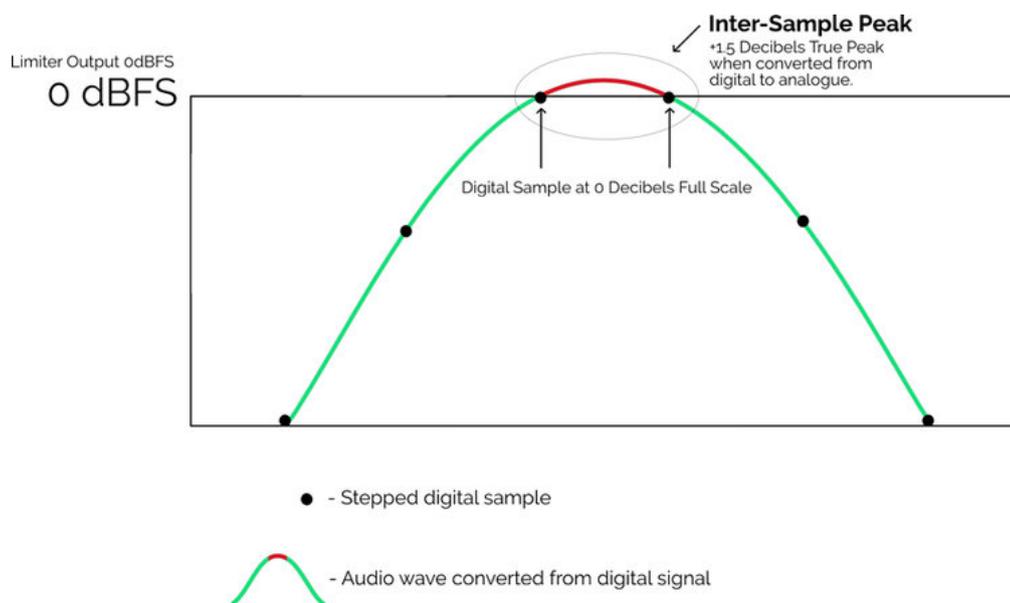


Ilustración 5: Ilustración sobre los niveles true peak.

2.2.15 ReplayGain

ReplayGain es un estándar empleado para medir y normalizar la sonoridad perceptual de señales de audio. Funciona realizando un análisis psicoacústico de toda la señal de audio midiendo el nivel de pico y la sonoridad percibida, tras esto calcula la diferencia entre la sonoridad percibida y el valor de sonoridad deseado y guarda estos datos en los metadatos del archivo analizado de esta manera los reproductores que emplean este estándar que son compatibles aplican la ganancia calculada para normalizar la sonoridad percibida entre distintas señales.

Este estándar es el empleado por plataformas como Spotify para calcular los cambios en sonoridad que deben realizar en archivos enviados a su plataforma.

2.2.15.1 Sonoridad deseada

El valor de sonoridad deseado de ReplayGain es equivalente a 89dB de presión sonora, nivel proveniente de la recomendación empleada en la calibración de sistema de

audio en salas de cine. Hoy en día se hace referencia a este nivel en función de una señal a *full-scale* (Señal que los sistemas de trabajo digitales de audio ha alcanzado su máximo valor representable). Lo cual equivale a -14dB relativos a *full-scale*.

2.3 Referencias seguidas

Las referencias musicales dependen del tipo de sonido que se esté tratando de emular o en el que se haya inspirado la producción para esto se buscan discos del mismo estilo y se busca información sobre los productores de estos además de tratar de investigar qué tipos de técnicas emplean durante la producción de este tipo de proyectos.

3 Metodología

3.1 Búsqueda de información

La búsqueda de información se realiza teniendo primeramente una visión del objetivo que se quiere alcanzar. La búsqueda se centra en qué consiste una producción música y los detalles de los procesos de mezcla, grabación y Masterización, para esto los principales libros de referencia empleados son Se emplean también vídeos de varios productores como guía en el proceso.

Una vez obtenida toda la información necesaria, esta se interpreta y enfoca al tipo de producto que se quiere lograr, enfocándolo al estilo de cada producción individual.

Para tener referencias musicales se emplean distintos discos en formato “.wav” o “.flac” para tratar de limitar la pérdida de calidad del sonido de estos en búsquedas de elementos de la producción que puedan ser de ayuda.

3.2 Fase de preproducción

Este trabajo se realiza partiendo de grabaciones ya realizadas y de otras que necesitan completarse por lo que la fase de preproducción se centra en la planificación de los elementos que necesitan ser grabados y el equipo necesario detallando lo que se planea grabar cada día dejando un margen para el caso de la aparición de algún contratiempo durante la grabación de cualquier elemento.

3.3 Grabación

El sistema de grabación, mezcla y Masterización se realiza a través del software de edición de audio Logic Pro X. La grabación de instrumentos físicos y voces se realiza de forma no destructiva y la integración de efectos se realiza durante la fase de mezcla para evitar el condicionamiento de la mezcla por la unión del efecto a la pista en la fase de grabación.

3.3.1 Microfonía

Se emplearán para la grabación de voces tres micrófonos según el efecto que se quiera lograr:

- Audio Technica AT2020 USB:



Ilustración 6: Micrófono Audio Technica AT2020 USB

- AUDIX OM7:



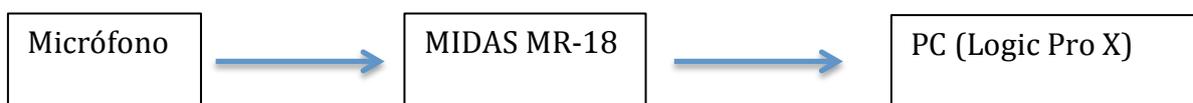
Ilustración 7: Micrófono AUDIX OM7

- AKG Solid Tube:



Ilustración 8: Micrófono AKG Solid tube

3.3.2 Conexionado



3.4 Mezcla

En la fase de mezcla se consolidarán todas las pistas en un conjunto sólido efectuando el correspondiente balance de niveles, ecualizaciones, efectos y ajustes necesarios mediante plugins.

3.5 Masterización

En la fase de Masterización se procederá a dar a todo el conjunto de canciones un volumen coherente y a pulir el resultado para que sea apto para todo tipo de soportes siguiendo los estándares establecidos según las distintas plataformas digitales existentes.

4 Planificación

Debido a la naturaleza del trabajo realizado se ha seguido una planificación interactiva ya que ha sido necesario revisar constantemente las distintas actividades ya realizadas en busca de fallos o para reforzar ciertas partes de estas. Por lo tanto, no se han invertido las horas únicamente para una tarea según la semana, si no que se han distribuido según la necesidad de cada producción sin sobrepasar el límite semanal que se había establecido para su realización

TOTAL: el tiempo estimado de realización de este proyecto es de unas 15 semanas.

Semana Tarea	S1 10 feb	S2 17 feb	S3 24 feb	S4 2 mar	S5 9 mar	S6 16 mar	S7 23 mar	S8 30 mar	S9 13 abr	S10 20 abr	S11 27 abr	S12 4 may	S13 11 may	S14 18 may	S15 25 may
T1 Coordinación	H1					RS 1						RS 2			
T2 Grabación		T2.1	T2.1	H2 E2											
T3 Revisión y MIDI					T3	H3 E3									
T4 Procesado							T4.1	T4.2	H4 E4						
T5 Mezcla										T5.1	T5.2	H5 E5			
T6 "Masterización"													T6	H6 E6	
T7 Presentación															T7 H7 E7

Ilustración 9: Planificación temporal inicial prevista

5 Propiedad intelectual y remuneración

Dado que la producción realizada es de composición propia, no se infringen derechos de autor ajenos. Establecido esto, los derechos de autor, distribución y transformación corresponden al compositor. Para hacer valer la autoría no es necesario pero se puede acreditar si se registran en el Registro de la Propiedad Intelectual.

6 Preproducción

Primero se tiene en cuenta el resultado sonoro al que se pretende llegar, teniendo en cuenta las limitaciones presentes a nivel de equipo.

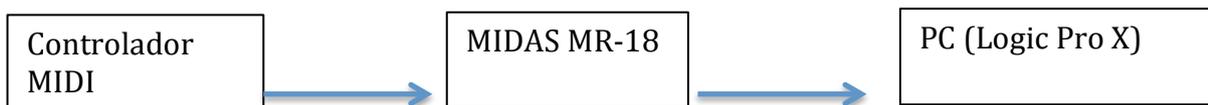
Dado la variedad de estilo e instrumentación de cada uno de los temas cada uno se aborda desde un punto de vista distinto para no extender la explicación del proceso aplicado se dará visión general de los métodos empleados y su razonamiento.

6.1 Configuraciones del home studio

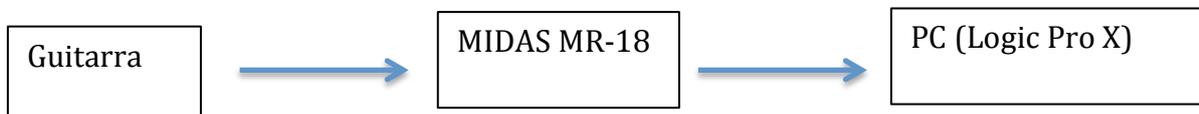
Dependiendo del tipo de señal que se vaya a grabar se han empleado distintos conexiones. En este caso distinguiremos entre tres tipos:

- **Señales de voz:** Se empleará el micrófono deseado con un filtro antipop para evitar las frecuencias más sibilantes y consonantes problemáticas como la “p” o “b” además de un marco de material aislante para evitar reflexiones en la parte trasera del transductor, todo esto conectado a través de la interfaz de la MR18 al software Logic Pro X.
- **Señales MIDI:** Se empleará un controlador MIDI para grabar todos los sonidos obtenidos mediante instrumentos virtuales además de los sonidos sintetizados.
- **Señales de instrumento físico:** Se empleará la salida de línea del instrumento para grabar la señal sin alterar para su posterior tratamiento.

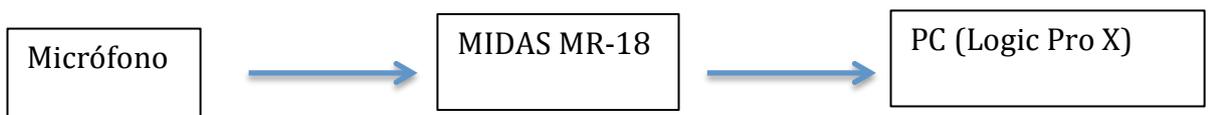
6.2 Configuración para sintetizadores y otros instrumentos



6.3 Configuración para guitarra



6.4 Configuración para voces



7 Grabación

Dado que durante la fase de grabación se pueden dar errores tanto por factor humano como por software, el proceso puede verse ralentizado teniendo que realizarse distintas tomas de un mismo instrumento.

8 Descripción del DAW

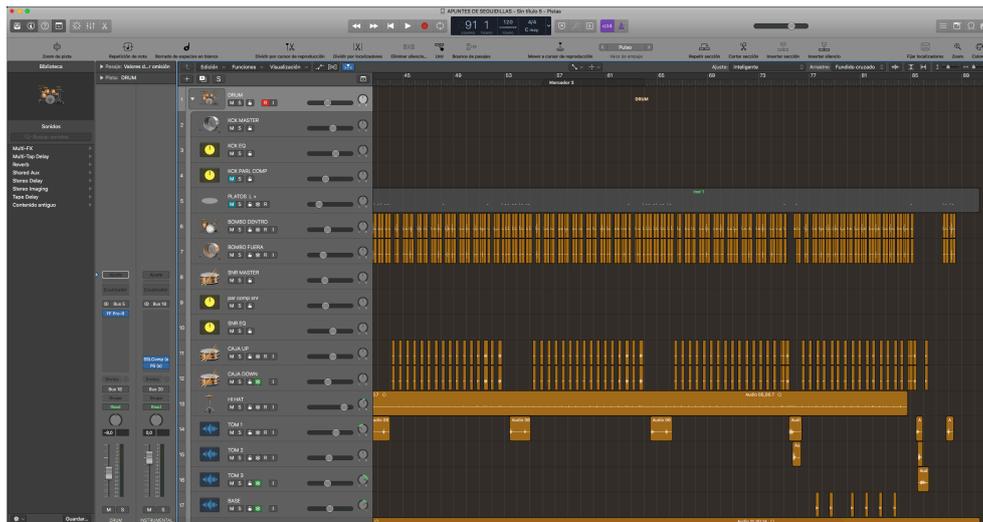


Ilustración 10: DAW empleado, Logic Pro X

Para el desarrollo de este proyecto se ha elegido la estación de trabajo para audio Logic Pro X dado que se ha adquirido cierta familiaridad y manejo de sus herramientas en el desarrollo de las practicas de empresa. Como soporte para esta se emplea un Macbook Pro 15-inch Retina Late 2013 además de un controlador MIDI (teenage engineering OP-1) para poder introducir las señales MIDI cuando sea necesario. Se ha elegido sobre otros DAWs empleados en la carrera dado que su interfaz es más sencilla de comprender y mucho más versátil a la hora de emplear herramientas empleadas para la manipulación temporal o en frecuencia de señales de audio además de la gran biblioteca de instrumentos virtuales que posee.

9 Mezcla

En esta fase se disponen las pistas grabadas para nivelar los volúmenes además de añadir los plugins necesarios para conseguir los efectos y paisajes sonoros deseados. Debido al distinto estilo de las diferentes producciones incluidas la predominancia

espectral de cada una de ellas depende de la mezcla realizada según el efecto deseado. Antes de comenzar la mezcla se deben volcar las pistas audio de esta manera evitaremos sobrecargar la CPU del equipo empleado ya que no tendrá que cargar todos los instrumentos virtuales empleados además de cargar toda la librería de samples y ejecutarlas según son disparadas. De esta manera también tratamos una señal de audio lo cual permite un sonido más realista una vez tratado.

Es de vital importancia usar la ecualización para que cada señal solo tenga presencia en la parte del espectro sonoro en la que sus frecuencias fundamentales y principales armónicos conviven y recortar toda información no necesaria dado que el solape de frecuencias de bajo nivel puede provocar que la mezcla final no suene contundente debido a la presencia de toda esa información espectral que no es útil. Es también muy importante ser muy consciente de elegir que señal debe ser la de mayor presencia en las zonas de conviven varias sobre todo en frecuencias bajas, por ejemplo, bombo y bajo. Como último punto a destacar del procedimiento, es esencial durante el proceso comprobar el balance espectral de la mezcla, este tema se tratará con mayor profundidad en el apartado de masterización.

9.1 Batería

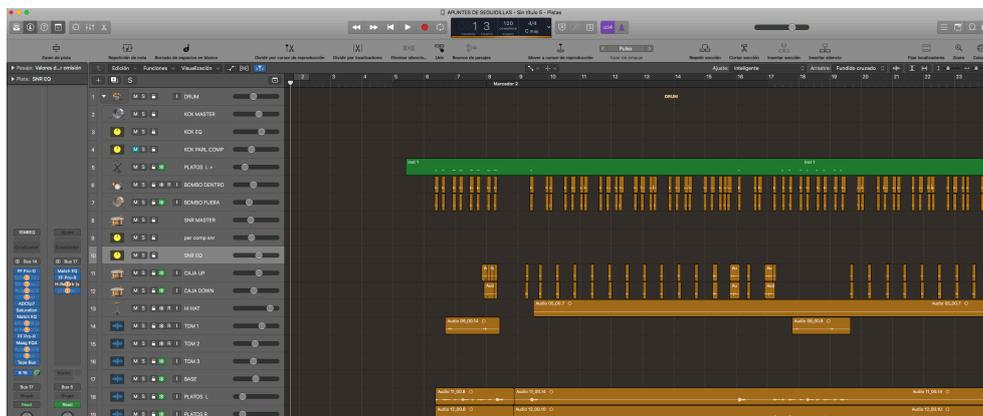


Ilustración 11: Disposición de las señales de un kit de batería

El instrumento virtual empleado para grabar las baterías permite separar la cantidad de señal que cada componente envía a todos los micrófonos de manera que se simula de manera realista la sonorización de una batería física. Para poder tratarla se separan todos los componentes en distintos canales auxiliares y se convierten a audio para su tratamiento. Hay que tener en cuenta que dada la naturaleza de este instrumento es necesario eliminar frecuencias invasoras del espectro para cada toma de cada parte del instrumento.

De manera global todo el instrumento se envía a un auxiliar donde se comprime la señal de manera drástica para mezclarla en paralelo con la señal sin comprimir para lograr más impacto en las partes de la composición que sea necesario.

9.1.1 Tratamiento

9.1.1.1 Bombo

Se emplea un compresor para mantener constante el volumen de la señal y estabilizar las dinámicas de esta una vez recortados los trozos de señal donde están los transitorios que interesa conservar:



Ilustración 12: Compresor

Se aplican también dos ecualizaciones para lograr dos efectos concretos sobre la señal:



Ilustración 13: Primera ecualización del bombo

Con esta ecualización eliminamos las frecuencias subgraves que no aportan información útil, eliminamos las frecuencias donde la señal de la caja puede entrometerse e impulsamos la pegada en torno a los 60-100 Hz.



Ilustración 14: Segunda ecualización del bombo

Con la aplicación de esta ecualización resaltamos el rango de frecuencias en el que pedal del bombo choca con el parche y eliminamos pequeñas resonancias en las frecuencias graves.

9.1.1.2 Caja

Primero se recortan los trozos de señal donde se encuentra la señal que interesa conservar.



Ilustración 15: Disposición de pistas de una caja

Se aplica un compresor para reducir la su dinámica, además de una ecualización y una pequeña cantidad de saturación para añadir algunos armónicos a la señal. Este procedimiento es idéntico para el micrófono inferior y superior de la caja variando solo en los parámetros de la ecualización.



Ilustración 16: Compresión aplicada al micrófono superior



Ilustración 17: Compresión aplicada al micrófono inferior de la caja

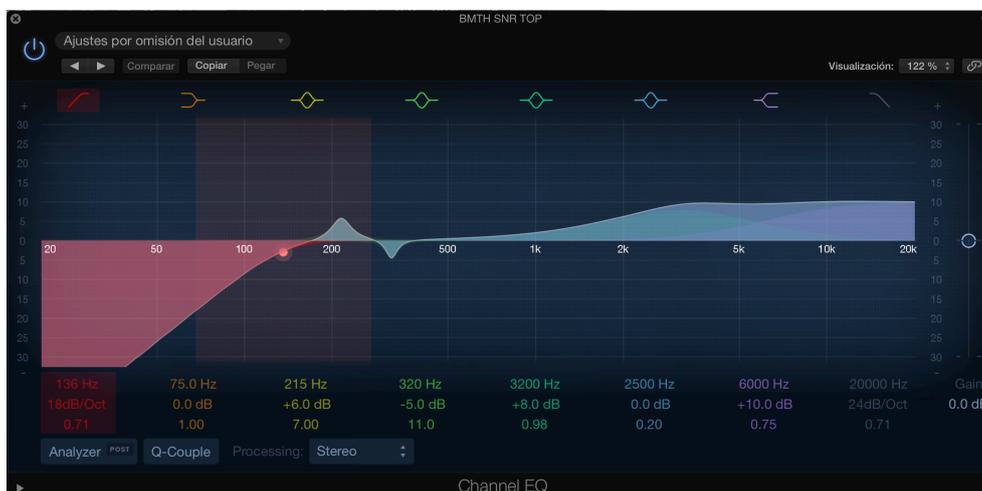


Ilustración 18: Ecuación aplicada al micrófono superior de la caja

Con esta ecualización eliminamos las frecuencias graves no deseadas y resaltamos la zona de 200 Hz que da como resultado un sonido más “grande” y añadimos brillo resaltando la zona en la que se encuentran las frecuencias donde vibra la bordonera.



Ilustración 19: Ecualización aplicada al micrófono inferior de la caja

Con esta aplicación se busca el mismo resultado que con el micrófono superior además de eliminar frecuencias molestas.



Ilustración 20: Saturación aplicada al micrófono superior de la caja

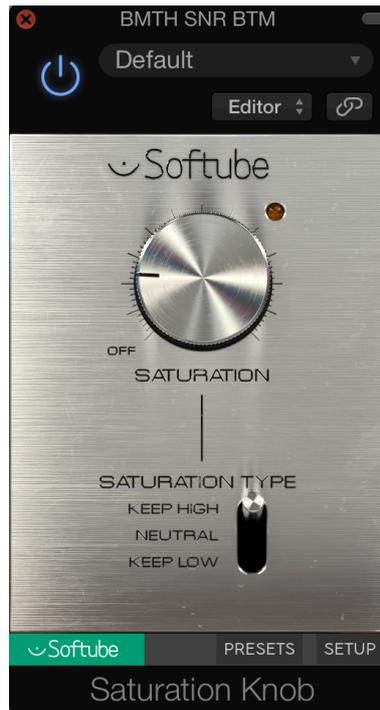


Ilustración 21: Saturación aplicada al micrófono inferior de la caja

9.1.1.3 Toms



Ilustración 22 Disposición de pistas de Toms

Se aplica saturación para añadir brillo a la señal y una ecualización que será dependiente de la frecuencia fundamental del tom a tratar debido a la afinación distinta que estos pueden presentar.



Ilustración 22: Saturación aplicada a un tom



Ilustración 23: Ecuación aplicada a un tom

Con esta aplicación resaltamos la frecuencia fundamental del tom y eliminamos las resonancias del parche que en este caso están en torno a los 500 Hz.

9.1.1.4 Hi-Hat

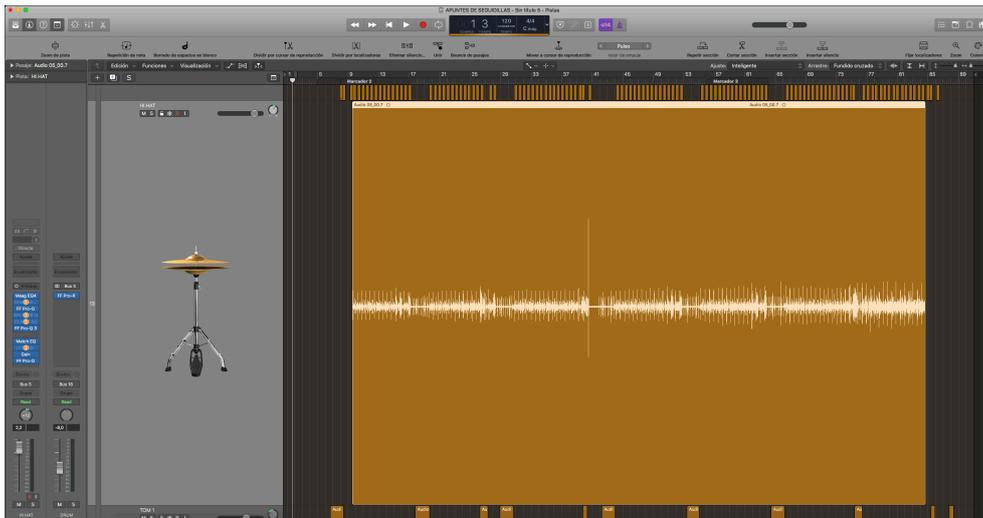


Ilustración 24: Disposición de pistas de Hi-Hat

Se aplica una combinación entre compresión y limitación para que los golpes sean lo más constantes en volumen posible y una ecualización:



Ilustración 25: Compresión/limitación aplicada al hi-hat

Con este plugin se consigue incrementar el nivel en RMS de la señal mediante compresión con auto ganancia y limitación de picos en vez de solo aumentar el nivel de pico de esta.



Ilustración 26: Ecuación aplicada al hi hat.

9.1.1.5 Aéreos



Ilustración 27: Disposición de pistas de micrófonos aéreos

Se aplica una ecualización para eliminar todas las frecuencias graves que no son fundamentales en los sonidos de los platos de la batería.



Ilustración 28: Ecuación aplicada al hi-hat

9.1.1.6 Ambiente

Se aplica ecualización para evitar la presencia innecesaria de las frecuencias graves del bombo y la caja además de atenuar las frecuencias fundamentales de los platos que ya están presentes en los micrófonos propios para esas señales.



Ilustración 29: Ecuación aplicada a los micrófonos de ambiente.

9.2 Guitarras



Ilustración 30: Disposición de pistas guitarras

Para las guitarras se ha empleado una combinación de grabaciones realizadas con guitarras reales además de simuladores MIDI. Se parte de una toma de línea sin tratar para posteriormente emplear simuladores de amplificadores digitales para lograr el efecto deseado.

9.2.1 Tratamiento

Partiendo de la toma de línea esta pasa primero por un simulador de pedalera de efectos en que se le aplica un efecto de *overdrive* para distorsionar levemente la señal, tras esto la señal se envía a un simulador digital de amplificadores para terminar de crear el tono deseado.



Ilustración 31: Simulador de pedalera de guitarra.



Ilustración 32: : Simulador de amplificador de guitarra.

Tras esto se pasa la señal por un ecualizador para eliminar las frecuencias molestas que provoca la distorsión del amplificador y algunos rangos de frecuencias donde se producen sonidos concretos como el sonido de la púa golpeando las cuerdas en torno a los 6-8 kHz.

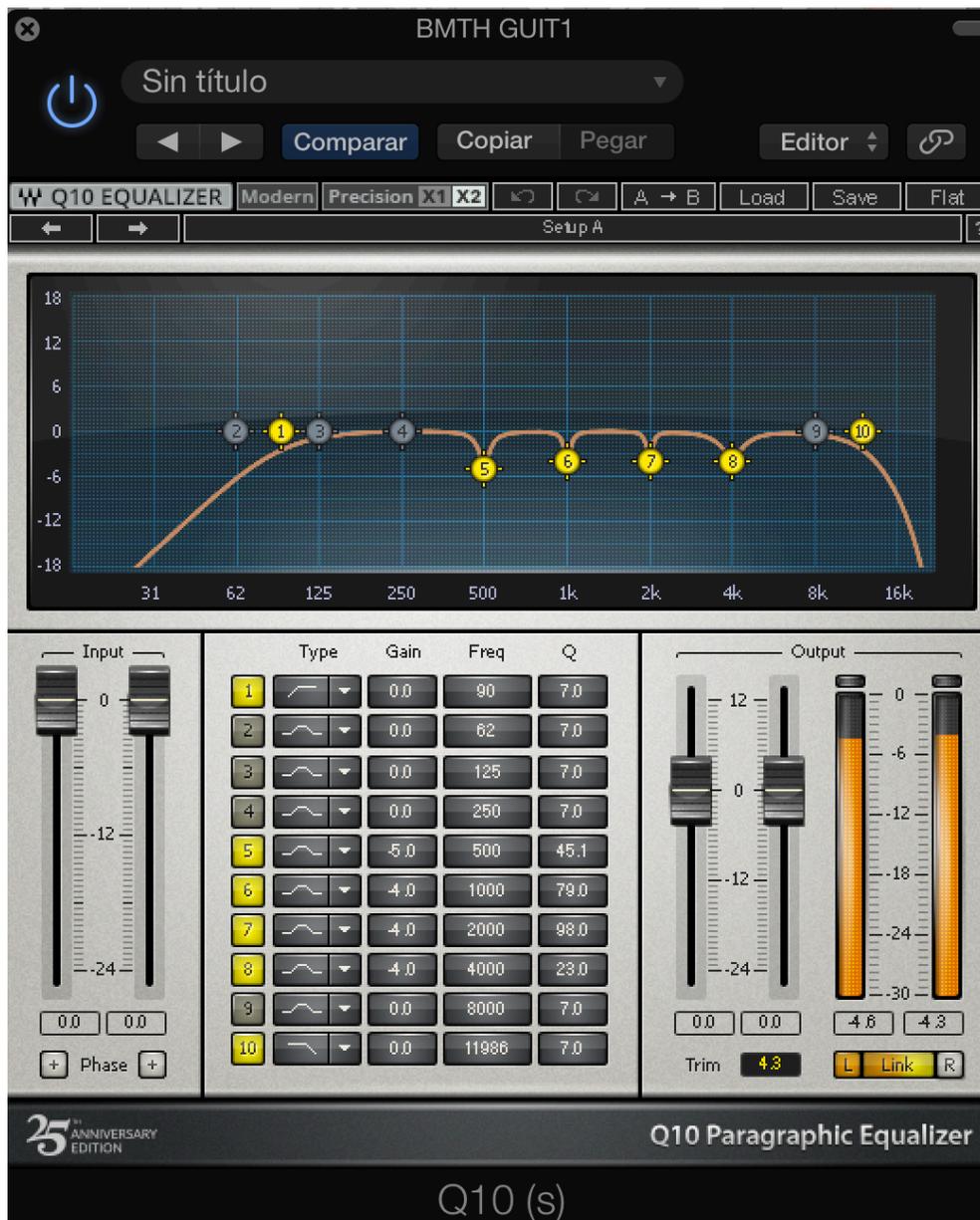


Ilustración 33: Eliminación de frecuencias molestas de la guitarra.

Para controlar las frecuencias graves de las cuerdas que pueden quedar resonando se aplica un compresor multibanda en ese rango de frecuencias para mantenerlas a un volumen constante, este proceso fue creado por Andy Sneap, productor musical británico.



Ilustración 34: Compresor multibanda aplicado a la guitarra.

Una vez controladas las frecuencias que puedan ser molestas se perfila el tono mediante otra ecualización resaltando las frecuencias que permiten a la señal sobresalir de la mezcla de manera natural.



Ilustración 35: Ecualización aplicada a la guitarra.

Teniendo en cuenta que para dar la impresión de un sonido más impactante se han distribuido dos guitarras una en el canal izquierdo y otra en el derecho se aplica otra

ecualización complementaria para diferenciar las señales entre sí. De este modo se consigue que se perciba un sonido más completo.



Ilustración 36: Ecualización de guitarra del canal izquierdo.



Ilustración 37: : Ecualización de guitarra del canal derecho.

9.3 Bajos

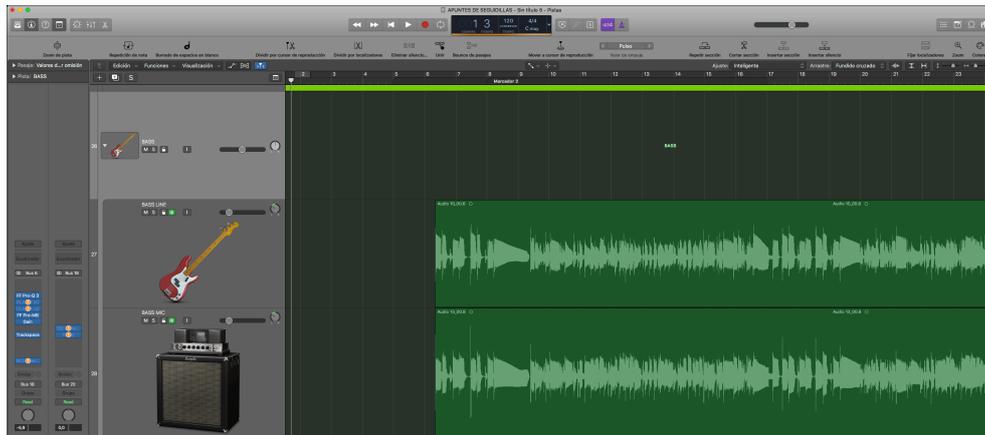


Ilustración 38: Disposición de pistas de bajo

Para los bajos se han empleado instrumentos virtuales emplear sintetizadores para crear otros efectos sonoros cuando ha sido necesario por lo cual e ha tratado el sonido como se verá a continuación para darle el mayor realismo posible.

9.3.1 Tratamiento

Primeramente se emplea un distorsión multibanda de manera que solo distorsionamos un rango de frecuencias deseado ignorando las frecuencias graves, de esta manera no se pierde la presencia de esas frecuencias y solo se altera el rango de frecuencias medio de la señal.



Ilustración 39: Distorsión aplicada al bajo.

Tras esto se emplea un plugin de reverberación por convolución. Con este plugin se pueden simular espacios distintos mediante la respuesta al impulso de estos, hoy en día se emplean también para simular el tono de distintos amplificadores de guitarra y bajo dado que los fabricantes ponen a disposición del público los archivos .wav de estas.



Ilustración 40: Parámetros de la respuesta al impulso empleada

Tras esto se aplica una ecualización con la que eliminamos todas las frecuencias por debajo de la fundamental del bajo, que en este caso está en torno a los 50 – 60 Hz para dejar espacio para el subgrave del bombo de la caja y para reforzar la percepción de las frecuencias graves restantes reducimos la presencia de las frecuencias medias en torno a los 500 Hz. Gracias a este recorte en frecuencias medias reforzamos la percepción de as frecuencias graves



Ilustración 41: Ecualización aplicada al bajo

Tras esto comprimimos la señal par a evitar saltos en dinámica por el efecto de distorsión aplicado manteniendo la percursividad del instrumento mediante un ataque lento del compresor.



Ilustración 42: Compresión aplicada al bajo.

Para mantener la señal dentro de su espacio en el espectro aplicamos otra ecualización eliminando las frecuencias agudas que no aportan información útil.



Ilustración 43: Eliminación de frecuencias innecesarias aplicada al bajo.

Para terminar de perfilar el tono del instrumento la añadimos armónicos que provocan la ilusión de mayor presencia de frecuencias graves.



Ilustración 44: Aplicación de armónicos al bajo.

Por último para controlar la zona del espectro en la que se sitúa el ataque de la púa contra las cuerdas del instrumento aplicamos un compresión multibanda con el objetivo de reducir los pequeños picos que se pueden producir en ese rango y para mantener constante el rango de frecuencias graves.



Ilustración 45: Compresión multibanda aplicada al bajo.

9.3.2 Sub-bajos

Dada la naturaleza de estos sonidos, sus frecuencias fundamentales suelen estar por debajo de los 60 Hz es necesario controlar su dinámica para evitar problemas en la fase de masterización.



Ilustración 46: Compresor aplicado a los sub-bajos.

Tras esto se aplica un excitador armónico para aplicar armónicos en frecuencias superiores de manera que el oído las asocie con las graves.



Ilustración 47: Excitador aplicado a sub-bajos

Para controlar que no haya conflicto entre las frecuencias del bombo y del sub-bajo se emplea un a ecualización dinámica que comprime el rango de frecuencias donde ambas señales coinciden. En este caso solo comprime cuando hay señal del bombo ya que se enlaza al plugin con la señal del bombo mediante sidechain.



Ilustración 48: Ecualización dinámica aplicada al sub-bajo.

Para darle una sensación de mayor brillo y de imagen estéreo al sonido se mezcla en paralelo con la misma señal filtrada paso alto eliminando todas las frecuencias graves y distorsionando el resto de estas. Se invierte la fase de uno de los dos canales de la señal de manera que el efecto que crea esta señal solo será perceptible si la mezcla se escucha en estéreo ya que la inversión de fase provoca su eliminación en sistemas mono.



Ilustración 49: Inversión de fase aplicada la señal paralela al sub-bajo.

9.4 Voces

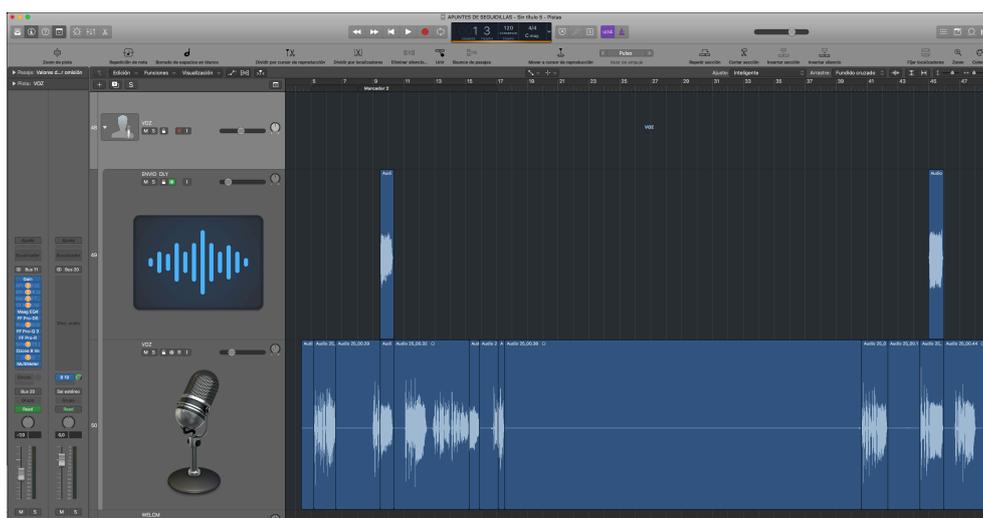


Ilustración 50: Disposición de pistas de voz

Una vez grabadas las voces se ha procedido a cuantizarlas además de afinarlas cuando ha sido necesario tratando de dejar un margen de naturalidad en la grabación.

Antes de realizar cualquier proceso que afecte a la dinámica o aplicar algún efecto se alinean y afinan las tomas.

Las tomas se afinan según sea conveniente, en algunos casos solo es necesario darle un ultimo empuje a estas y en otras ocasiones hay que analizar la señal para afinarlas en las zonas donde sea conveniente.



Ilustración 51: Plugin retoque detalles en la afinación de las tomas de voz.

Para las afinaciones que requieran mayor trabajo Logic Pro posee una herramienta llamada Flex Pitch, que permite analizar la señal e identificar las notas musicales de esta además de poder modificarlas.

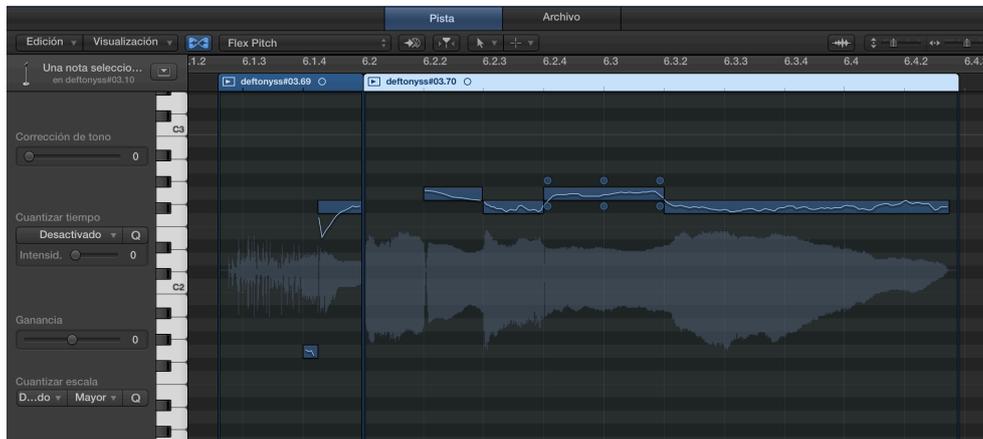


Ilustración 52 Herramienta Flex Pith.

9.4.1 Alineamiento

En las producciones que poseen arreglos con muchas tomas de voz realizando armonías o distintos efectos siempre existirá un pequeño margen de error humano. Estas tomas no estarán del todo alineadas.

Es imprescindible en estos casos alinear los pequeños errores en función de la pista que determinemos como principal. Como herramienta para estos casos se ha empleado la herramienta Flex Slicing del Logic Pro para desfases puntuales y para casos más extensos se emplea la herramienta VocalAlign que permite analizar toda una pista de voz y la alinea a la pista que determinemos como referencia. Es necesario según la producción alinear de manera manual las distintas tomas vocales además de recortar ciertas partes molestas como por ejemplo las partes en la que se pronuncie la letra “f” e ir regulando el volumen de estas zonas para que no sobresalgan demasiado con respecto al resto de la señal.



Ilustración 53: Ejemplo regulaciones y recortes manuales en una toma de voz

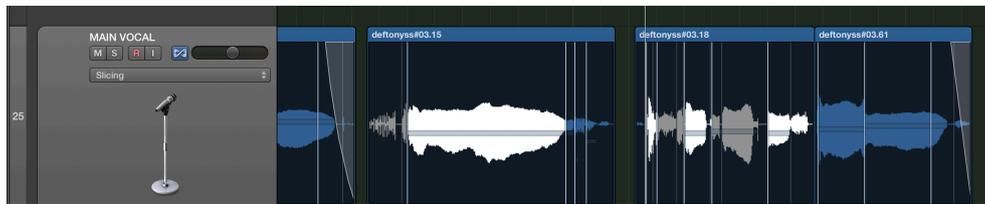


Ilustración 54: Herramienta Flex Slicing.

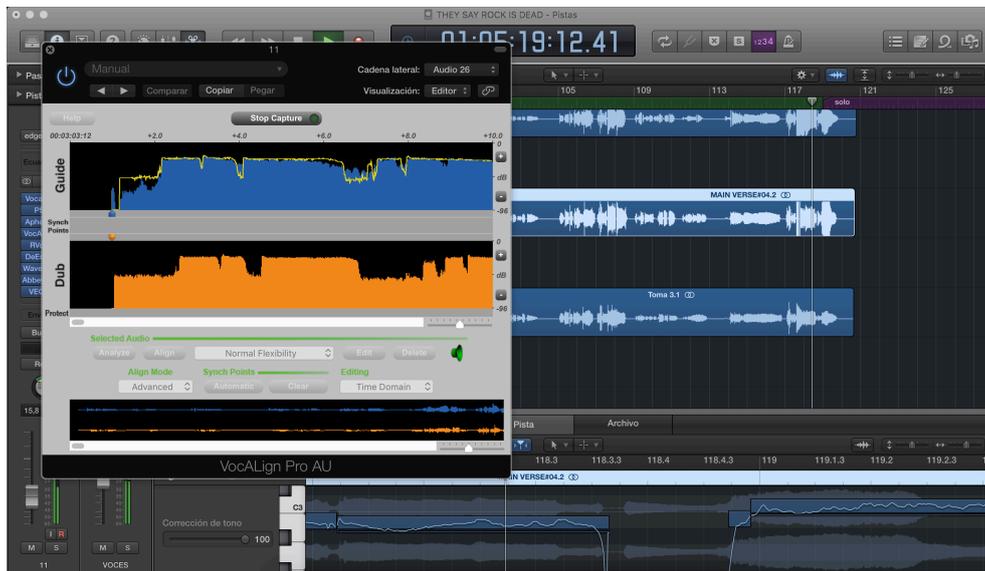


Ilustración 55: Plugin VocAlign.

9.4.2 Tratamiento

Tras alinear todas las tomas según sea necesario se procede al tratamiento de las señales empezando por un control de volumen que simula lo que haría un técnico en un estudio controlando los *fader* de una mesa.



Ilustración 56: Control de volumen de una pista de voz

Tras esto controlamos las frecuencias nasales que puedan existir en la grabación mediante una ecualización dinámica que en vez de reducir por completo las frecuencias seleccionadas, nos permite comprimirlas para mantener su presencia en menor medida. Este proceso hay que realizarlo analizando con cuidado el espectro para seleccionar las frecuencias correctas para no eliminar frecuencias características de la voz.



Ilustración 57: Ecuación dinámica aplicada a una toma de voz

Tras esto se comprime la señal para controlar su dinámica y se procede a emplear un de-esser para eliminar los sonidos silábicos que puedan sobre salir mucho dentro de la grabación, esto se hará en combinación con un proceso de análisis de la señal en la que habrá que regular el volumen de entrada o de salida de ciertas partes para que algunos sonidos como los de las letras “t”, “g” o “d” no suenen antinaturales.



Ilustración 58: Compresión aplicada la voz

El proceso de eliminación de sibilantes se realiza después de la reducción de dinámica ya que esta puede resaltar estas frecuencias.



Ilustración 59: De-esser aplicado a la voz.

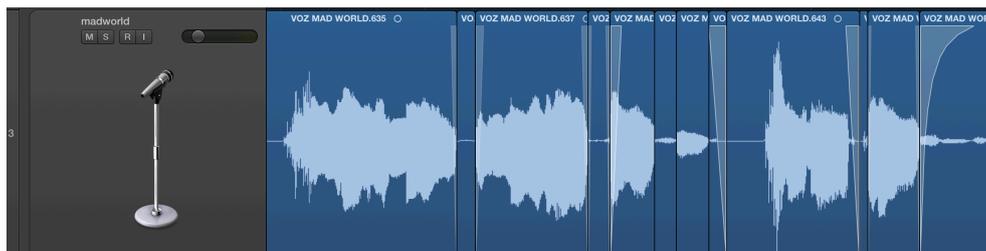


Ilustración 60: Proceso de atenuación de sílabas molestas.

Tras esto se aplican efectos según se desee, chorus, flanger, reverb o delay.



Ilustración 61: Flanger aplicado a la voz.



Ilustración 62: Delay aplicado a la voz.

9.5 Teclados



Ilustración 63: Disposición de pistas de teclados

Dependiendo del tipo de sonido que se haya empleado, pianos, sintetizadores distorsionados o sintetizadores de ambiente se ha dado un trato diferente para que cada elemento tuviera su lugar en el espectro según sus características.

9.5.1 Tratamiento

Se aplica compresión para ajustar la dinámica y ecualización.



Ilustración 64: Compresión aplicada al piano.



Ilustración 65: Ecuación aplicada al piano.

9.6 Otros instrumentos

Se han empleado también samples de distintas librerías, grabados, o extraídos de otras canciones para tratarlos dentro del contexto de cada producción. Estos sonidos para un fácil manejo fueron introducidos en un sampler para mediante MIDI reforzar las partes de la producción que se considerara necesario

9.7 Sonidos creados por síntesis

Un ejemplo de sonido creados por síntesis mediante el sintetizador virtual SERUM es el siguiente:



Ilustración 66: Interfaz del sonido creado

Se parte de un preset vacío al que se incluye dos osciladores de la librería del plugin, ambos de ondas complejas a los cuales modificamos ciertos parámetros como blend y el detune que modifican como se mezclan ambos osciladores y cuánto se desafina uno del otro respectivamente. Se incluyen además otros dos parámetros que terminan de dar forma al sonido base. Un sub que incluye una onda de sub-graves del tipo que se indique, senoidal, triangular o cuadrada, en este caso se elige senoidal. El otro parámetro incluido es ruido que permite darle un efecto “granulado” al sonido. Una vez conseguido esto se pasa a modificar los parámetros que definen la forma de “disparo” del sonido.

Los envelopes dan forma al ataque y al reléase del sonido cada vez que se dispara, se incluyen 3, dos de ataque corto para darle cierta percusividad al sonido y un tercero para sostener el sonido en el tiempo y que no sea excesivamente corto. El segundo envelope se une al parámetro “detune” del oscilador A de manera que cada vez que se dispara el sonido el “detune” pasa de su mínimo a 0 por lo que se da un efecto rápido de ascenso en frecuencia.



Ilustración 67: Rack de efectos del sonido creado

Para terminar de pulir el sonido deseado se emplea el motor de efectos que incluye el plugin aplicando distorsión además de el efecto Hyper que actúa como un doblador de tantas voces como el parámetro unison indique además de una reverberación para dar cierto espacio al sonido.

9.8 Automatización

El objetivo de la automatización es conseguir que los volúmenes de las pistas sean consistentes en toda la grabación. De esta manera se equilibran las intensidades de las pistas en caso de que el intérprete no haya tocado con un intensidad consistente en toda la grabación. Se puede aplicar automatización también a otros parámetros como a la panorámica, o efectos insertados en la pista para modificar sus parámetros según sea necesario.

Como ejemplo se muestra la automatización de una zona de una producción con alta presencia de elementos orquestales en la que se automatizó manualmente el parámetro MIDI referente al ataque de cada instrumento para dar realismo al resultado.



Ilustración 68: Automatización de parámetros MIDI.

9.9 Efectos de panorámica

Los efectos de panorámica se han empleado para dinamizar la mezcla de manera que haya elementos en movimiento que capten la atención del oyente además de colocar algunas pistas concretas en configuración mono canal para dar una sensación de profundidad.

Por ejemplo se a automatizado una señal de una de las producciones de manera que cambia de canal con el tiempo de la canción:



Ilustración 69: Ejemplo de automatización de efecto de panorámica

9.10 Imagen estéreo

Al igual que para los efectos de panorámica se ha tratado de distribuir todos los sonidos para dar la sensación de que el resultado tiene una gran dimensión espacial dentro de los posible aprovechando efectos que influyen en la psicoacústica del oído ya que estamos limitados a dos canales, izquierdo y derecho.



Ilustración 70: Ejemplo de paneo

9.10.1 Mixer



Ilustración 71: Imagen del mixer.



Ilustración 72: Imagen del mixer 2.

9.10.2 Stereo imager:

La imagen estéreo se puede dividir en 3 zonas:

- La zona central de 90 grados.
- La zona izquierda de 45 grados.
- La zona derecha de 45 grados.

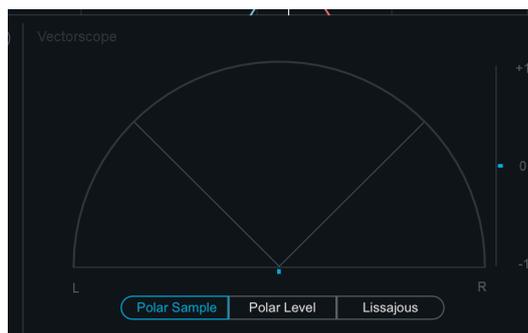


Ilustración 73: Imagen estéreo.

Emplear el sistema de panning que poseen los DAWs por defecto limita a la señal solo a la zona de 90 grados central por lo que perdemos el potencial de la imagen completa de 180 grados.

Para esto se emplean el delay y la cancelación de fases. Si se separa una señal mono en dos señales distintas y se retrasa una con respecto a la otra se produce una cancelación de fases que produce una sensación de ensanchamiento haciendo que la señal cubra las zonas de 45 grados restantes de la imagen estéreo.

La cantidad de ensanchamiento depende de varios factores como la cantidad de delay empleado, la amplitud de la señal tratada y la frecuencia.

Los plugins de tipo imager emplean este tipo de sistema para aumentar la imagen estéreo de la señal ajustando al cantidad de “ensachamiento” aplicada al rango de frecuencias seleccionado, este proceso se puede usar tanto en fase de mezcla como de masterización. En caso de emplearlo durante la fase de masterización es necesario ser muy cuidadoso ya que expandir la imagen estéreo en grandes cantidades puede provocar la pérdida de energía en la zona central de la imagen lo cual se traduce en una pérdida de impacto o de consistencia en la producción.

Hay que diferenciar entre anchura y profundidad.

Con anchura nos referimos a la localización de una señal en el campo de 180 grados de la imagen estéreo. Con profundidad hacemos referencia a la amplitud de dicha señal, una señal de mayor sonoridad aparentará estar más “cerca” del oyente y en caso contrario aparentará mayor distancia con respecto a oyente. Este último parámetro puede verse afectado por procesamientos temporales como reverberación o delay que también puede influir en la profundidad percibida de una señal.

La profundidad puede verse afectada durante el proceso de masterización dado que una señal que tuviera mayor profundidad puede ver su sonoridad muy incrementada durante el proceso de limitación por lo cual este aspecto debe ser considerado durante la fase de mezcla.

Existen también métodos de panning distintos a los empleados por defecto en los DAWs:

- **Paneo basado en delay:** Partiendo de dos señales idénticas, se retrasa una de ellas para crear cierta cancelación de fase. El efecto creado resulta muy natural ya que simula de manera bastante realista como una señal se retrasa al llegar a nuestros oídos en distintos momentos.
- **Paneo espectral:** Partiendo de dos señales idénticas se mantiene el rango frecuencial de una de ellas y se disminuye la presencia de altas frecuencias de la otra para simular la absorción y dispersión de altas frecuencias que produce nuestra cabeza cuando una señal acústica llega primero a un oído.

9.11 Match EQ

Logic Pro contiene una herramienta que permite analizar el espectro de una señal y compararlo con el de una de referencia creando la curva de ecualización necesaria para acercar el espectro de la señal lo más posible al de referencia. Esto es muy útil para darle un último empuje al balance espectral de la mezcla o de un grupo de instrumentos en concreto si se dispone de un multipistas de una producción de referencia ya que la curva de ecualización creada se puede aplicar según un porcentaje.

10 Masterización

Para la fase de Masterización se procederá a usar una cadena de compresión y ecualización para compactar la mezcla y ajustar su balance espectral como se mostrará a continuación, sus parámetros se modificarán en función de la mezcla.

Hay que resaltar varios aspectos que determinarán el resultado del proceso.

Para conseguir el volumen deseado se aplica un proceso de limitación por el cual toda señal que pase de un umbral determinado se rebaja a un “techo” que suele ser el nivel de pico de la señal final. Los procesos de limitación son dependientes de la frecuencia que se le introduzca, son más sensibles a frecuencias graves debido a la energía que estas acarrearán por lo cual como ya se ha mencionado anteriormente es de vital importancia

lograr un buen balance espectral en la mezcla final que sea similar a la respuesta del oído. Para demostrar estos conceptos se mostrará un ejemplo.

Con el mismo audio, podemos observar como al resaltar altas frecuencias el limitador empieza a reducir como es de esperar pero al resaltar frecuencias graves en un mismo nivel el rango de reducción que aplica es mucho mayor.

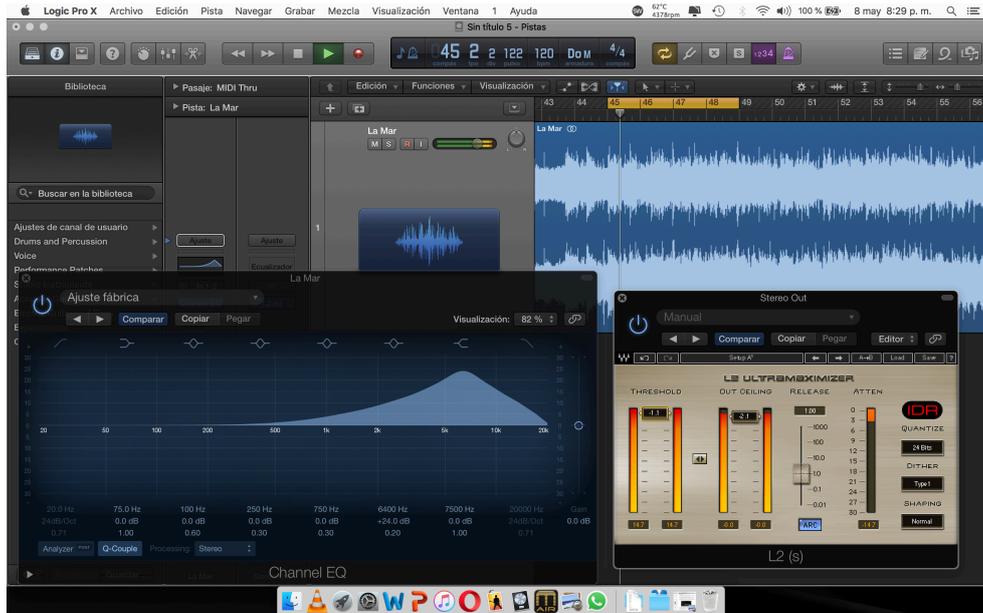


Ilustración 74: Limitación con resalte en altas frecuencias.



Ilustración 75: Limitación con resalte en bajas frecuencias.

El balance espectral se puede conseguir mediante el empleo de herramientas de análisis espectral que todos los DAW incluyen además de utilizar otras pistas del mismo género como referencia para guiarnos.



Ilustración 76: Herramienta de control del balance espectral

Como se comentó anteriormente las plataformas de streaming emplean los LUFs para establecer sus estándares de sonoridad, para saber si el master creado cumple o no con estos estándares se puede emplear una página online (<https://www.loudnesspenalty.com/>) que emplea los algoritmos de estas plataformas para mostrar cuantos dB se recortarán o se subirán el máster. Hay que tener en cuenta que en caso de que el máster esté por encima de los estándares este será recortado hasta llegar a la sonoridad determinada, y en caso de estar por debajo se aplicará limitación en algunas de ellas. Dado estos casos hay que buscar el compromiso según el género, en el caso de esta producción se ha decidido tratar de llegar al estándar en todas las canciones que no sean del género del rock tratando de llegar al estándar de Spotify de sonoridad integrada de -14 LUFs y -1 dB de pico y para las producciones más agresivas -13 LUFs y -2 dB de pico. Los niveles de pico establecidos por estas plataformas son necesarios para evitar distorsiones debido a las conversiones de formato que emplean para los archivos que se suben a estas.

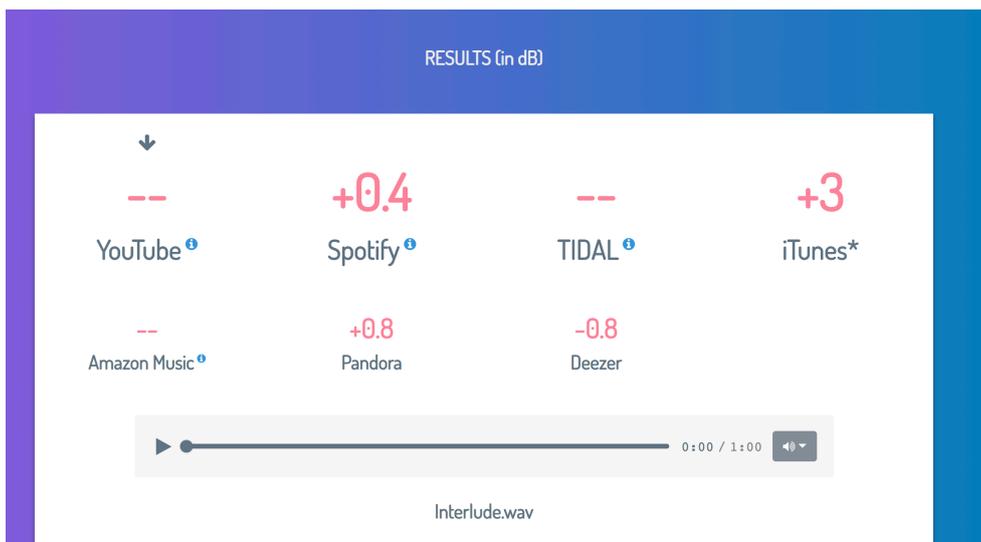


Ilustración 77: Herramienta para comprobar la cantidad de recorte efectuado en plataformas digitales

Una vez explicados los parámetros que se desean alcanzar, se describirá la cadena de máster que se ha empleado.

Para empezar el archivo de mezcla en 44 kHz y 24 bits se mezclará en paralelo con una versión sobre comprimida de esta para resaltar las dinámicas de esta:



Ilustración 78: Compresor aplicado al máster.

Se tratará la mezcla de manera que se consiga un balance espectral lo más similar a las pistas de referencia que se siguen además de emplear un emulador de cinta analógica para dar más calidez a la mezcla



Ilustración 79: Emulador de saturación analógica

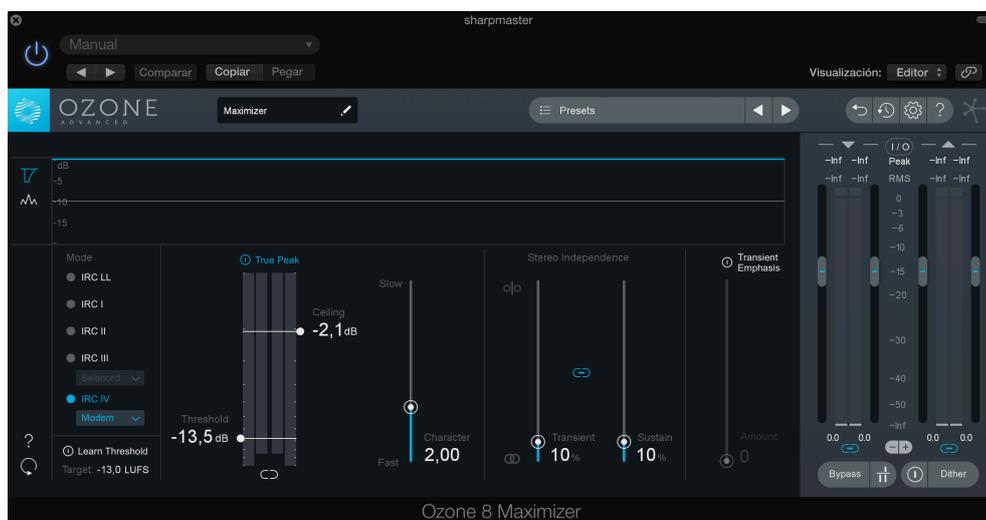


Ilustración 80: Limitador aplicado.



Ilustración 81: Ecuación aplicada al máster.



Ilustración 82: Medidor de sonoridad empleado.

10.1 Masterización de géneros más agresivos

Hay producciones que precisan un proceso distinto al descrito debido a la naturaleza de la producción

Para conseguir que perceptualmente el sonido sea más contundente hay que aplicar un procesamiento de dinámica más elaborado principalmente porque en este tipo de producciones los transitorios de la señal están muy presentes por lo cual para conseguir una mayor sonoridad hay que reducirlos sin reducir su impacto de manera significativa.

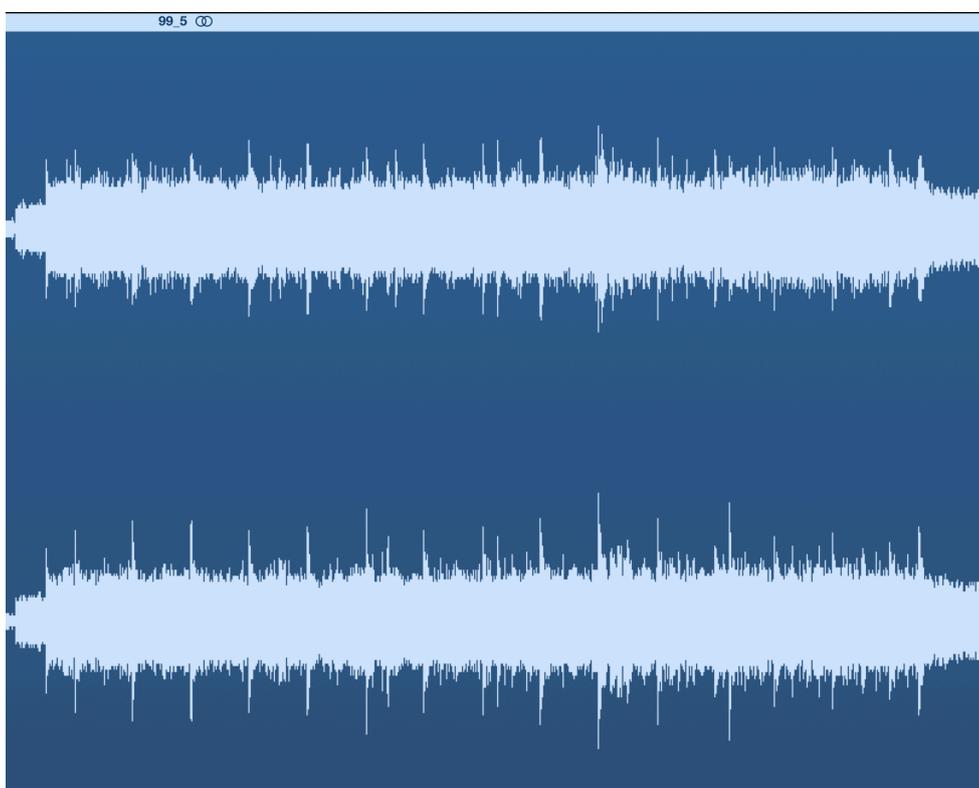


Ilustración 83: Ejemplo de señal con transitorios muy presentes

Como primer paso se mezcla la señal original en paralelo con la misma señal muy comprimida lo cual ayuda a resaltar las dinámicas y reducir el nivel de pico en cierta medida.

Tras esto aplicamos un compresor con ataque de unos 5 milisegundos y reléase de 10 milisegundos para reducir los picos de los transitorios en torno a 1 o 2 dB dependiendo de los niveles de esto. Una vez realizado esto se ha conseguido reducir el nivel de pico de la señal lo cual es una gran ventaja para poder conseguir una mejor sonoridad al pasar la señal por un limitador.

Tras esto se le aplica un compresor multibanda la señal que se empleará para mantener todas las bandas de frecuencia dentro de un rango deseado para mantener un buen balance espectral.



Ilustración 84: Compresor empleado para control de picos.



Ilustración 85: Compresor mutibanda para mantener un balance espectral.

Tras esto se emplea un plugin que simula la saturación analógica de un canal de una mesa para dar cierto color y armónicos al sonido.

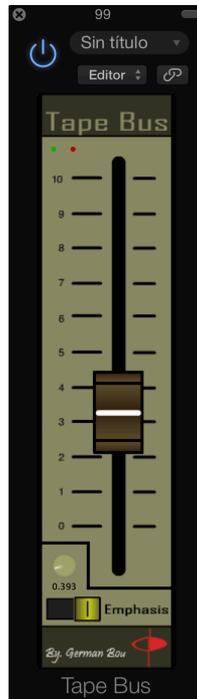


Ilustración 86: Plugin de saturación analógica.

Los siguientes 3 procesos son muy delicados y hay que ser muy cuidadosos a la hora de realizarlos y pasar todo el tiempo que sea necesario para conseguir el resultado deseado. Los procesos aplicados son :

- **Compresión multibanda:** solo se emplea en la banda por debajo de los 100 Hz donde se encuentran principalmente las frecuencias principales del bajo y las frecuencias subgraves del bombo de la batería. Es necesario mantener esta banda en un rango de sonoridad consistente para evitar el problema que se expuso anteriormente sobre cómo el limitador se ve influenciado por los cambios en sonoridad de frecuencias graves
- **Excitador multibanda:** Se emplea para añadir armónicos a distintas bandas determinadas por el usuario, este proceso puede cambiar mucho el sonido por lo cual hay que ser muy detallista con la cantidad de armónicos aplicada a cada banda.

- **Imager (expansor de imagen estéreo):** Se emplea para dar más sensación de espacio en la producción pero debe ser empleado con mucha precaución dado que un uso extensivo puede provocar problemas de fase en la señal provocando al cancelación de sonidos al escuchar la mezcla en mono.

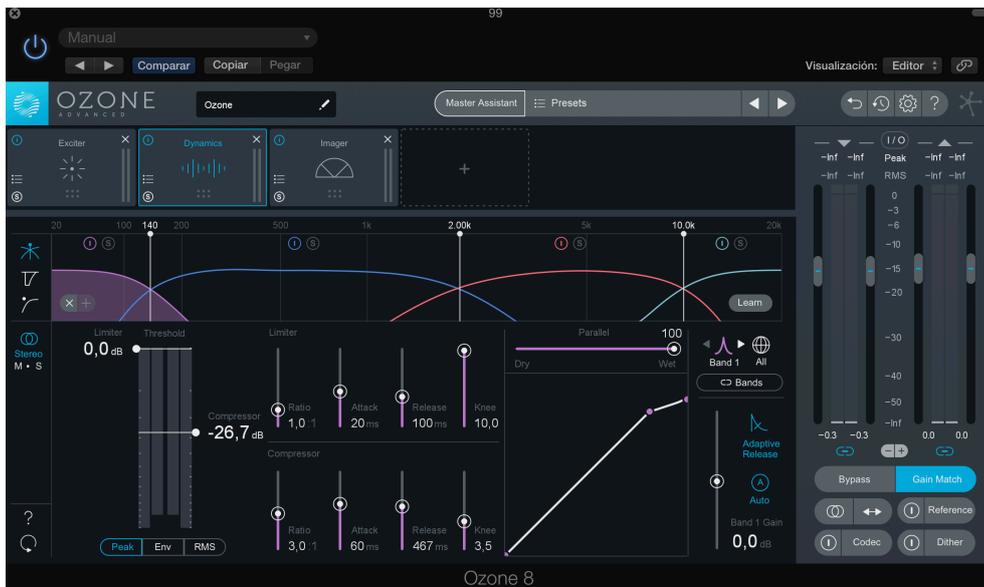


Ilustración 87: Compresor mutibanda empleado para controlar las frecuencias subgraves.

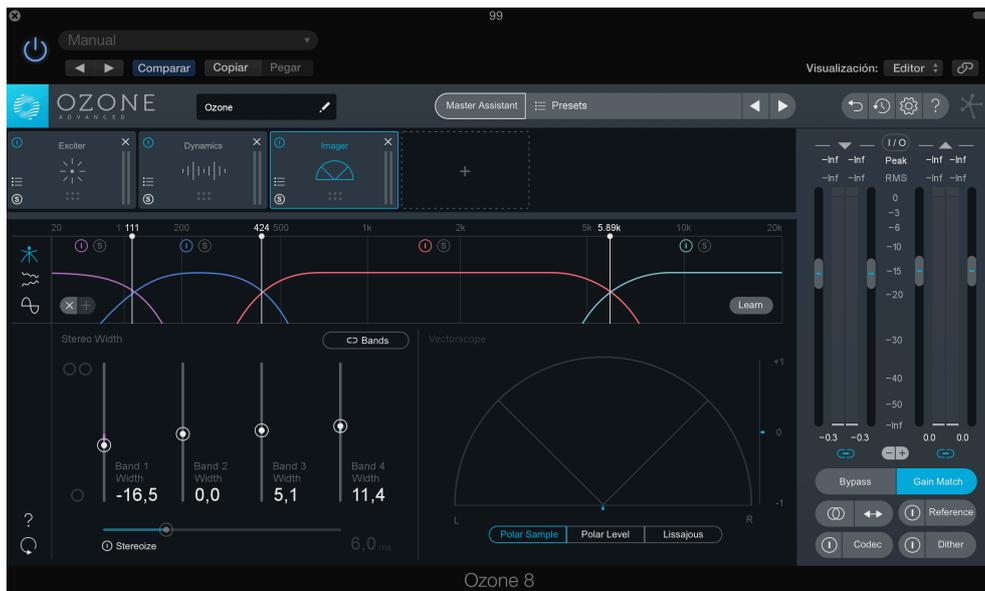


Ilustración 88: Stereo imager empleado para expandir la imagen estéreo.

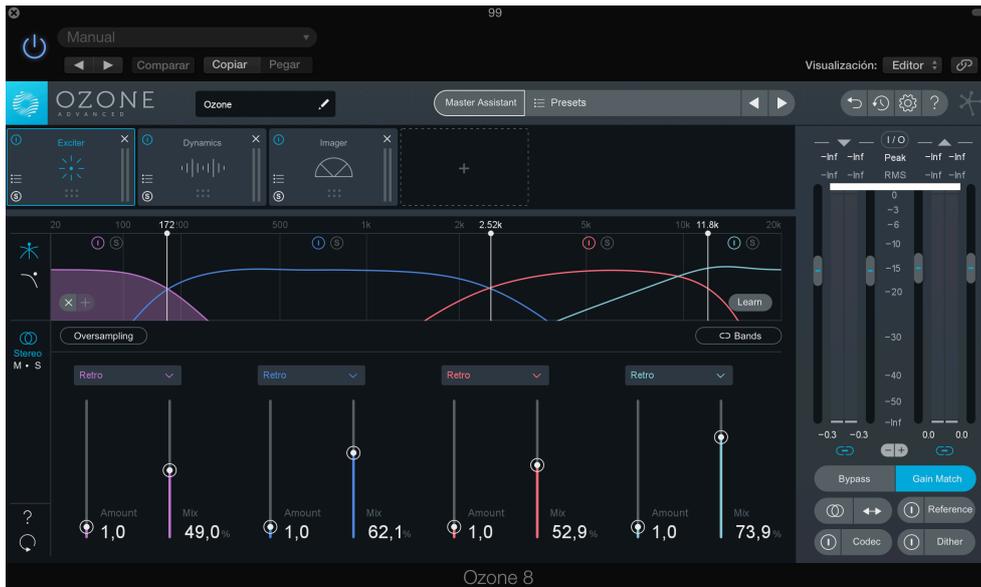


Ilustración 89: Excitador multibanda empleado para aumentar la presencia de armónicos.

Tras esto se emplea la herramienta ya expuesta anteriormente *Match EQ* para ajustar el espectro según una pista de referencia elegida según la producción tratada.

Para preparar la señal para el proceso de limitación se emplea un plugin que permite emular la distorsión analógica que se produciría si se llega al límite de un equipamiento analógico.

La distorsión digital producida por una señal que supera el límite del DAW provoca que los picos de la señal se aplasten lo cual distorsiona y elimina dinámica de la señal, en cambio en los equipamientos analógicos, sin embargo, pueden tolerar una señal por encima de sus límites, la señal de salida será distinta de la ideal pero no provoca unos cambios tan agresivos como la digital por lo tanto se puede emplear de manera creativa para “colorear” el sonido.

Otra manera de ver los tipos de distorsiones es imaginar que la distorsión digital es como lanzarnos contra un muro de ladrillos, pero la distorsión analógica es equivalente a lanzarnos contra un muro de colchones.

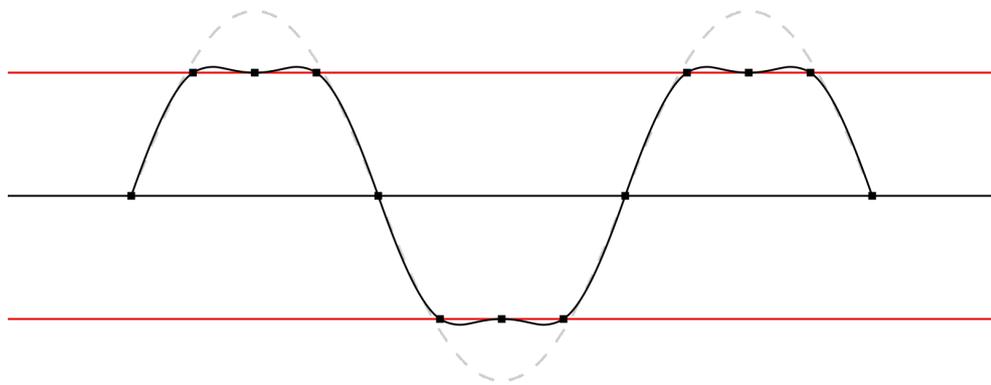


Ilustración 90: Distorsión digital.

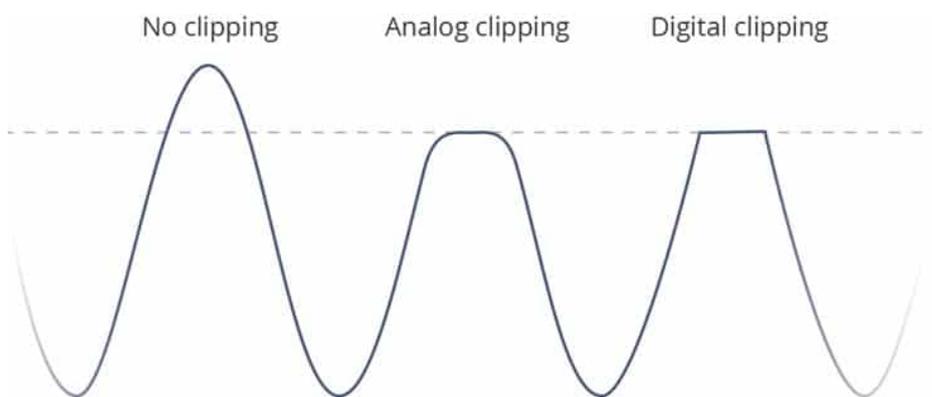


Ilustración 91: Comparación de distintas distorsiones

Se bajará el threshold hasta que se llegue a aproximadamente un nivel de entre -10 y -8 de nivel en el medidor empleado lo cual permite incrementar el nivel de sonoridad a corto tiempo antes de limitar.



Ilustración 92: Simulador de distorsión analógica.

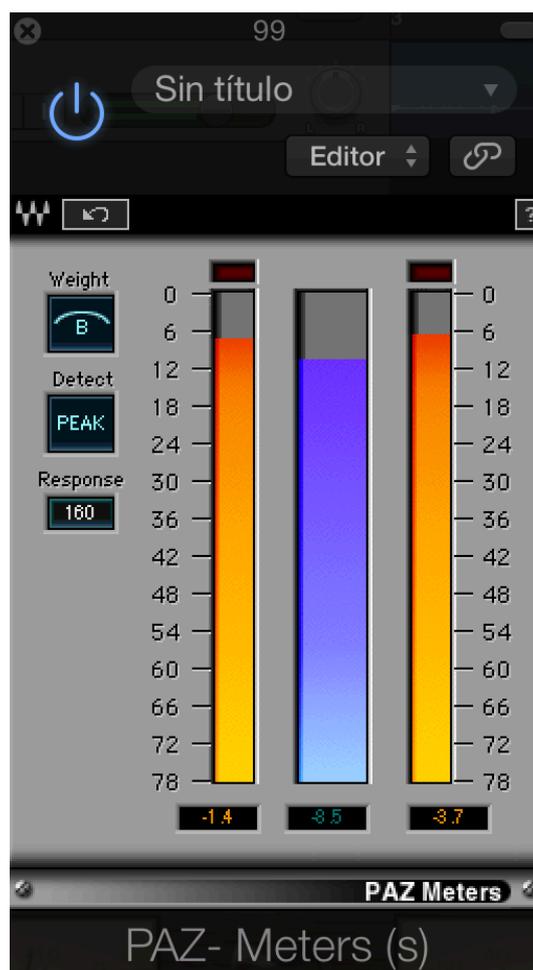


Ilustración 93: Medidor empleado.

Una vez preparada la señal procedemos a pasar por un limitador que permitirá conseguir la sonoridad deseada.



Ilustración 94: Limitador empleado.

Este limitador empleado para este tipo de producciones permite modificar varios parámetros que son necesarios para conseguir una limitación más transparente, entre ellos los dos más importante son:

- **Lookahead:** Permite modificar la velocidad con la que el limitador responde a pequeños picos repentinos en la señal, al usar tiempos más cortos se puede producir distorsión. Para evitar esto se puede emplear oversampling.
- **Oversampling:** O sobre frecuencia de muestreo permite al limitador evitar picos inter-muestra evitando distorsiones a costa de un mayor uso de la CPU del sistema empleado.

11 Distribución

Hoy en día existen muchos servicios para la distribución digital, en este caso se eligió a *Amuse* que permite distribuir en varias plataformas digitales de manera gratuita y permitiendo que el autor mantenga todas sus regalías.

12 Conclusiones

La realización de este tipo de producciones es un proceso complejo en el que se deben tener en cuenta muchos elementos para poder tener un resultado óptimo.

Primeramente, en la etapa de grabación entran en juego muchos factores que pueden ralentizar el proceso como el error humano además de posibles fallos de equipo. Hay que tener en cuenta también que lo preferible siempre en esta fase es poseer un equipo de captación que permita una buena calidad para su posterior tratamiento. Hay que conocer a la perfección los equipos que se van a usar y su funcionamiento así como su conexionado para agilizar el proceso lo máximo posible.

Otro factor a tener muy en cuenta es el desarrollo del oído crítico a la hora de discernir frecuencias molestias en la etapa de mezcla además de la importancia de la ecualización para conseguir un correcto equilibrio de frecuencias entre todos los elementos de la producción, evitando así enmascaramientos y logrando una presencia discernible en el producto final. La ecualización es la herramienta más importante en estas producciones ya que su correcto uso permite el realce de todas las frecuencias características de cada señal que compone una producción.

Durante el proceso de mezcla se ha notado la gran importancia de poseer una grabación de calidad para evitar un gasto de tiempo de excesivo en la corrección de errores aunque siempre se pasa por una etapa de corrección y detección de errores ya que el error humano siempre está presente. Es importante destacar que en esta fase ha resaltado la necesidad de dejar “reposar” las mezclas durante un tiempo antes de darlas por finalizadas ya que de no ser así se pueden dejar pasar errores por la fatiga auditiva de estar expuesto al mismo sonido de manera continua.

Con respecto a la fase de Masterización hay que resaltar que a pesar de lo comentado en este proyecto con respecto a las tendencias actuales de reducir el rango dinámico de las producciones para ganar más sonoridad, se ha tratado de mantener un balance para lograr una buena dinámica de señal y buen volumen sin disminuir la calidad de la señal. Es de una gran importancia como ya se ha resaltado anteriormente

conseguir un correcto balance espectral durante el proceso de mezcla para conseguir un buen máster con la sonoridad correcta para su distribución.

Otro punto dentro de esta fase que ha sido vital es el correcto empleo de la limitación dado que una sobre limitación elimina de manera radical la dinámica de la señal y puede causar la pérdida de elementos de la imagen estéreo que.

Queda demostrado por lo tanto la interconexión entre el proceso de mezcla y de masterización dado que cualquier fallo, por pequeña que sea su magnitud en la fase de mezcla quedará muy resaltado durante la fase de masterización además de poderse dar el caso contrario en que un mal proceso de masterización arruine una buena mezcla.

En definitiva este proyecto ha permitido desarrollar habilidades muy importantes en el mundo de la producción como todas las comentadas anteriormente además de conseguir una buena comprensión y dominio de conceptos como la síntesis de sonido además del manejo de programas de edición de audio para conseguir un resultado de calidad comercial sin necesidad de un equipo de alta gama demostrando así la potencia que las herramientas presentes en el mercado moderno pueden tener además de la posibilidad de crear sonidos irreproducibles por instrumentos físicos a la vez que estos software pueden simular sonidos de instrumentos reales de manera fidedigna si se estudian todos sus detalles además de los distintos plugins que se han empleado, de los cuales se ha debido inspeccionar sus efectos sobre las señales empleadas para poder lograr el resultado deseado.

Bibliografía

- D.G. (2018). *David Gibson. The Art of Mixing 2nd edition: A Visual Guide to Recording, Engineering and Production* (Vol. 1) [Libro electrónico]. <http://artmusicacademy.blogspot.com/2018/07/el-arte-de-la-mezcla-by-david-gibson.html>
- Digón A, Ferrer P, McCarthy B. *Configuración Y Ajustes De Sistemas De Sonido*. (2015). Altaria.
- Manual de alta fidelidad y sonido profesional*. (1984). Marcombo.
- McCarthy B. *Sistemas De Sonido, Diseño Y Optimización*. (2009). Alvalena.
- Pensado's Place. (2012, 23 octubre). *Into The Lair #50 - Mixing Pro Lead Vocal Tracks*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=snSVt5qJU1E>
- Steve Savage. *The art of digital audio recording, A practical guide for home and studio*. (2011). Oxford University Press.
- URM Academy. (2019, 14 agosto). *MIXING OLI SYKES VOCALS IN «CHELSEA SMILE» w/ Fredrik Nordstrom*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=e6-wcsD6XGs>
- Waves Audio. (2013a, mayo 27). *EQ Basics and Beyond: A Webinar with Barry Wood*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=765uANzPDuQ&list=PLqhtOY7Nwt8tMD5lefCxVyTqA9k781wIz&index=26>
- Waves Audio. (2013b, junio 16). *Compressors, Limiters & Expanders: A Webinar with Barry Wood*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=EH_ZUQdiUvY&list=PLqhtOY7Nwt8tMD5lefCxVyTqA9k781wIz&index=15
- Waves Audio. (2013c, junio 16). *Mixing Drums with Waves - Webinar with Yoad Nevo*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=DqOfvdjiIa8&list=PLqhtOY7Nwt8tMD5lefCxVyTqA9k781wIz&index=23>
- Waves Audio. (2013d, junio 16). *Mixing Vocals with Waves - a Webinar with Yoad Nevo*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kyZL6nSffkk>
- Waves Audio. (2014, 27 mayo). *Mixing Drums in 30 Minutes - Webinar with Yoad Nevo*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=YUfoWHRb48w>
- Waves Audio. (2017, 11 noviembre). *Mixing Masterclass: Secrets of the Mix with Chris Lord-Alge*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=rGIYgAv96bw>

Waves Audio. (2018, 23 junio). *Mixing the Wonder Woman Film Score – Masterclass with Alan Meyerson*. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=h9jZqn5lnw4&list=PLqhtOY7NWt8tMD5lefCxVyTqA9k781wIz&index=4>

Presupuesto

Para el cálculo del presupuesto se ha tenido en cuenta dos aspectos:

1. La amortización de los equipos Hardware y Software empleados, estimando un uso exclusivo de los mismos durante 4 meses y una vida útil de 10 años.
2. El coste de la mano de obra, entendiendo esta como las horas efectivamente dedicadas por un Ingeniero de Sonido, en las labores y tareas detalladas en este trabajo, desde la grabación, hasta el último proceso de materización y difusión del producto.

A este respecto hay que indicar que ya no son válidos los baremos orientativos del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, por lo que se ha aplicado un coste de 60 euros/hora, que se adecúa a precios reales de mercado, en el caso de que esta producción se hubiese encargado a un estudio profesional de grabación.

Dado que las prácticas en empresas curriculares se realizaron en el mes de febrero hasta el 13 de marzo, se dispone de esta información, contrastada de primera mano, con la colaboración realizada en dicho estudio en tareas similares, a las realizadas posteriormente en este trabajo.

Resulta por tanto un presupuesto de 18.017,14 euros al que en su momento, habría que añadir los impuestos IGIC, correspondientes a aplicar en el momento de la entrega del trabajo, actualmente del 7%.

En la ilustración 10 se detallan los costes de amortización.

PRESUPUESTO			
CAPÍTULO 1: HARDWARE			
COMPONENTE	PRECIO	UDS	COSTE TOTAL
Midas MR18	659,00 €	1	659,00 €
AKG Solid Tube	452,00 €	1	452,00 €
Audio Technica AT 2020 usb+	140,00 €	1	140,00 €
MacBook Pro (Retina, 15 pulgadas, finales de 2013)	1.249,00 €	1	1.249,00 €
Alpha Audio Ambient Filter	58,00 €	1	58,00 €
the sssnake SK233-1,5 XLR Patch	4,39 €	2	8,78 €
Audix OM7	271,00 €	1	271,00 €
pro snake Guitar Speaker Cable Jack 3,0	14,50 €	2	29,00 €
TOTAL CAPÍTULO 1			2.866,78 €
CAPÍTULO 2: SOFTWARE			
PROGRAMA	COSTE		
Loigc Pro X	229,99 €		
CLA-76 Compressor / Limiter	20,00 €		
PuigChild Compressor	30,00 €		
CLA-3A	25,00 €		
J37 Tape	25,00 €		
NLS Non-Linear Summer	25,00 €		
Kramer master Tape	25,00 €		
TOTAL CAPÍTULO 2			379,99 €
COSTE AMORTIZACIÓN			107,14 €
CAPÍTULO 3: TÉCNICO			
COMPONENTE	PRECIO/HORA	HORAS	COSTE TOTAL
Técnico	60,00 €	300	18.000,00 €

Ilustración 95: Presupuesto detalle de amortización y coste de Ingeniero de Sonido

Fdo. Javier Verona Robaina