



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

“APLICACIÓN DE GRAFENO PARA
ENFRIAMIENTO DE BULBOS EN
AMPLIFICADORES DE GUITARRA
ELÉCTRICA.”

T É S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

Á R E A : TERMOENERGÍA

P R E S E N T A :

Juan Antonio De Castro Sánchez

ASESOR: ING. RAÚL CRUZ ARRIETA





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTRODUCCIÓN

A pesar del inclemente paso del tiempo, la música siempre ha sido una constante en la vida de todo ser humano. Es virtualmente imposible pasar un solo día sin entrar en contacto con ella. Existen diferentes géneros musicales adecuándose a cierto sector de audiencia. Debida a esa variedad musical, existen varios instrumentos musicales que suelen ser más utilizados según el género; a manera de ilustrar lo anterior, no es posible pensar en música clásica sin las sutiles cuerdas de un cello, o en la enfática presencia de la trompeta cuando hablamos del mariachi. Pero, no todo es escuchado en el mismo formato o presentación.

Ocasionando así, que los instrumentos entren en constante evolución, con la ayuda de la ingeniería. A simple vista ésta ayuda puede pasar desapercibida. Por ejemplo, en guitarras eléctricas. Para ser más precisos, en sus amplificadores de audio.

Cuando el guitarrista se desplaza de una locación a alguna otra, debe esperar un promedio de 15 minutos (información tomada de los manuales de usuario de diversas compañías de equipos de amplificación para guitarras eléctricas como Vox, Marshall y Orange) después de utilizar el equipo antes de poder si quiera levantarlo ligeramente. Realizar dicha acción, dañaría componentes del equipo o al equipo en su totalidad. Ésta tesis en particular, estudiará la posibilidad de reducir el tiempo de enfriamiento en los componentes de poder (en este caso, bulbos) de un sistema de amplificación para guitarra eléctrica cambiando el material principal por grafeno.

La presente tesis consta de cuatro capítulos los cuales se manejarán en un marco de desarrollo de lo general a lo particular. En el primer capítulo se bosquejará el marco histórico tanto de los bulbos como de los amplificadores así como sus principales características. El capítulo dos ilustrará, para conveniencia de ésta tesis, las características, estructuras, tipos y funcionamientos

de los bulbos. Centrándonos, en los utilizados por equipos de amplificación de audio para guitarras eléctricas.

Para el tercer capítulo, se realizará un proceso de experimentación sobre la modificación del bulbo utilizando grafeno para poder comprobar su viabilidad. Se presentará evidencia de manera gráfica y tórica sobre el desarrollo y la continuidad de dicho proceso. Presentando a su vez, los materiales con los que se trabajó, fórmulas y cálculos pertinentes al experimento, como evidencias de todos los estudios que se llavaron a cabo.

Como finalización del capitulado, en el capítulo cuarto, se presentarán todos los resultados adquiridos del proceso de experimentación del tercer capítulo.

JUSTIFICACIÓN

Como ingenieros, no podemos dar por sentados mucho de lo que nos rodea. Hacia donde miremos, existe la ingeniería. Tanto en macro, como en micro dimensiones. Este trabajo se realiza para aplicar la ingeniería en un ámbito musical. La música, en un enfoque de producto cultural, se encuentra presente en la vida cotidiana de los seres humanos. Para algunos puede ser considerada como sólo un placer, para otros, un campo laboral. Para aquellos que viven de la música, el tiempo de espera en el enfriamiento de los bulbos representa desde la postergación de ciertas actividades, hasta una pérdida de dinero. Leyendo artículos o manuales, y escuchando blogs relacionados al tema, es sabido que es un tema mundial. Tomando como referencia dos amplificadores de mi pertenencia, sus respectivos manuales coinciden con el tiempo de espera promedio de 15 minutos; al igual que los equipos de músicos con los que tengo contacto. Al utilizar el grafeno como material para enfriar con más prontitud los bulbos, este trabajo pretende resolver esa problemática y ampliar la concepción que se tiene de los ingenieros. Pero, sobre todo, voltear las miradas hacia la FES Aragón por su apoyo al progreso, desarrollo y aplicación de la tecnología en diversos campos.

OBJETIVO

La presente tesis tiene como objetivo el determinar, por medio de la experimentación con bases teóricas, si es posible reducir el tiempo de enfriamiento en los bulbos utilizados en amplificadores de audio para guitarras eléctricas de manera útil. Indirectamente, se determinará el impacto sobre la calidad del audio proveniente del equipo. Así como la comparación de costos/calidad del bulbo modificado.

Índice

Capítulo I	18
I.1 Conocimientos Generales	18
I.1.1 Bulbos	18
I.1.1.1 Clasificación de los bulbos a partir de las etapas y aplicaciones de los amplificador musicales	20
I.1.1.2 Bulbo Triódico y sus Características.	22
I.1.2 Amplificadores	23
I.1.2.1 Definición de amplificador.	23
I.1.2.2 Aplicaciones del amplificador.	23
I.1.2.3 Características Generales del Amplificador.	23
I.1.2.3.1 Ganancia.	25
I.1.2.3.3 Ancho de Banda.....	28
I.1.2.3.4 Impedancia.....	28
I.1.2.3.4.1 <i>Impedancia de Entrada.</i>	28
I.1.2.3.4.2 <i>Impedancia de Salida.</i>	28
I.1.2.3.4.3 <i>Etapas de amplificación.</i>	29
I.1.2.4 Historia de los amplificadores musicales.	30
I.1.2.5.1 Amplificadores de Bulbos.	34
I.1.2.5.2 Amplificadores de Estado Sólido.	35
I.1.2.5.3 Amplificadores Híbridos.	35
I.1.2.5.4 Amplificadores Modeladores.	36

I.1.2.5.6 Diferencias entre amplificadores de Estado Sólido y a Bulbos.....	37
I.1.2.6 Características generales de los amplificadores de guitarra eléctrica.....	37
I.1.2.6.1 Canales del amplificador.	37
I.1.2.6.2 Sonido.....	38
I.1.2.6.3 Tono.....	38
I.1.2.6.4 Efectos.	38
I.1.2.6.5 Salidas y Entradas.....	39
Capítulo II.....	41
II.1 Del amplificador y el bulbo.....	41
II.1.1 Amplificador Orange Micro Dark (Cabezal)	41
II.1.1.1 Descripción General.....	41
II.1.1.2 Características Principales.....	42
II.1.1.2.1 Control de Cuerpo.	42
II.1.1.2.2 Salida de Auriculares con Simulación de Gabinete.	43
II.1.1.2.3 Volúmen.	43
II.1.1.2.4 Ganancia.....	43
II.1.1.2.5 Encendido/Apagado.	43
II.1.1.2.6 Entrada de Instrumento.	44
II.1.1.2.7 Bucle Bufereado de Efectos.	44
II.1.1.2.8 Salida al Gabinete.....	44
II.1.1.2.9 Entrada de Corriente Directa.....	45
II.1.1.3 Especificaciones.	46

II.1.2 Bulbo JJ ECC83S	46
II.1.2.1 Descripción General.....	46
II.1.2.2 Especificaciones.....	48
II.1.2.3 Elaboración de un circuito de preamplificación a partir de los valores electrónicos del bulbo ECC83S.	49
II.1.2.3.2 Resistencia de Polarización (Rk).....	51
II.1.2.3.3 Capacitor en el Cátodo (Ck).....	52
II.1.2.3.4 Resistencia en la grilla (Rg).....	55
II.1.2.3.5 Diseño final del circuito.....	56
II.1.2.4 Potencia disipada por el bulbo ECC83S.....	56
II.1.2.5 Energía disipada por el bulbo ECC83S.....	57
Capítulo III.....	58
III.1 Procedimiento de Registro de Datos.....	58
III.1.1 Descripción General.....	58
III.1.2 Pruebas con Grafeno	60
III.1.2.1 Modificación del Bulbo ECC83S	60
III.1.2.1.1 Objetivo.....	60
III.1.2.1.2 Material y Equipo.....	60
III.1.2.1.3 Sustancias.....	60
III.1.2.1.4 Procedimiento.....	61
III.1.2.1.4.1 <i>Preparación del polvo de grafeno</i>	61
III.1.2.1.4.2 <i>Recubrimiento del bulbo ECC83S</i>	61

III.1.2.2 Procedimiento para registros de temperatura.....	62
III.1.2.2.1 Material y Equipo.	62
III.1.2.2.2 Descripción General.....	63
III.1.2.2.3 Procedimiento.	63
III.1.2.3 Procedimiento del registro de la intervención del bulbo en el audio.....	65
III.1.2.3.1 Material y equipo.	65
III.1.2.3.2 Software de Audio.	65
III.1.2.3.3 Descripción General.....	65
III.1.2.3.4 Procedimiento.	66
Capítulo IV.....	67
IV.1 Presentación de Resultados.....	67
IV.1.1 Pruebas con Grafeno.....	67
IV.1.1.1 Bulbo ECC83S Original (Experimento 1).....	67
IV.1.1.1.1 25%.....	67
IV.1.1.1.2 50%.....	70
IV.1.1.1.3 75%.....	73
IV.1.1.1.4 100%.....	76
IV.1.1.2 Bulbo ECC83S Modificado con grafeno (Experimento 2).....	79
IV.1.1.2.1 25%.....	79
IV.1.1.2.2 50%.....	82
IV.1.1.2.3 75%.....	85
IV.1.1.2.4 100%.....	88

IV.1.2 Procedimiento del registro de la intervención del bulbo en el audio.....	91
IV.1.2.1 Arpegeo al 50%.	91
IV.1.2.1.1 Bulbo Original.	91
IV.1.2.1.2 Bulbo Modificado.....	92
IV.1.2.1.3 Relación de mejoría del espectro tonal.....	93
IV.1.2.2 Riff al 100%.....	94
IV.1.2.2.1 Bulbo Original.	94
IV.1.2.2.2 Bulbo Modificado.....	95
IV.1.2.2.3 Relación de mejoría del espectro tonal.....	96
IV.1.2.3 Acordes al 10%.....	97
IV.1.2.3.1 Bulbo Original.	97
IV.1.2.3.2 Bulbo Modificado.....	98
IV.1.2.3.3 Relación de mejoría del espectro tonal.....	99
IV.1.2.4 Solo al 10%.....	100
IV.1.2.4.1 Bulbo Original.	100
IV.1.2.4.2 Bulbo Modificado.....	101
IV.1.2.4.3 Relación de mejoría del espectro tonal.....	102
IV.1.2.5 Solo al 100%.....	103
IV.1.2.5.1 Bulbo Original.	103
IV.1.2.5.2 Bulbo Modificado.....	104
IV.1.2.5.3 Relación de mejoría del espectro tonal.....	105
IV.1.2.6 Solo al 50%.....	106
IV.1.2.6.1 Bulbo Original.	106

IV.1.2.6.2 Bulbo Modificado..... 107

IV.1.2.6.3 Relación de mejoría del espectro tonal..... 108

Conclusiones..... 109

Lista de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. LEE DE FOREST CREADOR DE EL PRIMER TUBO AL VACÍO. 18

ILUSTRACIÓN 2. AMPLIFICADOR MUSICAL DE CABEZAL MARSHALL DSL MODELO 100H CON
GABINETE MARSHALL CONMEMORATIVO DE 100 AÑOS 21

ILUSTRACIÓN 3. EL "WALL OF SOUND" DE MARSHALL ES LA MÁXIMA REPRESENTACIÓN DE LA
IDEA DE QUE MÁS VOLUMEN ES MEJOR..... 33

ILUSTRACIÓN 4. TUBOS DE VACÍO ELECTRO HARMONIX KT88 PARA LA ETAPA DE POTENCIA DE UN
AMPLIFICADOR..... 34

ILUSTRACIÓN 5. INTERIOR DEL AMPLIFICADOR DE ESTADO SÓLIDO ORANGE CRUSH PRO SERIES.. 35

ILUSTRACIÓN 6. CIRCUITO DEL AMPLIFICADOR DE ESTADO SÓLIDO/ HÍBRIDO MARSHALL JMP-1 . 36

ILUSTRACIÓN 7. AMPLIFICADOR MODELADOR FENDER MUSTANG CON EMULADOR DE
AMPLIFICADORES DE LA MARCA Y VARIACIONES DE EFECTOS DE GUITARRA..... 36

ILUSTRACIÓN 8. AMPLIFICADOR ORANGE MICRO DARK Y GABINETE ORANGE PPC108 42

ILUSTRACIÓN 9. PANEL FRONTAL DEL AMPLIFICADOR ORANGE MICRO DARK. 44

ILUSTRACIÓN 10. PANEL TRASERO DEL AMPLIFICADOR ORANGE MICRO DARK. 45

ILUSTRACIÓN 11. BULBO DE LA COMPAÑÍA JJ MODELO ECC83S EN EL CIRCUITO DE
PREAMPLIFICACIÓN DEL AMPLIFICADOR ORANGE MICRO DARK..... 47

ILUSTRACIÓN 13. ÓXIDO DE GRAFENO EN DISPERSIÓN EN ETANOL 59

ILUSTRACIÓN 14. MATERIAL UTILIZADO PARA EL PERIODO DE PRUEBAS DE TRANSFERENCIA DE
CALOR..... 62

ILUSTRACIÓN 15. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL
BULBO DEL EXPERIMENTO 1 A 25%. 68

ILUSTRACIÓN 16. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL BULBO DEL EXPERIMENTO 1 A 50%	71
ILUSTRACIÓN 17. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL BULBO DEL EXPERIMENTO 1 A 75%.	74
ILUSTRACIÓN 18. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL BULBO DEL EXPERIMENTO 1 A 100%.	77
ILUSTRACIÓN 19. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL BULBO DEL EXPERIMENTO 2 A 25%.	80
ILUSTRACIÓN 20. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL BULBO DEL EXPERIMENTO 2 A 50%.	83
ILUSTRACIÓN 21. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL BULBO DEL EXPERIMENTO 2 A 75%.	86
ILUSTRACIÓN 22. IMAGEN FOTOTÉRMICA CON EL DISPOSITIVO SEEK THERMAL COMPACT DEL BULBO DEL EXPERIMENTO 2 A 100%.	89
ILUSTRACIÓN 23. COMPORTAMIENTO DEL BULBO ORIGINAL CON ARPEGO EN GANANCIA DEL 50%.	91
ILUSTRACIÓN 24. COMPORTAMIENTO DEL BULBO MODIFICADO CON ARPEGO EN GANANCIA DEL 50%.	92
ILUSTRACIÓN 25. COMPORTAMIENTO DEL BULBO ORIGINAL CON RIFF EN GANANCIA DEL 100%.	94
ILUSTRACIÓN 26. COMPORTAMIENTO DEL BULBO MODIFICADO CON RIFF EN GANANCIA DEL 100%.	95
ILUSTRACIÓN 27. COMPORTAMIENTO DEL BULBO ORIGINAL CON ACORDES EN GANANCIA DEL 10%.	97

ILUSTRACIÓN 28. COMPORTAMIENTO DEL BULBO MODIFICADO CON ACORDES EN GANANCIA DEL 10%. 98

ILUSTRACIÓN 29. COMPORTAMIENTO DEL BULBO ORIGINAL CON SOLO EN GANANCIA DEL 50%. 100

ILUSTRACIÓN 30. COMPORTAMIENTO DEL BULBO MODIFICADO CON SOLO EN GANANCIA DEL 50% 101

ILUSTRACIÓN 31. COMPORTAMIENTO DEL BULBO ORIGINAL CON SOLO EN GANANCIA DEL 100%. 103

ILUSTRACIÓN 32. COMPORTAMIENTO DEL BULBO MODIFICADO CON SOLO EN GANANCIA DEL 100%. 104

ILUSTRACIÓN 33. COMPORTAMIENTO DEL BULBO ORIGINAL CON SOLO EN GANANCIA DEL 50%. 106

ILUSTRACIÓN 34. COMPORTAMIENTO DEL BULBO MODIFICADO CON SOLO EN GANANCIA DEL 50%. 107

Lista de Figuras

FIGURA 1. DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UN BULBO TRIÓDICO. 22

FIGURA 2. SÍMBOLO UNIVERSAL DE LOS AMPLIFICADORES. 24

FIGURA 3. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN RECEPTOR ANÁLOGO DE TELEVISIÓN. 24

FIGURA 4. COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DE RESPUESTA DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO. 27

FIGURA 5. CURVA DE RESPUESTA DE UN AMPLIFICADOR DE RADIO FRECUENCIA A 774kHz. 27

FIGURA 6. IMPEDANCIAS DE SALIDA Y ENTRADA DE UN AMPLIFICADOR. 29

FIGURA 7. EFECTO DE DIVISOR POTENCIAL EN AMPLIFICADORES CONECTADOS EN CASCADA. 29

FIGURA 8. ESQUEMA DE LAS DIMENSIONES Y LA CONFIGURACIÓN INTERNA DEL BULBO ECC83S DE
LA COMPAÑIA JJ ELECTRONIC..... 48

FIGURA 9. CIRCUITO INICIAL DE LA ETAPA DE PREAMPLIFICACIÓN EMPLEANDO EL BULBO ECC83S.
..... 49

FIGURA 10. CIRCUITO FINAL DE LA ETAPA DE PREAMPLIFICACIÓN EMPLEANDO EL BULBO ECC83S.
..... 56

FIGURA 11. ESQUEMA DE COLOCACIÓN DE TERMOPARES..... 64

Lista de Tablas de Especificaciones

TABLA 1. TABLA DE ESPECIFICACIONES DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO ORANGE MINI DARK. 46

TABLA 2. TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LOS VALORES DE LÍMITE DE PARA EL BULBO ECC83S
..... 48

TABLA 3. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO ORIGINAL A UNA
GANANCIA DE 25%. 67

TABLA 4. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO ORIGINAL A UNA
GANANCIA DE 50%. 70

TABLA 5. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO ORIGINAL A UNA
GANANCIA DEL 75%..... 73

TABLA 6. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO ORIGINAL A UNA
GANANCIA DEL 100%..... 76

TABLA 7. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO MODIFICADO A
UNA GANANCIA DEL 25%. 79

TABLA 8. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO MODIFICADO A
UNA GANANCIA DEL 50%. 82

TABLA 9. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO MODIFICADO A
UNA GANANCIA DEL 75%. 85

TABLA 10. VALORES DE TEMPERATURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA EL BULBO MODIFICADO A
UNA GANANCIA DEL 100%. 88

Lista de Anexos

ANEXO 1. GRÁFICA QUE MUESTRA LA RELACIÓN VOLTAJE-CORRIENTE DEL ÁNODO SEGÚN EL
VOLTAJE EN LA GRILLA PARA EL BULBO ECC83S. (TOMADA PARA FINES ACADÉMICOS DE LA
PÁGINA WEB OFICIAL DEL PRODUCTO) 114

ANEXO 2. TABLA DE VACIADO DE DATOS DE LA EXPERIMENTACIÓN DEL CAPÍTULO III CON
RELACIÓN TIEMPO – TEMPERATURA. (AUTORÍA PROPIA)..... 115

Capítulo I

I.1 Conocimientos Generales

I.1.1 Bulbos

A principios del Siglo XX no se tenía conocimiento del campo de la electrónica a pesar de que cerca de 1904, un físico británico de nombre John Ambrose Fleming, patentara la válvula de Fleming. Esta válvula tenía la característica de que permitía el paso de la corriente eléctrica solo en un sentido. Esto es a lo que conocemos como diodo. No fue hasta alrededor del año de 1907 con la invención del tubo al vacío por el estadounidense Lee De Forest, que se fue acuñando dicho campo. Lee De Forest se basó en la válvula de Fleming para inventar el tubo electrónico. Dicho invento lo logró modificando la válvula de Fleming insertando una tira doblada de platino en forma de zigzag entre el ánodo y cátodo. Dichos elementos los confinó al vacío utilizando una bombilla de vidrio.

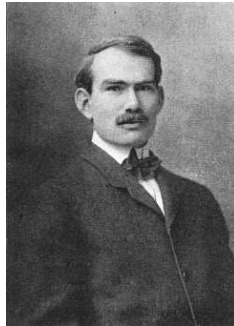


Ilustración 1. Lee De Forest creador de el primer tubo al vacío.

*Fuente: Thbusch (2004)
(Tomada para fines académicos)*

A partir de la invención de Lee de Forest, se fueron modificando los tubos al vacío como circuitos de amplificación a tal punto de darle aplicaciones en las líneas telefónicas. La compañía telefónica Bell Telephone, en el año de 1921, hacía pruebas con una línea de gran extensión.

Pero, a pesar de utilizar los mejores bulbos de la época, se producía demasiada distorsión. Se llegó a la conclusión de que, para solucionar este problema en la línea, se colocarían amplificadores en puntos estratégicos. Estos amplificadores contaban con dos entradas y dos salidas. A sus 23 años de edad, Harold S. Black era un ingeniero que laboraba en Bell Laboratories. Black decidió mejorar los bulbos con los que funcionaba dicho amplificador para acabar con la distorsión antes de concluir que esta no era la solución. Entonces, decidió modificar la estructura completa del amplificador. Creando así, uno de los primeros amplificadores operacionales. Provocando que, entre 1900 y 1950, el tubo de vacío fuera el protagonista en el campo de la electrónica.

En 1940, los tubos de vacío eran utilizados en circuitos tales que permitieran realizar operaciones básicas algebraicas y otras más desarrolladas como la integración y la derivación. Fue así como esta tecnología le abrió paso a las primeras computadoras que podían solucionar operaciones matemáticas mucho más complejas. Philbrick Researches Inc, fabricó lo que es considerado como el primer amplificador operacional abierto al mercado. Este amplificador operacional tuvo un gran impacto entre los años de 1950 y 1970. Hayt Jr., H. William & Kemmerly, Jack E. & Durbin, Steven M. (2012) mencionan que los bulbos contaban con un peso de 85 gramos, con medidas de 3.8 cm x 5.4 cm x 10.4 cm y con un costo de alrededor de 22 dólares. También mencionan que los circuitos integrados como el Fairchild KA741, pesaban menos de 500 mg, con dimensiones de 5.7mm x 4.9 mm x 1.8 mm y con un costo de aproximadamente 22 centavos. En dimensiones y costo, los circuitos integrados formaron una nueva era.

Tal era el impacto del tubo electrónico, que se empezaron a miniaturizar cada vez más los circuitos electrónicos investigando los semiconductores hasta inventar el transistor. Dichos transistores eran de cristales de silicio, cristales de galena o de carburo de silicio. El mejor

ejemplo de la utilización de los transistores para circuitos más pequeños fue aportada por el ingeniero de *Texas Instruments* Patrick E. Haggerty. Haggerty trató de disminuir el tamaño de un receptor de radio a partir de la utilización de transistores. La utilización de los transistores en los reconfigurados circuitos electrónicos representaban una gran mejoría en cuanto a costo, fiabilidad, consumo y peso de los receptores de radio o de circuitos que dependieran de un amplificador. Lo cual, era una devastadora mejoría sobre los tubos de vacío. Iniciando así, la era de los transistores. Ya para 1950, tal era el impacto de la miniaturización, que los ingenieros visualizaban conformar circuitos completos en un solo semiconductor. No fue hasta 1953 que Harwick Jhonson, un ingeniero de RCA cambiara la electrónica inventando el circuito integrado. A diferencia de los amplificadores operacionales de tubos de vacío, los circuitos integrados de amplificación operacional cuentan con un mínimo de 25 transistores. Esto derivó en que una de las principales diferencias entre amplificadores operacionales con transistores y lo que contaban con bulbos, era que los *op amp* de transistores consumían mucho menos corriente directa. La principal ventaja en cuanto a operación de éste tipo de amplificadores, es la ganancia de potencia que éstos permiten.

I.1.1.1 Clasificación de los bulbos a partir de las etapas y aplicaciones de los amplificador musicales.

En los amplificadores musicales principalmente a bulbos, es posible observar al reverso dichos dispositivos alineados a lo largo del cabezal. Estos bulbos son los que, primordialmente, intervienen en la amplificación. Dicha amplificación, se puede dividir en 3 etapas distintas. Cada etapa tiene una sección de bulbos exclusivamente para la misma. Estos bulbos se pueden definir según la etapa en la que se encuentren. Es decir, existen los bulbos para la etapa de preamplificación, los bulbos para la etapa de potencia y los bulbos para rectificación. Los

amplificadores de bulbos más comunes cuentan con la etapa de potencia y la etapa de preamplificación. Dentro de este tipo de amplificadores se encuentra el Marshall DSL, por mencionar alguno. Entre los amplificadores más representativos que cuentan con la etapa de rectificación se encuentra el Mesa/Boogie Dual Rectifier. Los amplificadores que cuentan con la etapa de rectificación, se caracterizan principalmente por una leve compresión en el sonido. Esto se debe a que tardan algunos milisegundos más que otros tipos de amplificadores para convertir Corriente Alterna en Corriente Directa.



Ilustración 2. Amplificador musical de cabezal Marshall DSL modelo 100H con gabinete Marshall conmemorativo de 100 años

Fuente: Elaboración Propia

En los amplificadores como el anteriormente mencionado Marshall DSL, la primera etapa por la que pasa la señal es la de preamplificación. Prácticamente, lo que hace esta etapa es generar suficiente señal para que pase a la etapa de potencia. Los bulbos de esta etapa tienen influencia directa sobre el tono proporcionado por el amplificador. Ahora, los bulbos de la etapa de potencia tienen la función de permitir pasar la potencia necesaria que necesita el transformador. Esta señal es la que previamente fue entregada por la etapa de preamplificación. Después de que la señal pase por el transformador, se dirige a la bocina. Este proceso de la etapa de potencia está directamente relacionado con el volumen de audio entregado por el amplificador.

I.1.1.2 Bulbo Triódico y sus Características.

El bulbo que sienta todas las bases para crear el proceso de amplificación en el equipo es el bulbo triódico que, a su vez, fue inventado a partir del diodo de Flemming. Existen variaciones del triodo como lo presenta Electro-Harmonix en algunos de sus modelos como son *lostwin triode*. Pero, de nuevo, todo a partir de el modelo general del bulbo triódico. Los elementos que componen el triodo son el cátodo, el ánodo o rejilla de control y el filamento. La característica principal del triodo es la relación que crea entre tensiones y corrientes. Es decir que, cuando existe una baja tensión, el triodo permite que fluya una gran cantidad de corriente a través de él. Provocando así, el tan mencionado efecto amplificador.

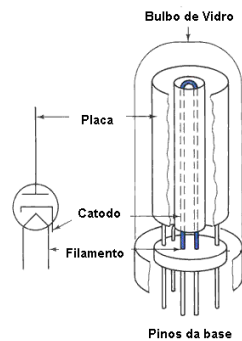


Figura 1. Disposición de los elementos de un bulbo triódico.

Fuente: Newton C. Braga (2015) (Tomada para fines académicos)

I.1.2 Amplificadores

I.1.2.1 Definición de amplificador.

Para entender lo que es un amplificador, primero necesitamos definir el amplificador como:

“Amplifier is the generic term used to describe a circuit which increases its input signal, but not all amplifiers are the same as they are classified according to their circuit configurations and methods of operation” (Miller, Anton, 2017, p.1)

PAL Adam Stafford (2012), resalta al amplificador de bulbos por el sonido que provee, describiéndolo como cálido y colorido. Dice que desde los inicios del rock and roll muchos músicos han alabado a este tipo de amplificadores por sus características propias. Inclusive despues de la introducción al mercado de amplificadores de estado sólido, los amplificadores a bulbos siempre serán preferidos por su tono.

I.1.2.2 Aplicaciones del amplificador.

Teniendo en cuenta que el amplificador, a pesar de aplicarse en diferentes campos, debe cumplir con una función principal. Miller Anton (2017), señala que un amplificador es utilizado para incrementar la amplitud de la onda de la señal, sin cambiar otros parámetros de la onda como la frecuencia y la forma de la onda.

I.1.2.3 Características Generales del Amplificador.

Para representar a un amplificador, se utiliza el símbolo mostrado en la Figura 2 . Éste símbolo sólo indica hacia qué dirección fluye la señal. Los amplificadores no solo son representados por dispositivo, sino también como sistemas o bloques de un circuito.

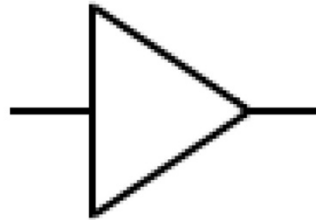


Figura 2. Símbolo universal de los amplificadores.

Fuente: Ángel Campos Rubio (2016)
(Tomada para fines académicos)

Miller, Anton (2017), muestra un ejemplo de esto utilizando un diagrama de bloques de un receptor análogo de televisión (Figura 3) y cómo las diversas etapas (verde) que conforman a una televisión son amplificadores. De igual manera, es posible identificar los tipos de amplificadores por sus nombres. En algunos casos, los bloques mismos son amplificadores, pero, en otros casos, los amplificadores tienen un conjunto de componentes para designarle al amplificador una aplicación especial.

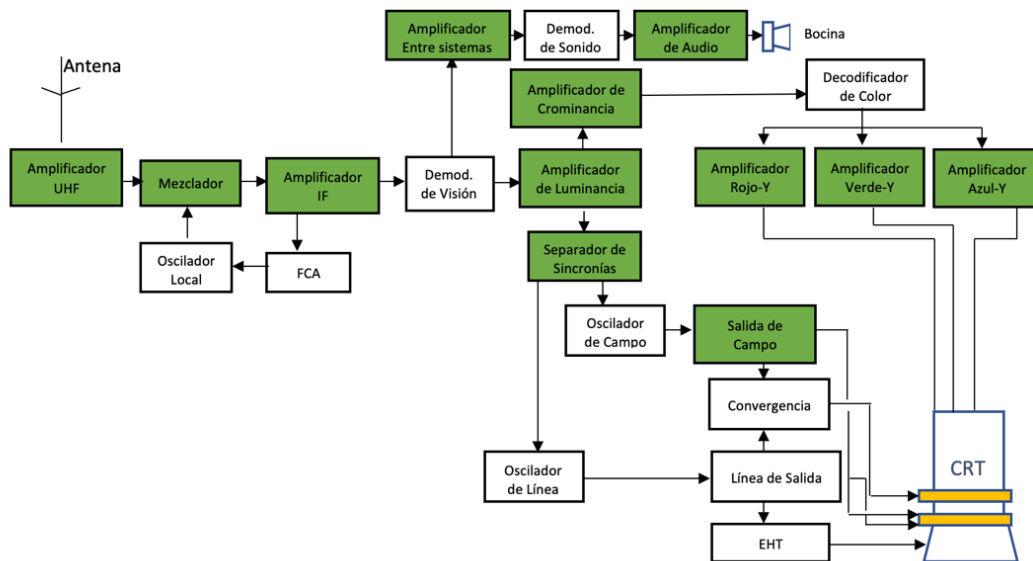


Figura 3. Diagrama de bloques de un receptor análogo de televisión.

Fuente: Eric Coates (2018)
(Tomada para fines académicos)

La función principal de los amplificadores es aumentar el voltaje o corriente (según se designe), o para aumentar la potencia de una señal proveniente de la Corriente Alterna. Miller, Anton (2017) considera que sin importar para qué se utilice, existen tres categorías de amplificadores que se relacionan directamente según las propiedades de la señal de salida del mismo. Dichas categorías son:

- A. Amplificadores de Voltaje
- B. Amplificadores de Corriente
- C. Amplificadores de Potencia

En los amplificadores de voltaje, el voltaje a la salida es mayor con respecto al voltaje a la entrada de dicho amplificador. En los amplificadores de potencia, existe una correlación de corriente y voltaje. Generalmente, el producto de estas dos últimas variables a la salida es mayor que su producto a la entrada. Visto como fórmula, entendemos que potencia = voltaje x corriente. Al igual que las propiedades de amplificación son características que sirven para diferenciar a los amplificadores, lo son sus parámetros de amplificación. Estos parámetros permiten que los amplificadores se comporten de distinta manera haciendo así, que sus aplicaciones sean diversas.

I.1.2.3.1 Ganancia.

Miller, Anton (2017, indica que la medida de qué tanto “amplifica” un amplificador, es a lo que se conoce como ganancia. En otras palabras, la ganancia permite incrementar la amplitud de señal tanto como se desee o necesite. Que es lo mismo que el rango de la señal de salida. Esta propiedad indica con el símbolo “A”. Y puede ser calculada tanto para voltaje, corriente o potencia. La ganancia no solo es producto de sus componentes, sino también, de cómo se encuentran interconectados.

I.1.2.3.2 Frecuencia

La ganancia debe variar dependiendo la frecuencia. Es decir, así como varían las frecuencias, también lo hace su ganancia respectivamente. De manera más simple, si una frecuencia está diseñada para ciertos Hz, al amplificador diseñado para esta aplicación jamás amplificará señales por encima de los valores de frecuencia definidos. Respectivamente lo mismo sucede que, si el amplificador está diseñado para cierto valor de radio frecuencia, el amplificador jamás funcionará para valores menores de los establecidos. En amplificadores donde se tenga un comportamiento muy particular, el ancho de banda define dónde se tiene un rango de amplificación aceptable.

Miller, Anton (2017), muestra en las siguientes gráficas cómo la ganancia varía con respecto a la frecuencia. En la Figura 4 se muestra la curva típica de respuesta frecuencial de un amplificador de audio de 0.707 (-3db) de ganancia máxima a la cuál se configuró el amplificador sin utilizar la máxima ganancia de la cual es capaz de otorgar el dispositivo. Se puede observar que entre la ganancia configurada y la ganancia máxima del dispositivo, existe una curva de comportamiento de la onda. Los valores son logarítmicos. Por eso, entre la diferencia de anchos de banda en esa curva, existen grandes cambios en los valores de ganancia según se recorra. Confirmando así, que la ganancia varía con la frecuencia. Mientras que en la Figura 5 podemos observar el comportamiento de la frecuencia en un amplificador de Radio Frecuencia. Comparando las Figuras 4 y 5, respectivamente, podemos observar que la curva de comportamiento frecuencial es más pronunciada y más prolongada sobre el eje vertical en un amplificador de radio frecuencia. Igualmente, el rango frecuencial que maneja es más limitado. Se puede concluir así que las frecuencias varían según el dispositivo amplificador, sus valores de ganancia, el ancho de banda que éste maneje y al cuál esté configurado.

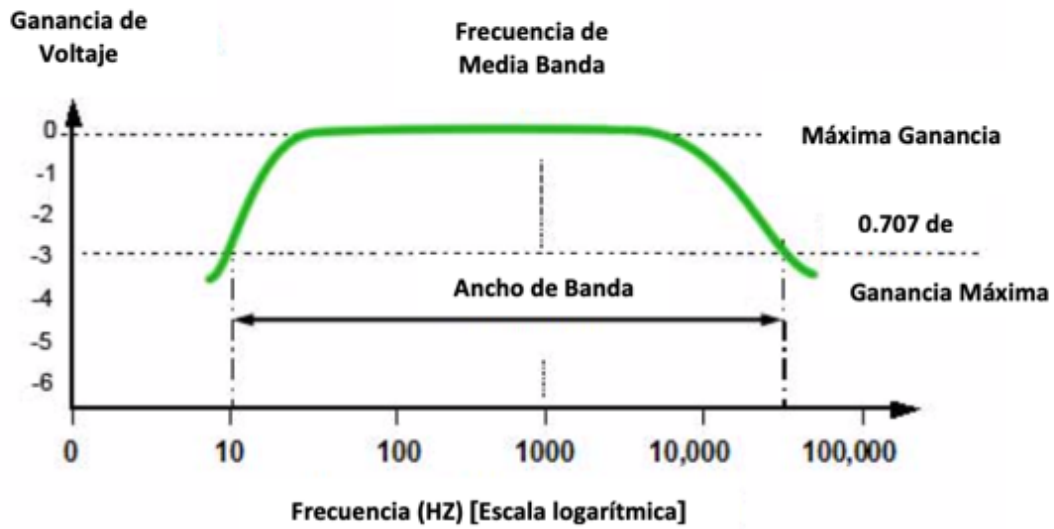


Figura 4. Comportamiento de la curva de respuesta de un amplificador de audio.

Fuente: Eric Coates (2018)
 (Tomada para fines académicos)

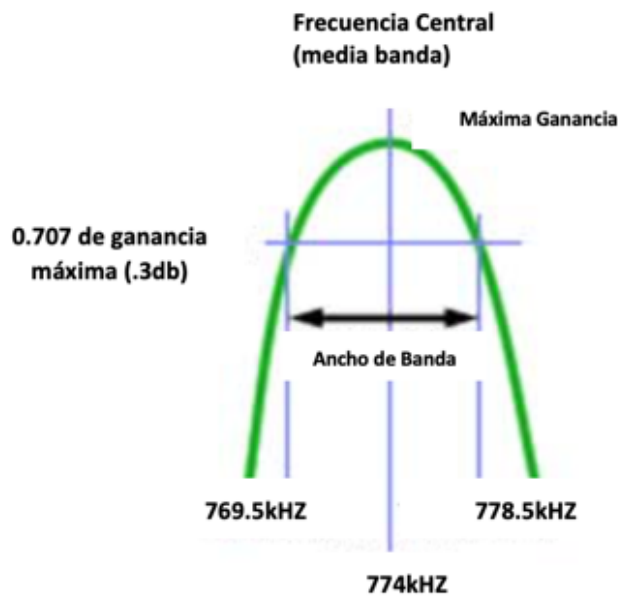


Figura 5. Curva de respuesta de un amplificador de radio frecuencia a 774kHz.

Fuente: Eric Coates (2018) (Tomada para fines académicos)

I.1.2.3.3 Ancho de Banda.

El ancho de banda de un amplificador se obtiene a partir de la curva de respuesta frecuencial. Se puede definir como la ganancia que afecta eficientemente a un agrupamiento de frecuencias. Si consideramos el agrupamiento de frecuencias desde el centro hasta sus límites exteriores, la ganancia es más eficiente en el centro del agrupamiento que en sus bordes.

I.1.2.3.4 Impedancia.

La impedancia se puede definir como la resistencia a la corriente alterna. Es proporcional al valor de la frecuencia.

I.1.2.3.4.1 Impedancia de Entrada.

Si la impedancia es eficiente a la entrada, entonces se denomina impedancia de entrada. Es decir que la impedancia efectiva es la dimensión de la señal que a la entrada del amplificador según sea el voltaje que se le haya aplicado a cierta frecuencia. La impedancia está relacionada intrínsecamente con valores como la frecuencia y la ganancia, entre otros.

I.1.2.3.4.2 Impedancia de Salida.

La impedancia de salida se puede entender como la pérdida de voltaje a la salida del amplificador debido a que existe Pérdida de corriente a la salida. De manera más sencilla, la reducción de voltaje a la salida se debe a su pérdida de corriente. En la Figura 6 se muestra el tipo de conexión de las impedancias a la salida y a la entrada con respecto al amplificador.

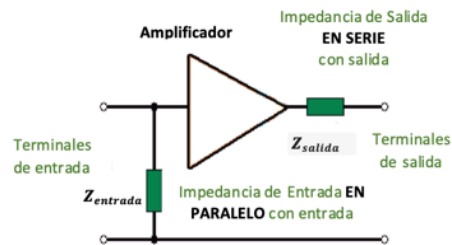


Figura 6. Impedancias de Salida y Entrada de un amplificador.

Fuente: Eric Coates (2018) (Tomada para fines académicos)

I.1.2.3.4.3 Etapas de amplificación.

Necesita existir un equilibrio entre los valores a la entrada y a la salida del amplificador para que el valor de la señal que fluye a través de ambas terminales, sea eficiente. De igual manera, la eficiencia de la señal debe ser eficiente a lo largo de todo el proceso, ya sea antes o después de su paso por el amplificador. Cuando la ganancia de un solo amplificador es insuficiente, generalmente se soluciona conectando varios amplificadores con la salida de uno, a la entrada de otro. Como si se conectaran en “serie”. Al realizar dicha conexión, entre la salida del primer amplificador y a la entrada del segundo, generan un divisor de potencia. A este tipo de conexión se le denomina “conexión en cascada”. En la Figura 7 se muestra de manera simbólica dicha conexión.

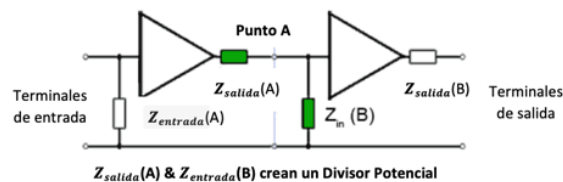


Figura 7. Efecto de divisor potencial en amplificadores conectados en Cascada.

Fuente: Eric Coates (2018)
(Tomada para fines académicos)

En los amplificadores que cuentan con múltiples etapas, su ganancia total está relacionada con la impedancia a la entrada y salida. La ganancia total del amplificador de múltiples etapas es el producto de la ganancia individual de cada amplificador. Como en todo sistema, jamás existirá un 100% de eficiencia. En este caso específico, se debe a la pérdida de señal por la conexión sucesiva de amplificadores individuales. Miller, Anton (2017) lo explica de la siguiente manera:

“...if each stage of a two-stage amplifier has a gain of 10, then the overall gain should be $10 \times 10 = 100$. In practice however, this is not achievable due to the coupling losses incurred in matching the amplifiers, and a slightly lower overall gain results” (Miller, Anton, 2017, p.10)

I.1.2.4 Historia de los amplificadores musicales.

A través del paso del tiempo, la historiadores jamás han podido concluir en quién inventó el primer amplificador. Pero algo es seguro, la palabra “amplificador” ya no era para nada extraña alrededor del año de 1920. En la sección de *Bulbos* se trató un poco sobre cómo fueron evolucionando los amplificadores debido a la modificación misma del bulbo. Con lo anterior, podemos afirmar que algunos de los primeros amplificadores para guitarra eléctrica, fueron construidos por 1930. Entre algunos de las primeras marcas de amplificadores de guitarra eléctrica más reconocidas por los guitarristas están Rickenbacker y Volu-Tone. Volu-Tone, en la actualidad, se concentra en elaborar productos tecnológicos diversos principalmente para el hogar.

Antes de 1930 no había instrumentos que amplificar. Es decir no existía la necesidad de inventar los amplificadores musicales. Algunos historiadores mencionan que debido a la modificación de la guitarra Hawaiana para ser amplificada en dicho año, surgió la necesidad de construir

amplificadores únicamente para dichos instrumentos. De ahí, surgió el Bum! Por los instrumentos amplificados. Entre uno de los nombres destacados, elaboradores de instrumentos amplificados, está Les Paul. Hasta la fecha, sus diseños, principalmente para la marca Gibson, roban miradas. Para alrededor del año de 1944, las guitarras eléctricas y sus amplificadores ya eran de impacto internacional.

Para finales de 1949, ya era imposible no asociar el Rock and Roll con la guitarra eléctrica. Es decir, es el sonido característico que iba a marcar toda una era. John Burnett (2010) menciona que, casi una década después, la mayoría de las agrupaciones musicales tomaban como estereotipo a The Beatles y sus equipos. Tal era su influencia (The Beatles) sobre otras agrupaciones que, indirectamente, empezaron a resaltar características de amplificadores como Combos de 30 o 60 Watts. Un problema de estos combos es que no proporcionaban el sonido suficiente para lugares con más oyentes. Éste problema se solucionó colocando micrófonos frente a los amplificadores.

Existe una inmensidad de debates en foros, conferencias y escritos sobre quién elaboró el primer amplificador musical. Hay quienes le atribuyen el primer amplificador musical a los que lo utilizaron en la radio, a los de las telecomunicaciones e inclusive a algunas marcas como las que se han mencionado a lo largo del trabajo. Pero, algo es seguro, uno de los primeros amplificadores más reconocidos hasta la fecha y antiguos fueron elaborados por la compañía Fender alrededor de 1940. Estos amplificadores, definitivamente, fueron el parteaguas para la revolución de los amplificadores musicales. Steven Fryette Design (2016), menciona que Gibson Guild y Vox fueron algunos de las compañías que siguieron sus pasos. Y, que, la limpieza en el tono era la característica principal de estos amplificadores. Podría afirmarse que la distorsión en

el tono no era algo que se deseara en esos tiempos. Aunque, muchos años después, va a ser la característica principal de muchas marcas de amplificadores.

En algún momento de la historia, la utilización de la distorsión como característica principal de los amplificadores tenía que abrirse paso. Y así fue gracias a una banda llamada The Kinks.

Aunque la distorsión surgió como algo circunstancial. Muchos investigadores como John Burnett (2010) afirman que Dave Davies, guitarrista de dicha banda, rozó la bocina de un amplificador Elpico para después montarlo en un amplificador Vox AC-30 por el año de 1964. Así fue como la canción “You Really Got Me” de The Kinks, revolucionó todo el concepto de tono obtenido por los amplificadores.

Como se mencionó anteriormente, prácticamente Fender controlaba toda la industria de amplificadores hasta que, alrededor de 1960, sale a la luz la marca Marshall que, con el paso del tiempo, se convertiría en su más acérrimo rival. Conforme las necesidades de los músicos fueron evolucionando, Marshall vio la oportunidad de separar su marca totalmente de Fender. Mientras que Fender se caracterizaba por sostener unos tonos limpios, Marshall optó por la distorsión en el tono. Debido al campo de tono que manejaba Marshall, rápidamente se asoció su tono con el sonido del Rock and Roll. Ya era prácticamente imposible no pensar en el Rock and Roll sin pensar en amplificadores Marshall. Esto derivó rápidamente en que Marshall llevará la distorsión y el volumen más allá con la creación de amplificadores de 100 wats elaborados específicamente para un gran volumen y una distorsión de alta ganancia. Esto llevó rápidamente al icónico “Wall of Sound” de Marshall como se puede ver en la Ilustración 3.



Ilustración 3. El "Wall of Sound" de Marshall es la máxima representación de la idea de que más volumen es mejor.

*Fuente: Jaakonam (2008)
(Tomada para fines académicos)*

Debido a que el componente principal de los amplificadores es el bulbo, forzosamente la manera de amplificar el sonido tenía que evolucionar según los circuitos lo hagan. Es por eso que por el año de 1970 salieron al mercado los amplificadores de estado sólido, que reemplazaron el bulbo por los transistores. Estos amplificadores, debido a sus componentes, eran más baratos, proveían de un sonido más estable y limpio que los que utilizaban bulbos. A pesar de que el imperio musical estaba dominado por Vox, Marshall y Fender, indudablemente tenían que salir compañías que basaran sus diseños en ellos pero agregándoles un poco más de sabor. Es decir, estas compañías se basaron en tonos establecidos para crear tonos propios. Tal es el caso de Randall, Mesa/Boogie, Line 6, Orange y Revv por mencionar algunos.

I.1.2.5 Clasificación de los amplificadores según los dispositivos de amplificación.

I.1.2.5.1 *Amplificadores de Bulbos.*

Dado que fueron los primeros amplificadores que se elaboraron, son amplificadores clásicos y aún más preferidos sobre los otros tipos de amplificadores. Como su nombre lo dice, el componente principal para el circuito de amplificación es el bulbo. Como se muestra en la Ilustración 4. Al ser utilizado el amplificador por periodos extendidos de tiempo, los bulbos, que la mayoría de las veces son visibles, llegan a un color rojizo. Debido a que funcionan con bulbos, estos amplificadores pueden llegar a ser muy costosos. A pesar de eso, definitivamente valen el costo beneficio ya que la respuesta del sonido y sus tonos, no se llegan a comparar con ningunos otros.



Ilustración 4. Tubos de vacío Electro Harmonix KT88 para la etapa de potencia de un amplificador

*Fuente: Matt Myers (2007)
(Tomada para fines académicos)*

I.1.2.5.2 Amplificadores de Estado Sólido.

Estos amplificadores, por razones que ya fueron mencionadas a lo largo del trabajo, son de bajo costo. No entregan eficientemente un tono de distorsión como los amplificadores a bulbos, pero son muy útiles para géneros como el blues y jazz que requieren tonos limpios. Como se puede apreciar en la Ilustración 5, la constitución de dicho amplificador no consta de un solo bulbo.

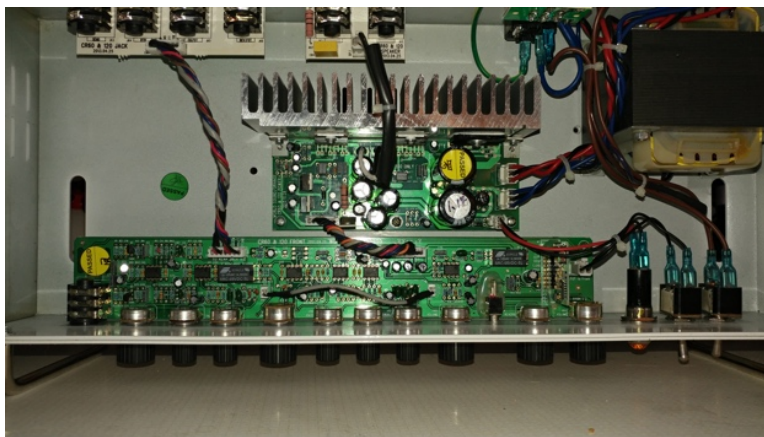


Ilustración 5. Interior del amplificador de estado sólido Orange Crush Pro Series

Fuente: Liazraht (2013) (Tomada para fines académicos)

I.1.2.5.3 Amplificadores Híbridos.

Estos amplificadores juntan las características de los amplificadores a bulbos y de estado sólido. Como se definió anteriormente, la mayoría de los amplificadores cuentan con la etapa de potencia y la etapa de preamplificación. Entonces, estos amplificadores utilizan transistores para la etapa de potencia y bulbos para la etapa de preamplificación como se aprecia en la Ilustración 6. Pretendiendo juntar lo mejor de ambos amplificadores. Aunque cabe mencionar que pierden algunas características de los amplificadores a bulbos y los amplificadores de estado sólido.

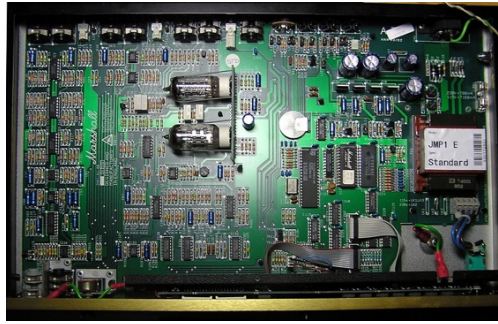


Ilustración 6. Circuito del amplificador de estado sólido/ híbrido Marshall JMP-1

*Fuente: Ben (2017)
(Tomada para fines académicos)*

I.1.2.5.4 Amplificadores Modeladores.

Los amplificadores modeladores pueden ser a base de amplificadores de estado sólido o híbridos. Lo que los diferencia de estos, es que los amplificadores modeladores cuentan con un circuito electrónico designado específicamente para emular a otros amplificadores, sus canales y hasta efectos de guitarra. Un ejemplo de estos, se muestra en la Ilustración 7. Generalmente estos amplificadores son utilizados para práctica o para los músicos que se encuentran en constante movimiento y no pueden cargar con todo el equipo que generalmente utilizarían.



Ilustración 7. Amplificador modelador Fender Mustang con emulador de amplificadores de la marca y variaciones de efectos de guitarra.

*Fuente: Dave Simons (2011)
(Tomada para fines académicos)*

I.1.2.5.6 Diferencias entre amplificadores de Estado Sólido y a Bulbos.

La diferencia principal que existe entre los amplificadores de estado sólido y a bulbos recae en el costo. Los amplificadores de estado sólido son más baratos que los amplificadores a bulbos. De igual manera, los amplificadores de estado sólido son más fáciles de darles mantenimiento. No necesitan tantos cuidados. Por otro lado, los amplificadores a bulbos requieren muchos cuidados principalemnete enfocados en los bulbos. Blue Audio Store (2015) explica que otra de las diferencias principales es el tono. Ya sea que se necesite poca o mucha distorsión, se puede acudir a los amplificadores de estado sólido o a bulbos respectivamente.

I.1.2.6 Características generales de los amplificadores de guitarra eléctrica.

I.1.2.6.1 Canales del amplificador.

Los canales del amplificador nos permiten modular el tono del amplificador de manera más sencilla. Estos canales pueden ir desde uno hasta cuatro (puede haber más, pero son los más comunes). Estos canales principalmente regulan la distorsión según se requiera. Conforme nos vamos desplazando de canales, vamos aumentando la ganancia. Existen amplificadores de un solo canal que nos permite regular esto con una perilla de Ganancia que se encuentra en el amplificador. El problema, a diferencia de los amplificadores que cuentan con más canales, es que no podemos regular la distorsión tanto como deseemos ya que se encuentra limitada por la perilla. Por el otro lado, en los amplificadores de varios canales, podemos encontrar diversos tonos de distorsión entre canales. Podemos ver esto de la siguiente manera:

“Los amplificadores de tres canales ofrecen una mayor flexibilidad mediante la adición de un canal de sonido crujiente dedicado. De esta manera, se pueden configurar tres sonidos distintos y obtener un nivel equilibrado y sin fisuras, cuando se conmute entre ellos” (Blue Audio Store, 2015).

I.1.2.6.2 Sonido.

Es posible definir el sonido de un amplificador como el nivel de respuesta que este nos otorga en el tono según sea la intensidad con la que se toque la guitarra. De igual manera, dicho sonido se encuentra directamente afectado por los componentes utilizados en la etapa de amplificación, los tipos de bulbos que se utilicen o el tiempo que llevan de utilizarse (si es que el amplificador es a bulbos), las bocinas utilizadas, las dimensiones del cabezal o hasta los materiales de su estructura. Los sonidos, generalmente, se encuentran en el espectro de limpios a distorsionados.

I.1.2.6.3 Tono.

Una forma de definir el tono, es como el producto de modular el sonido a través de la sección de ecualización que se encuentra en el panel principal del amplificador. Generalmente, para modelar el tono, se cuenta con las perillas de graves, agudos y medios. Pueden existir diversas secciones de ecualización según los canales con los que cuente el amplificador. Y, de manera modular general, algunos amplificadores cuentan con la perilla de Presencia y Ganancia que añaden brillo y distorsión, respectivamente.

I.1.2.6.4 Efectos.

Algunos amplificadores cuentan con efectos sin necesidad de ser agregados por medio de pedales o por computadora a través de interfaces de audio. Dichos efectos están integrados directamente al circuito general del amplificador. Entre los efectos más comunes, podemos encontrar la reverberación. Este efecto le agrega un cuerpo de desfase al sonido. Dicho desfase puede irse modulando con una perilla específica para el efecto. En los amplificadores de modulación, se puede encontrar una gran cantidad de efectos de sonido sin utilizar pedales de efecto físicos. Dichos efectos pueden ser de distorsión, delay, tremolo y flanger por mencionar algunos de los más comunes.

I.1.2.6.5 Salidas y Entradas.

Algunos amplificadores pueden contar con diversas entradas y salidas para modificar el sonido del amplificador y la conexión de instrumentos o accesorios entre muchas otras utilidades. A continuación, se mencionan algunas entradas y salidas más comunes.

- a. Salida de Altavoces: Esta salida permite, en caso de que el amplificador sea el puro cabezal, conectarlo al gabinete que es donde se encuentra la bocina. Se pueden conectar uno o dos gabinetes según sea el diseño del amplificador. Se tiene que tomar en cuenta que los amplificadores cuentan con resistencias desde 4 hasta 16 Ohms. Al conectarlo al gabinete. La resistencia del amplificador y el gabinete tiene que coincidir o se corre el riesgo de dañar a cualquiera o ambos equipos.

- b. Salida de Preamplificación: Los amplificadores que cuentan con esta función, permiten separar la etapa de preamplificación con la de potencia. Es decir, al conectar los efectos en esta entrada, estos funcionarían como el sonido de preamplificación inabilitando al amplificador y sólo utilizar su etapa de potencia. Otra función de ésta entrada es que permite aumentar la potencia conectando este amplificador en “serie” con otro.

- c. Salida Emulada: Este puerto del amplificador es de utilidad para conectar el cabezal o el combo completo (inabilitando la bocina) según sea el caso a una interfaz de grabación para crear pistas en un programa específico para dicha aplicación.

- d. Salida de Auriculares: Esta salida se utiliza generalmente para practicar sin necesidad de importunar a otras personas. La principal función de esta salida es la de conectar los audífonos mientras tocamos la guitarra sin necesidad de utilizar la bocina.

- e. Entrada De Auxiliar: Esta entrada permite conectar dispositivos reproductores de audio. Esta entrada es de gran utilidad para practicar una pista musical en específico.

Capítulo II

II.1 Del amplificador y el bulbo

II.1.1 Amplificador Orange Micro Dark (Cabezal)

II.1.1.1 Descripción General.

El amplificador Orange Micro Dark es un amplificador de 20 Watts de tipo híbrido. En la sección de preamplificación cuenta con un bulbo 12AX7. Esta etapa de preamplificación está configurada para alta ganancia. Dicha configuración, hace que el amplificador entregue tonos con alta distorsión. El mercado que generalmente consume este producto son artistas de música extrema. Así como está configurado principalmente para tonos distorsionados, este amplificador cuenta con una perilla de Ganancia y una de Cuerpo que permiten variar el tono desde algo limpio, hasta algo con extrema distorsión. Aunque, por lo mismo que está configurado principalmente para tonos con gran distorsión, el tono limpio no lo es tanto como en otros amplificadores. Esto se debe principalmente a que el amplificador es de un solo canal y no cuenta con controles de Medios, Bajos y Agudos. La función de estos últimos controles están constituidos en el control de Cuerpo. Pero, no permite modificar con gran versatilidad el tono como lo harían estos controles individualmente. Este amplificador también cuenta con un control de volumen, una sección de bucle buferada y una salida para audífonos que cuenta con una simulación de gabinete por si se requiere conectar a una interfaz y grabar directo desde el amplificador.

Dado que el cabezal sólo cuenta con el circuito de amplificación, necesita un gabinete que cuente con la bocina. La página oficial de amplificadores Orange recomienda su gabinete modelo PPC108. Aunque puede trabajar con otros gabinetes de otras marcas, pero deben ser

forzosamente de 8–16 Ohms. Como este amplificador es pequeño y no cuenta con tantas versatilidades de tono, principalmente se utiliza para prácticas o grabaciones. Dado que es de poca potencia, no es nada útil en funciones en vivo.



Ilustración 8. Amplificador Orange Micro Dark y gabinete Orange PPC108

Fuente: Elaboración Propia

II.1.1.2 Características Principales.

*La siguiente lista de características del amplificador fueron obtenidas del portal oficial de internet del producto y del portal del manual del mismo. Todo en la página oficial de la compañía. (Tomado para fines académicos).

II.1.1.2.1 Control de Cuerpo.

El control de cuerpo modifica el rango de medios del tono variándolo directamente con agudos y graves. Girando la perilla a la izquierda a partir de las 12 en punto (viéndolo como un reloj) añade más medios, reduce los graves y aumenta los agudos. Es un tono más suave sin tantos picos. Por otro lado, a partir de las 12 en punto, girando a la derecha reduce los medios y graves produciendo un tono más agudo.

II.1.1.2.2 Salida de Auriculares con Simulación de Gabinete.

La salida de auriculares principalmente sirve para practicar sin necesidad de conectarse a un gabinete. Generalmente se utiliza cuando puede ocasionar incomodidades alrededor. Pero, la segunda y no menos importante utilidad de ésta salida es la de grabación. Esto es gracias a que la misma salida cuenta con la Simulación de Gabinete. Así se puede conectar a una interfaz de audio para grabar el sonido proveniente del amplificador sin utilizar otros dispositivos que pueden modificar el tono como lo son los micrófonos. Esta salida emula el tono que saldría de un gabinete Orange 4x12.

Las salidas de auriculares y gabinete pueden ser utilizadas simultáneamente. Para evitar sordera, se recomienda no utilizar los auriculares a un alto volumen.

II.1.1.2.3 Volúmen.

Regula el volumen del sonido. Se tiene que modificar la ganancia al variar el volumen para tener un equilibrio en el sonido. Antes de encender el equipo, se debe establecer el volumen al mínimo.

II.1.1.2.4 Ganancia.

Ajusta el nivel de ganancia. Permite lograr tonos que van desde limpios hasta de alta distorsión.

Si la ganancia se encuentra en mínima, no se producirá ningún sonido.

II.1.1.2.5 Encendido/Apagado.

Es necesario asegurarse de que el interruptor se encuentre en la posición de apagado antes de conectar el adaptador de corriente. La luz indicadora se iluminará cuando el interruptor se encuentre en la posición de encendido.

II.1.1.2.6 Entrada de Instrumento.

Se recomienda utilizar un cable para guitarra eléctrica recubierto y de alta calidad para conectar el instrumento al equipo.



Ilustración 9. Panel frontal del amplificador Orange Micro Dark.

Fuente: Elaboración Propia

II.1.1.2.7 Bucle Bufereado de Efectos.

Este puerto permite que se agreguen pedales de efectos para modificar directamente al tono sin sacrificarlo. Esto se debe al puerto bufereado. Que esté bufereado, significa que éste puerto tiene baja impedancia haciendo que no se modifique el tono por más que se agreguen efectos.

Entrada: Se conecta el equipo a la entrada de los pedales de efectos.

Regreso: Se conecta la salida de la cadena de efectos a la puerto de Regreso del equipo.

II.1.1.2.8 Salida al Gabinete.

Se recomienda conectar el equipo a un gabinete de 8 o 16 Ohms que mínimo manje 20 Watts. De igual manera, se debe utilizar un cable para gabinete y nunca un cable para instrumento. Jamás

utilizar el equipo por sí solo. Si no se utiliza la salida de auriculares, siempre debe estar en uso el equipo con un gabinete.

II.1.1.2.9 Entrada de Corriente Directa.

En esta entrada se debe conectar el adaptador de corriente (15V DC / 2A) que se incluye con el equipo. Se debe utilizar sólo el adaptador mencionado. Si el adaptador presenta daños, se recomienda contactar con una concesionaria de Orange.



Ilustración 10. Panel trasero del amplificador Orange Micro Dark.

Fuente: Elaboración Propia

II.1.1.3 Especificaciones.

*La siguiente tabla de especificaciones fue obtenida de la página oficial de internet del manual del producto. (Tomado para fines académicos).

Controles (derecha a izquierda):	Ganancia, Cuerpo, Volúmen
Chasis:	Acero de Alta Tensión (negro mate)
Potencia de Salida:	20 Watts (Máximo)
Salida de Gabinete:	Gabinete de 1 bocina de 8-16 Ohms para 20 Watts
Dimensiones:	16.5cm x 13.5cm x 9.5 cm
Peso:	0.78 kg

Tabla 1. Tabla de especificaciones de fabricación del equipo Orange Mini Dark.

Fuente: Elaboración Propia

II.1.2 Bulbo JJ ECC83S

II.1.2.1 Descripción General.

El bulbo con el que cuenta el amplificador Micro Dark es de la compañía JJ Electronic modelo ECC83S. JJ Electronic es una empresa fabricante de tubos de vacío, capacitores electrolíticos y amplificadores de audio de alta gama. El mercado principal de los productos de esta compañía es el de los amplificadores de guitarra y de audio y en estudios de grabación. Según la página principal de JJ Electronic menciona que tienen en su lista más de 35 bulbos de preamplificación, de potencia y de rectificación. Por lo mismo, no sorprende que éste equipo cuente con uno.

EL bulbo ECC83S está clasificado dentro de uno de los bulbos tipo 12AX7 que ofrece la compañía. Cabe mencionar que los bulbos ECC83 son exactamente los mismos que los 12AX7 pero con otra denominación. 12AX7 es la nomenclatura que estos bulbos reciben en Estados Unidos, y ECC83S la que reciben en Europa. Estos bulbos son de doble triódo pero se

caracterizan por tener una base noval (B9A). Es decir, la base cuenta con nueve pines como “conexión macho”. Esta configuración permite que estos bulbos sean de alta ganancia. De ahí, que el amplificador Micro Dark de este trabajo, sea un amplificador de alta ganancia.

JJ Electronic, a través de su página oficial electrónica, define al bulbo ECC83S como un bulbo de doble triodo de preamplificación de alta ganancia. Específicamente, como un bulbo amplificador de audio frecuencia. También menciona que su diseño permite que el amplificador entregue un sonido sin ruido añadido excesivo y sin microfónicos. De igual manera, en cuestiones de sonido, menciona que son extremadamente armónicos y entregan un tono con un bajo definido y agudos cristalinos.



Ilustración 11. Bulbo de la compañía JJ modelo ECC83S en el circuito de preamplificación del amplificador Orange Micro Dark

Fuente: Elaboración Propia

II.1.2.2 Especificaciones.

*Los datos, figuras y gráfica (fragmento) de esta sección fueron tomados de la hoja de datos del bulbo proporcionada por JJ Electronic a través de su página electrónica oficial. (Tomados para fines académicos).

- Marca: JJ Electronic
- Modelo: ECC83S/12AX7
- Tipo: Audio Frecuencial de doble triodo

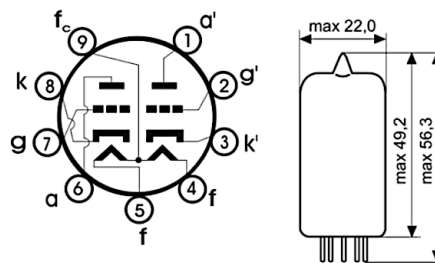


Figura 8. Esquema de las dimensiones y la configuración interna del bulbo ECC83S de la compañía JJ Electronic.

*Fuente: JJ Electronic (2019)
(Tomada para fines Académicos)*

Valores de Límite	
Va=	300 V
Wa=	1 W
Ik=	8 mA
Vg=	-50 V
Rg=	2,2 MΩ
Uk/f=	180 V
Rk/f=	150 kΩ

Tabla 2. Tabla de Especificaciones de los Valores de Límite de para el Bulbo ECC83S

Fuente: Elaboración Propia

II.1.2.3 Elaboración de un circuito de preamplificación a partir de los valores electrónicos del bulbo ECC83S.

A continuación, se realizará un circuito de preamplificación para el bulbo ECC83S de la empresa JJ Electronic. Dicho circuito está basado en el diseño de un circuito de preamplificación simple encontrado en el trabajo de Barriga Pérez, Gilberto (2010). En este diseño, se necesitan encontrar los valores de las resistencias del ánodo (R_p), de polarización (R_k) y de la grilla (R_g) respectivamente utilizando la gráfica y datasheet para el bulbo ECC83S anteriormente mencionados. Así como del capacitor del cátodo (C_k).

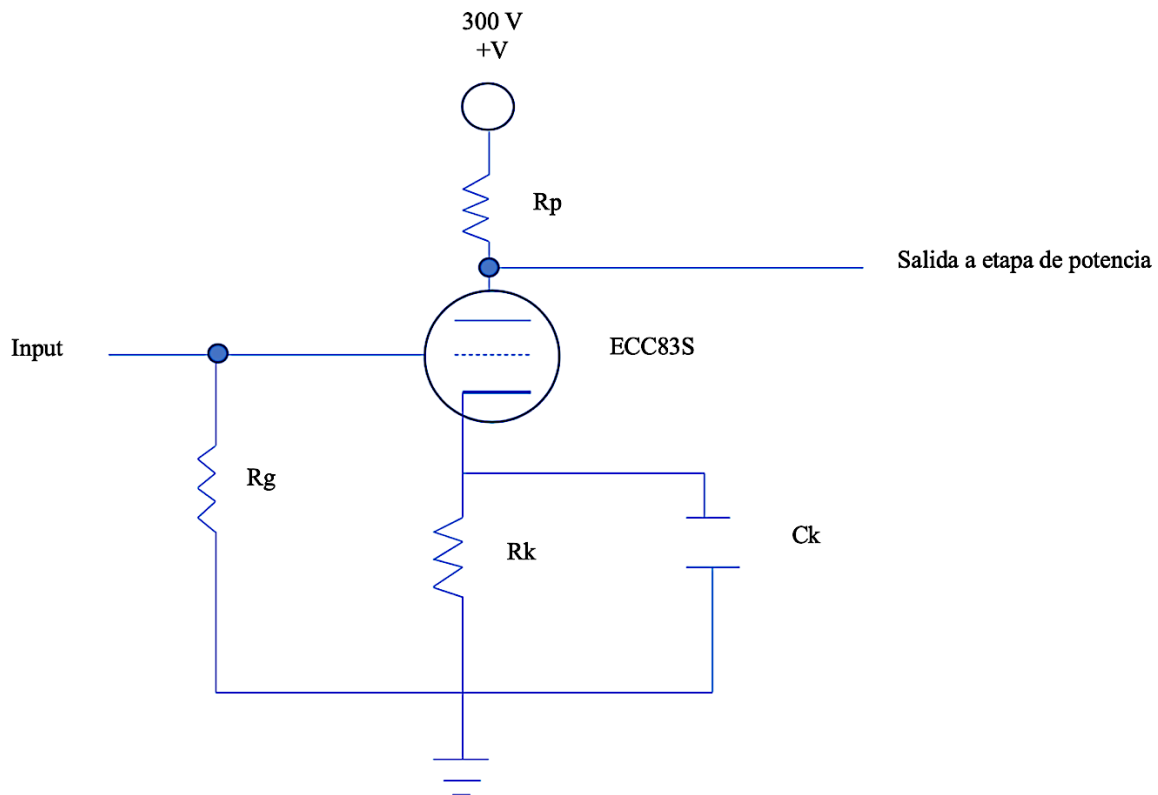
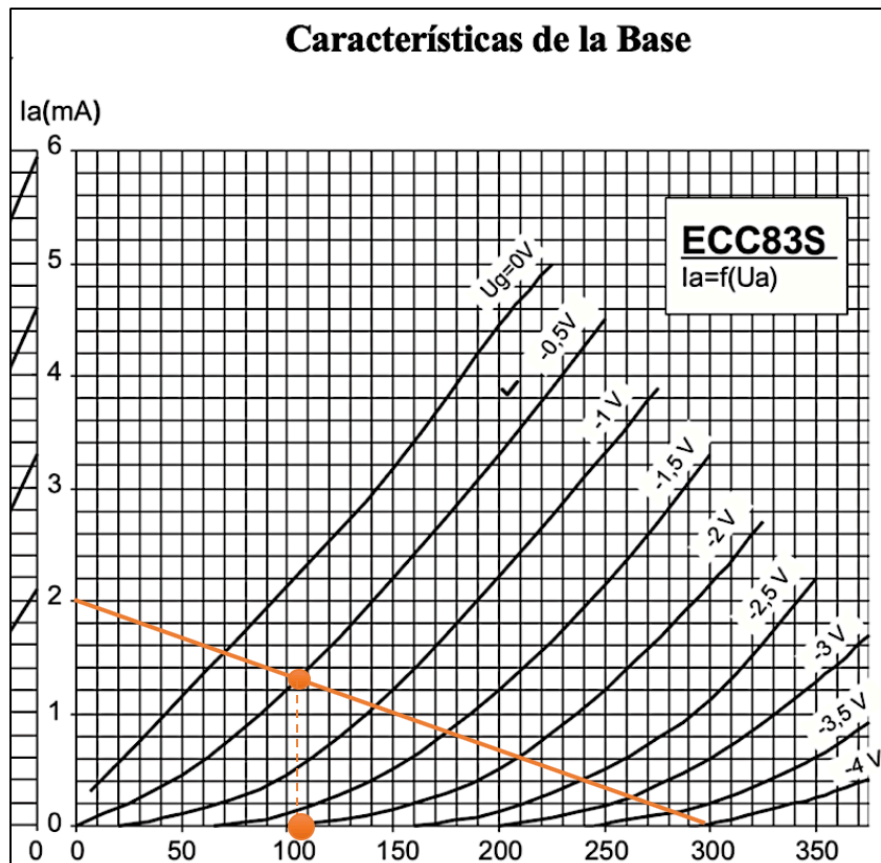


Figura 9. Circuito inicial de la etapa de preamplificación empleando el bulbo ECC83S.

*Fuente: Barriga Pérez, Gilberto (2010)
(Tomada para fines Académicos)*

II.1.2.3.1 Resistencia del ánodo (R_p).

Para conocer la Resistencia del Ánodo o Placa (R_a), es necesario conocer primero el Voltaje de Polarización. El voltaje de polarización es el voltaje máximo dado en el datasheet del bulbo. Se utiliza este valor ya que se pretende utilizar el bulbo en alta ganancia. De igual manera, es necesario utilizar la gráfica proporcionada por JJ Electronic (Anexo 2).



Gráfica 1. Cálculo de R_p utilizando el Anexo 2.

Fuente: JJ Electronic (2019)
(Tomada para fines Académicos)

Observando la gráfica, se tienen los parámetros de Corriente del Ánodo (I_a), Voltaje del Ánodo (V_a) en el eje de las x, y el Voltaje en la Grilla (V_g). Entonces, se tomará el valor del Voltaje en la grilla de -0.5 dado que presenta buena linealidad. Ahora, se seleccionará arbitrariamente $I_a = 2$ mA. Dicha selección de valor se hace tomando en cuenta de que éste no debe superar los valores máximos dados por el fabricante. En la gráfica, se traza una línea que va desde 300 V (U_a) hasta 2 mA (I_a) y marcando el punto donde se cruce con $V_g = -0.5$. Tomando en cuenta el punto marcado, se tiene que $V_a = 105$ V.

La fórmula para calcular R_p , es la siguiente:

$$R_p = \frac{V \text{ de polarización}}{I_p}$$

Entonces:

$$R_p = \frac{300V}{2 \text{ mA}}$$

Obteniendo así una Resistencia en el Ánodo (R_p) de 150 k Ω .

*Es pertinente mencionar que el Voltaje de Polarización es el mismo que el valor de Alta Tensión (HT). Entonces, $H_t = 300$ V.

II.1.2.3.2 Resistencia de Polarización (R_k).

Para poder determinar R_k , antes es necesario determinar algunas variables . Primero se calculará I_p para el valor de $R_p = 150$ k Ω . Entonces I_p está dada por la siguiente fórmula:

$$I_p = \frac{HT - V_a}{R_p} = \frac{300V - 105V}{150k\Omega} = 1.3 \text{ mA}$$

Ya determinado I_p , se calcula R_k con la siguiente fórmula:

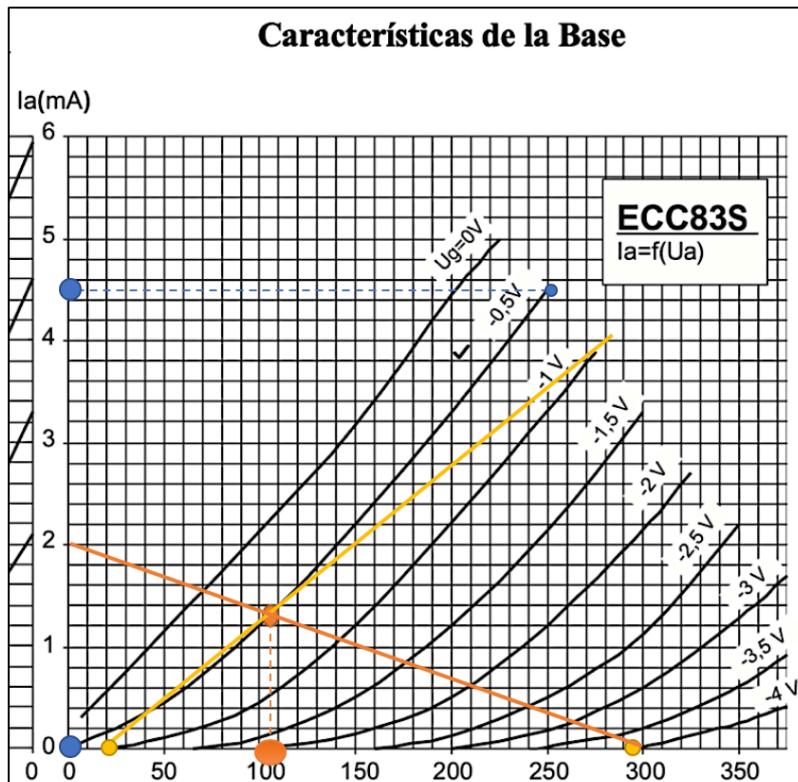
$$R_k = \frac{V_{gk}}{I_p} = \frac{0.5 \text{ V}}{1.3 \text{ mA}} = 384 \Omega$$

Pero este valor de R_k no es uno que se encuentre entre las resistencias comerciales comunes. Por esto, se ubica una resistencia comercial que se aproxime al valor de 384Ω . La resistencia comercial cercana es de 330Ω . Entonces, $R_k = 330 \Omega$.

II.1.2.3.3 Capacitor en el Cátodo (C_k).

Antes de determinar el valor de C_k , es necesario obtener los valores de resistencia interna del ánodo (r_a), Amplificación (A_v), factor de amplificación (μ), la resistencia del capacitor del cátodo (r'_k), y la resistencia interna del capacitor (r_k) en ése orden.

Para determinar “ r_a ”, se utilizará la gráfica ya mencionada. Es necesario trazar una línea transversal a la ya determinada en el cálculo de R_p pasando por el punto anteriormente marcado en la curva de $V_g = -0.5$. Con esta nueva línea, se observa donde toca al eje de V_A y así determinamos el valor de V_a para r_a . Dado que se necesita una diferencia de voltaje, se determinará el segundo valor de V_a . Para esto, observámos donde toca el máximo valor de V_g al eje de V_a . Finalmente, para determinar el los valores de I_a , sólo se determina el rango de operación del punto de trabajo (punto naranja) que va desde 0 mA hasta el valor máximo de la curva de trabajo. En este caso es $V_g = -0.5 \text{ V}$ y llega hasta 4.5 mA .



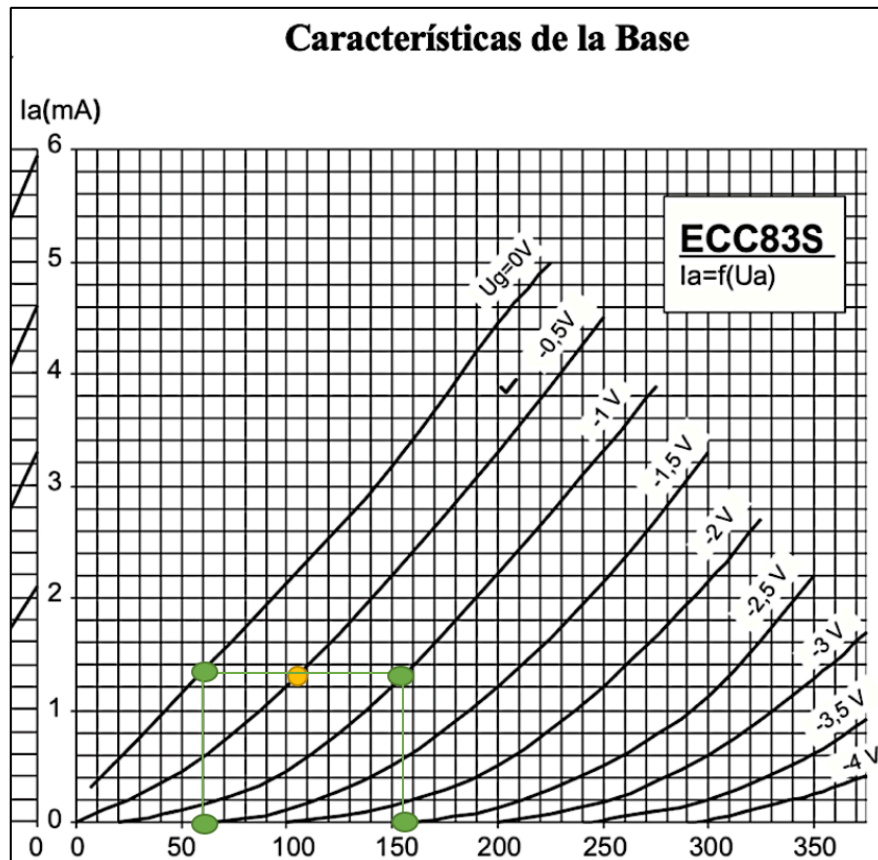
Gráfica 2. Cálculo de r_a utilizando el Anexo 2.

Fuente: JJ Electronic (2019)
(Tomada para fines Académicos)

Con los valores obtenidos en la gráfica anterior para $V_a = 295V - 30V$ e $I_a = 4.5mA - 0mA$ se sustituyen en la siguiente fórmula para determinar “ r_a ”:

$$r_a = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} = \frac{295V - 30V}{4.5mA - 0} = 58 k\Omega$$

Con la misma gráfica anterior ahora se determina el factor de amplificación (μ). Ahora se traza una línea paralela al eje de V_a que pase por el punto de trabajo ya marcado y utilizado en las gráficas anteriores. En donde esa línea toque a las curvas de V_g próximas, se utilizarán esos valores de V_a y los mismos valores de las curvas de V_g para determinar μ .



Gráfica 3. Cálculo del factor de amplificación utilizando el Anexo 2.

*Fuente: JJ Electronic (2019)
(Tomada para fines Académicos)*

Con la siguiente fórmula de μ se determina que :

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{155V - 60V}{1V - 0} = 95$$

Con los valores de μ , R_p y r_a se calcula la Amplificación (A_v) como:

$$A_v = \mu * \frac{R_p}{R_p + r_a} = 95 * \frac{150 k\Omega}{150 k\Omega + 58 k\Omega} = 68.5$$

Para el cálculo de la resistencia del capacitor del cátodo (r'_k) se utiliza la siguiente fórmula sustituyendo los valores anteriormente encontrados:

$$r'k = \frac{Rp + ra}{\mu + 1} = \frac{150k\Omega + 58k\Omega}{95 + 1} = 2.18k\Omega$$

Para el cálculo de la resistencia interna del capacitor (rk) es necesario hacer su cálculo con r'k y

Rk en paralelo. Entonces:

$$\frac{1}{rk} = \frac{1}{r'k} + \frac{1}{Rk} = \frac{1}{2.18 k\Omega} + \frac{1}{330\Omega} = 0.003489\Omega$$

Entonces: rk = 287 Ω

Finalmente, para determinar el valor del capacitor en el cátodo (Ck), se utiliza la siguiente

fórmula:

$$Ck = \frac{1}{2 * \pi * f * rk} = \frac{1}{2 * \pi * 58 Hz * 287\Omega} = 9.56 \mu f$$

*El valor de f = 58 Hz es determinado por su aproximación a 60Hz. Generalmente, y según lo consideren diversos fabricantes, se seleccionan frecuencias mayores a 60 Hz. La guitarra eléctrica suele otorgar dichos valores de frecuencia, pero sería más complicado controlarlas y afectarían al amplificador en cuestión ya que crearía estática innecesaria en el sonido.

Necesitándose así, un circuito más elaborado. Para esta configuración simple de un circuito de preamplificación se seleccionaron 58 Hz .

II.1.2.3.4 Resistencia en la grilla (Rg).

El valor de Rg se utiliza dentro del rango permitido por el datasheet del fabricante. En éste caso, se deben escoger valores de resistencia por debajo de 2.2 M Ω . En éste caso, se determinará que Rg = 200 k Ω .

II.1.2.3.5 Diseño final del circuito.

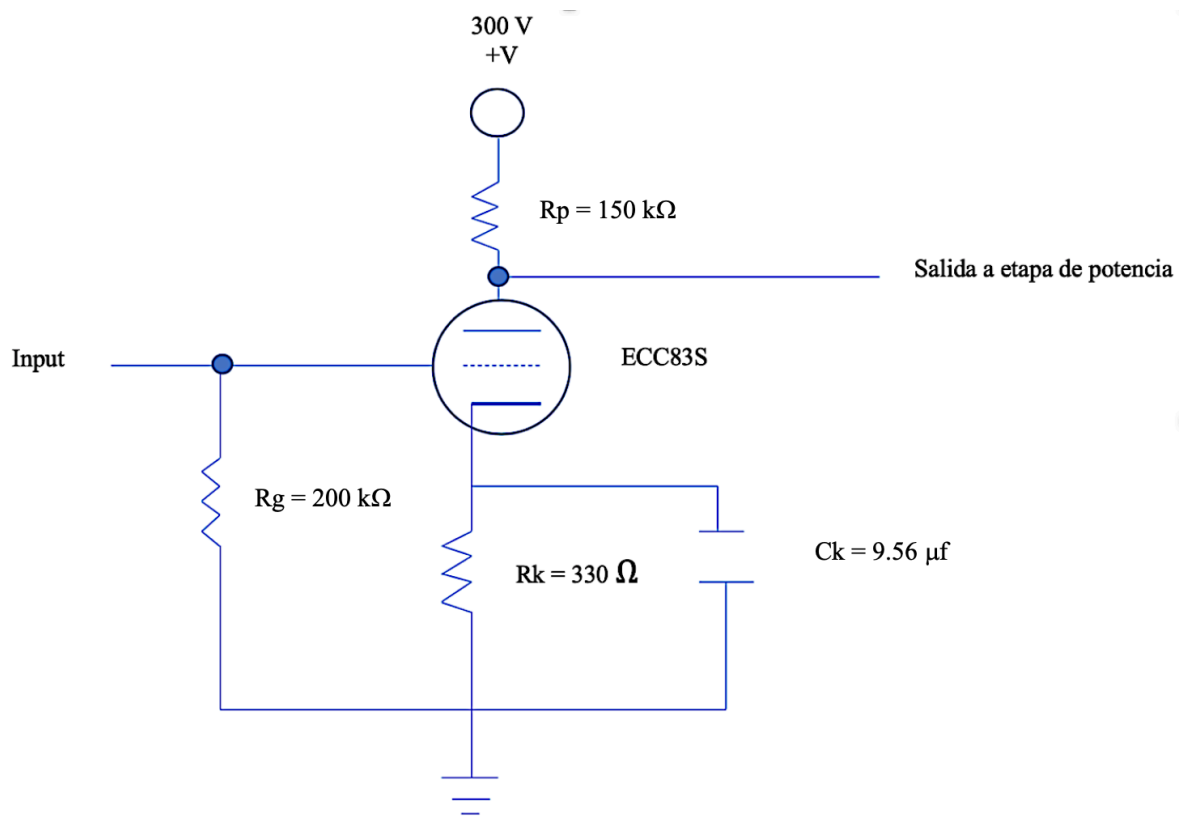


Figura 10. Circuito final de la etapa de preamplificación empleando el bulbo ECC83S.

*Fuente: Barriga Pérez, Gilberto (2010)
(Tomada para fines Académicos)*

II.1.2.4 Potencia disipada por el bulbo ECC83S.

Los Valores de Límite de voltaje y corriente para el bulbo ECC83s mostrados en la Tabla 2 y Anexo 1, respectivamente, son de utilidad para determinar la potencia máxima disipada por dicho bulbo. Esta potencia es un indicador de seguridad y garantía de sus propiedades al que el bulbo debe trabajar. En la Tabla 2 se indica que el valor de trabajo seguro de voltaje es de 300V y para la corriente es de 6mA (eje y) según la gráfica en el Anexo 1. Entonces la corriente es de 0.006 A. La fórmula para calcular la potencia máxima disipada está dada por:

$$P_{m\acute{a}x} = V_{m\acute{a}x} * I_{m\acute{a}x}$$

Sustituyendo:

$$P_{m\acute{a}x} = 300V * 0.006A = 1.8W$$

La potencia máxima disipada por el bulbo es de 1.8 Watts.

II.1.2.5 Energía disipada por el bulbo ECC83S.

La energía disipada por el bulbo ECC83S está en función con la potencia disipada por el mismo.

Así mismo, la energía disipada está dada en forma de calor que el bulbo cede al medio. Por lo anterior, las unidades de energía utilizadas son calorías. Entonces, la fórmula de energía disipada será:

$$H = 0.239 * P_{m\acute{a}x} * t$$

Donde “t” es la variable de tiempo y 0.239 es el valor de equivalencia de 1 Joule a calorías ya que el producto de energía de $P_{m\acute{a}x} * t$ estaría dado en Joules. El tiempo de disipación será de 1 hora que sería 3600 segundos. Se selecciona 3600 segundos ya que comúnmente se utiliza un equipo de amplificación en este tiempo. Sustituyendo los valores de Potencia máxima y tiempo se obtiene:

$$H = 0.239 * 1.8W * 3600s = 1548.72 \text{ cal}$$

Concluyendo así que la energía disipada por el bulbo ECC83S es de 1548.72 cal.

Capítulo III

III.1 Procedimiento de Registro de Datos

III.1.1 Descripción General

Las pruebas constan de dos bulbos (el bulbo modificado y el original) siendo empleados en el amplificador Orange Micro Dark con un uso constante de una guitarra eléctrica . Para llevar a cabo dicho proceso, se adquirió un bulbo de la misma marca y modelo del amplificador para realizar la comparativa.

Para la modificación del bulbo se optó por un recubrimiento parcial de grafeno. Se seleccionó el grafeno debido a que se desea buscar alternativas a los materiales convencionales para la disipación de calor. Sobre el material no se pudo hacer una recopilación de información pertinente ya que prácticamente es un producto nuevo y las empresas que se dedican a su elaboración, distribución o aplicación, mantienen dicha información muy cerrada. De hecho, al adquirir el producto con la empresa Graphenmex, se realizó un cuestionamiento sobre la manipulación y ficha técnica del producto. Habiendo comentado lo anterior, se confirmó que es el producto adecuado para este trabajo pero es imposible tomar experimentos previos como guía.



Ilustración 12. Óxido de Grafeno en dispersión en etanol

Fuente: Elaboración Propia

Para las fase comparativa anteriormente mencionada, los bulbos fueron sometidos a pruebas térmicas y auditivas. Las pruebas térmicas se realizaron a razón de observar el comportamiento térmico del bulbo. Enfocándose, principalmente, en la transferencia de calor del bulbo al medio ambiente. Para así comprobar si, efectivamente, el bulbo modificado presenta un enfriamiento más veloz que el original. Adicionalmente, se realizaron pruebas auditivas para tomar en cuenta si existe alguna variación en el sonido del amplificador con ambos bulbos, respectivamente. Más adelante, se detallará el proceso para la realización de dichas pruebas.

III.1.2 Pruebas con Grafeno

III.1.2.1 Modificación del Bulbo ECC83S

En esta sección se describirá el proceso que se llevó a cabo para modificar el bulbo; así como la descripción del producto resultante.

III.1.2.1.1 Objetivo.

Aplicar un recubrimiento de larga duración de grafeno sobre la parte superior de la cápsula de vidrio del bulbo ECC83S a partir de la sección del cátodo.

III.1.2.1.2 Material y Equipo.

- 1 Espumador
- 2 Vidrios de reloj
- 1 Pincel
- 1 Agitador de Vidrio
- 1 Desarmador
- 1 Bulbo JJ ECC83S
- 1 Vaso Chaser (148 ml)
- 1 Parrilla de Calentamiento
- 1 Vaso de Precipitado de 250 ml

III.1.2.1.3 Sustancias.

- 250 ml Oxido de Grafeno en dispersión en etanol
- Laca transparente automotriz
- Thinner

III.1.2.1.4 Procedimiento.

III.1.2.1.4.1 *Preparación del polvo de grafeno*

1. Tomando el espumador, se agitó la mezcla de óxido de grafeno diluido en etanol en el mismo contenedor adquirido de Graphenemex hasta que fuera homogénea y no existieran sedimentos de grafeno en el fondo del frasco.
2. Se vertieron 100 ml. de la mezcla anterior en el vaso de precipitado de 250 ml. Posteriormente, el vaso se colocó en la parrilla de calentamiento hasta que el etanol fuera evaporado completamente de la mezcla y sólo permaneciera polvo de óxido de grafeno.
3. El recipiente se mantuvo aislado y en reposo para ser utilizado al siguiente día.

III.1.2.1.4.2 *Recubrimiento del bulbo ECC83S*

1. Se colocó el polvo de óxido de grafeno en el vidrio de reloj para posteriormente ser discretamente molido con el agitador de vidrio.
2. Por otro lado, se virtió laca transparente en el vaso Chaser hasta cubrir $\frac{3}{4}$ de su capacidad, aproximadamente. Seguidamente, se agregó 18.5 ml (aprox.) de thinner.
3. Con un desarmador se agitó la laca con el thinner hasta obtener una mezcla homogénea. El fin de esto es adelgazar la laca para que al cubrir el bulbo con esta, el espesor de la capa resultante sea poco para no afectar de gran manera la transferencia de calor.
4. Para realizar el recubrimiento del bulbo, este se sumergió en la laca rebajada hasta la altura del cátodo, se retiró y se sostuvo sobre el recipiente hasta que el dispositivo no presentara goteo. De inmediato, para evitar que se secase la laca, con un pincel se fue virviendo el polvo de óxido sobre el bulbo mientras este giraba para proporcionar así, un recubrimiento uniforme.
5. Para finalizar, el dispositivo se mantuvo en secado durante dos días.

III.1.2.2 Procedimiento para registros de temperatura

III.1.2.2.1 Material y Equipo.

- 3 multímetro con termopar
- 1 Gabinete Orange PPC108 con cable de conexión a cabezal
- 1 Amplificador Orange Micro Dark con adaptador de corriente directa
- 1 Guitarra eléctrica LTD EC-1000 Koa, Puente Tonepros Locking TOM y pastillas Seymour Duncan JAZZ (cuello) y Custom 5 (puente)
- 1 Cable para guitarra Live Wire Elite de 3 m (longitud)
- 1 Base de madera con 3 orificios en la trave superior
- Cinta adhesiva
- 1 cronómetro
- 1 Cámara térmica



Ilustración 13. Material utilizado para el periodo de pruebas de transferencia de calor.

Fuente: Elaboración Propia

III.1.2.2.2 Descripción General.

Todas las pruebas se realizaron con una temperatura ambiental en el área de $22.7\text{ °C} \pm 1$. El procedimiento que se describe a continuación se realizó un total de ocho veces. Para ser más precisos, el mismo procedimiento se llevó a cabo cuatro veces por bulbo con variaciones de ganancia en el amplificador de 25%, 50%, 75% y 100 % respectivamente . El experimento se llevó a cabo en un total de ocho días (un día por iteración del experimento). A lo largo del experimento, se utilizó exactamente el mismo material con las mismas características.

III.1.2.2.3 Procedimiento.

1. Se coloca el amplificador en la base de madera. Para dicho proceso, el orificio principal se encuentra centrado a una altura sobre el capuchón del bulbo. A su vez, se hicieron los dos orificios restantes a 3 centímetros por lado del orificio central.
2. Para los termopares, cada uno fue colocado por cada orificio de la trave de la base de madera de izquierda a derecha (orificios 1,2 y 3 respectivamente). La caída del primer termopar fue a la mitad del bulbo con una separación de $\pm 3\text{ mm}$ de este último. El segundo se colocó inmediatamente sobre el bulbo con el mismo rango de separación. Para el tercer termopar, este se colocó con la misma separación, pero ahora respecto a la carcasa del amplificador. En la Figura 11 se muestra de manera gráfica la posición de dichos termopares.

3. A continuación, se encendió y utilizó el amplificador con un trabajo constante durante 30 minutos. En cada experimento, el Volúmen se mantuvo en tres y el Tono en siete. Para ejercer trabajo, se tocó la guitarra durante los 30 minutos. Cada minuto se registraban los datos de temperatura. Al finalizar los 30 minutos, se realizó una toma del bulbo con la cámara térmica. La temperatura ambiente a la que se registró cada experimento es de $23^{\circ}\text{C} \pm 1$.
4. Pasados los 30 minutos con el amplificador encendido, se apagó el amplificador, cesó el trabajo de la guitarra y se siguieron tomando los datos de temperatura por 15 minutos. Se designó este tiempo de enfriamiento ya que es el tiempo recomendado por los manuales para el enfriamiento del equipo.

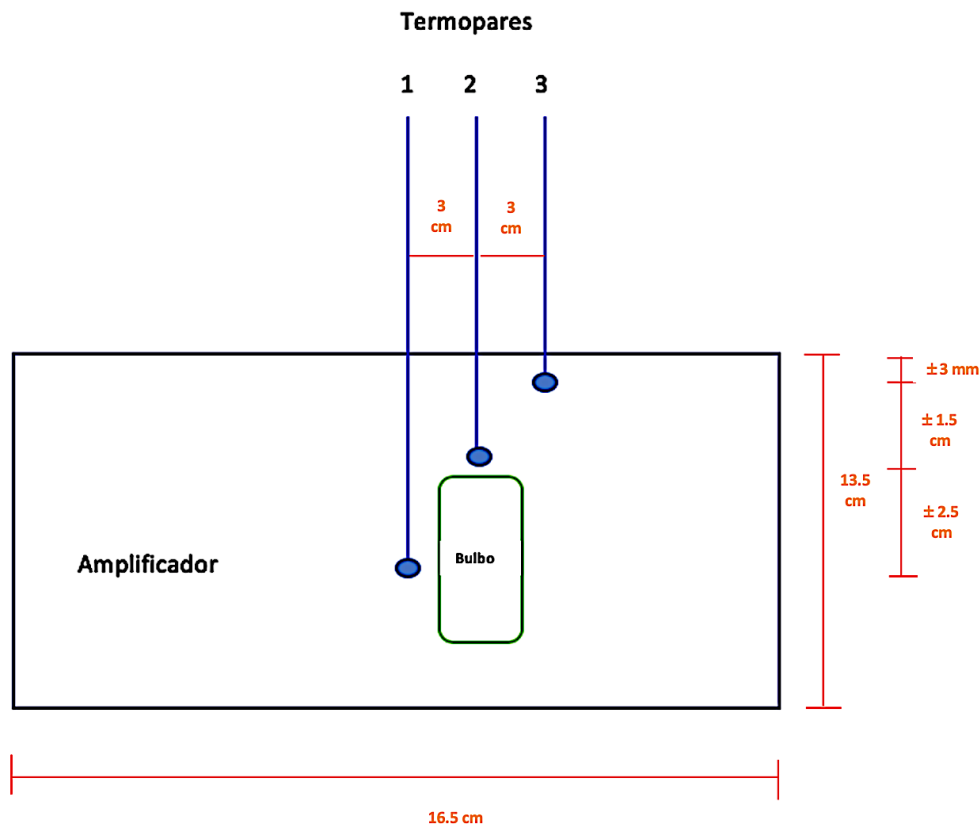


Figura 11. Esquema de colocación de termopares

Fuente: Elaboración Propia

III.1.2.3 Procedimiento del registro de la intervención del bulbo en el audio

III.1.2.3.1 Material y equipo.

- 1 Gabinete Orange PPC108 con cable de conexión a cabezal
- 1 Amplificador Orange Micro Dark con adaptador de corriente dc
- 1 Guitarra eléctrica LTD EC-1000 Koa, Puente Tonepros Locking TOM y pastillas Seymour Duncan JAZZ (cuello) y Custom 5 (puente)
- 1 Cable para guitarra Live Wire Elite de 3 m (longitud)

III.1.2.3.2 Software de Audio.

- Garage Band

III.1.2.3.3 Descripción General.

Para complementar el estudio del comportamiento de los bulbos, se llevaron a cabo pruebas de audio. Estos realizados para determinar si afecta el sonido comparando el bulbo original contra el modificado.

Para realizar la comparativa, se tuvo que fragmentar una pista de elaboración propia para cubrir todos los aspectos de ganancia más comunes, así como los estilos más usuales de tocar la guitarra para el mercado de alta ganancia al cuál está enfocado el bulbo ya que no se comporta igual sonóricamente. Al igual que en el Proceso de registro de temperatura, la pista tiene aplicaciones del amplificador a 10%, 50% y 100% de ganancia sin variar el Volúmen y el Tono del amplificador respecto al proceso ya mencionado. También, la pista cuenta con acordes, arpegeo y variaciones en el tiempo de las notas.

III.1.2.3.4 Procedimiento.

1. Se conectó el equipo de la manera correspondiente y se inició el programa.
2. Se inició la grabación con seis compases respectivos a cada técnica de guitarra. Estos seis compases cuentan con un compás de separación entre cada uno. La guitarra se utilizó con ambas pastillas con el tono al 100% y con volumen al 100%.
3. El equipo se mantuvo en reposo de una hora y, posteriormente, se instaló el bulbo original.
4. Las instrucciones 1 y 2 se repitieron para el bulbo mencionado. Para este bulbo, se utilizó el canal siguiente al de la grabación en el mismo archivo de tal manera que se pueda realizar una comparativa más acertada.
5. Terminada la grabación, se apagó, desconectó y guardó el equipo.

Capítulo IV

IV.1 Presentación de Resultados

IV.1.1 Pruebas con Grafeno

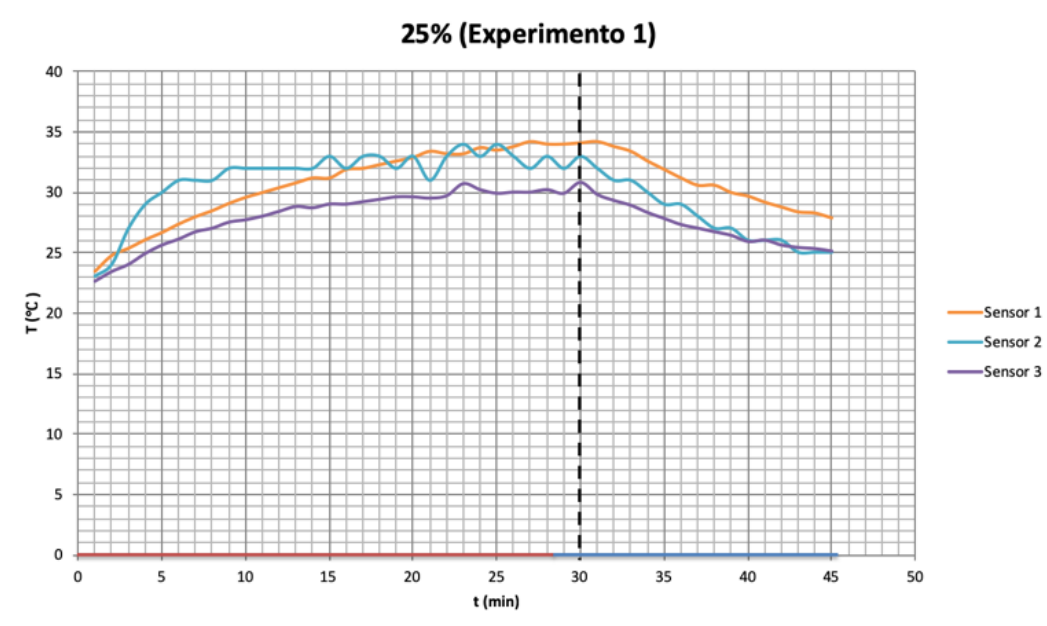
IV.1.1.1 Bulbo ECC83S Original (Experimento 1).

IV.1.1.1.1 25%.

t (min)	Sensor 1 T(°C)	Sensor 2 T(°C)	Sensor 3 T(°C)	
1	23.5	23	22.6	Calentamiento
2	24.8	24	23.4	
3	25.4	27	24	
4	26.1	29	24.9	
5	26.7	30	25.6	
6	27.4	31	26.1	
7	28	31	26.7	
8	28.5	31	27	
9	29.1	32	27.5	
10	29.6	32	27.7	
11	30	32	28	
12	30.4	32	28.4	
13	30.8	32	28.8	
14	31.2	32	28.7	
15	31.2	33	29	
16	31.9	32	29	
17	32	33	29.2	
18	32.3	33	29.4	
19	32.6	32	29.6	
20	32.9	33	29.6	
21	33.4	31	29.5	
22	33.2	33	29.7	
23	33.2	34	30.7	
24	33.7	33	30.2	
25	33.5	34	29.9	
26	33.8	33	30	
27	34.2	32	30	
28	34	33	30.2	
29	34	32	29.9	
30	34.1	33	30.8	
31	34.2	32	29.8	
32	33.8	31	29.3	
33	33.4	31	28.9	
34	32.6	30	28.3	
35	31.9	29	27.8	
36	31.2	29	27.3	
37	30.6	28	27	
38	30.6	27	26.7	
39	30	27	26.4	
40	29.7	26	25.9	
41	29.2	26	26	
42	28.8	26	25.6	
43	28.4	25	25.4	
44	28.3	25	25.3	
45	27.9	25	25.1	

Tabla 3. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo original a una ganancia de 25%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 4. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 3.

Fuente: Elaboración Propia

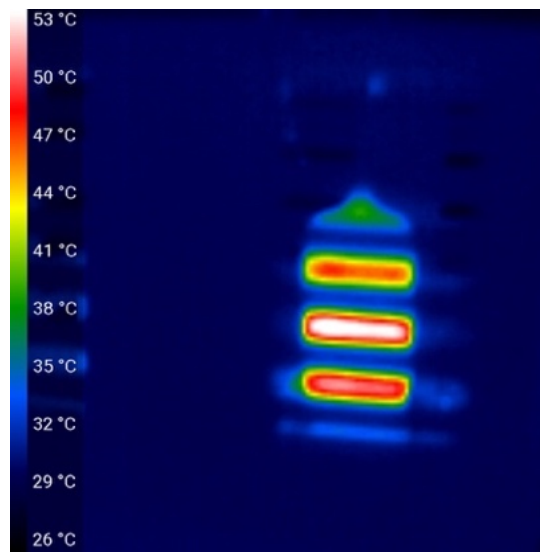


Ilustración 14. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del Experimento 1 a 25%.

Fuente: Elaboración Propia

Comenzando por las pruebas con grafeno y el bulbo original, en la Gráfica 4 se puede observar que las curvas de comportamiento del sensor 1 y 3 presentan un comportamiento prácticamente lineal; mientras que en la curva del Sensor 2 se confirma que el comportamiento es de poca linealidad. Del minuto 2 al minuto 5, se presenta un crecimiento abrupto de temperatura. En el minuto 6 presenta un incremento de temperatura de prácticamente $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Del minuto 9 al minuto 14, el bulbo practicamente tiene un temperatura estable. Es a partir del minuto 14 hasta su enfriamiento donde el comportamiento de bulbo es muy variable. Presenta un enfriamiento y calentamiento continuo.

En la Tabla 3 podemos corroborar que los Sensores 1 y 3 presentan un incremento casi constante de temperatura, así como su enfriamiento. El Sensor 2 presenta un incremento casi unitario de temperatura desde el minuto 1 hasta el minuto 6. Del minuto 6 al minuto 8, la temperatura se mantiene constante en 31°C . Después, incrementa una unidad llegado el minuto 9 y se mantiene en 32°C hasta el minuto 14. A partir del minuto 14, el comportamiento de la temperatura se mantiene irregular hasta su enfriamiento.

En cuanto a la imagen fototérmica, se puede observar que la sección blanca es la sección del cátodo la cual presenta una temperatura mayor que la del resto del bulbo. Pero, dado que el termopar se encuentra a una distancia de las paredes exteriores, la temperatura que registra es de estas últimas. Es esta parte la que es de nuestro interés ya que es la que disipa la energía.

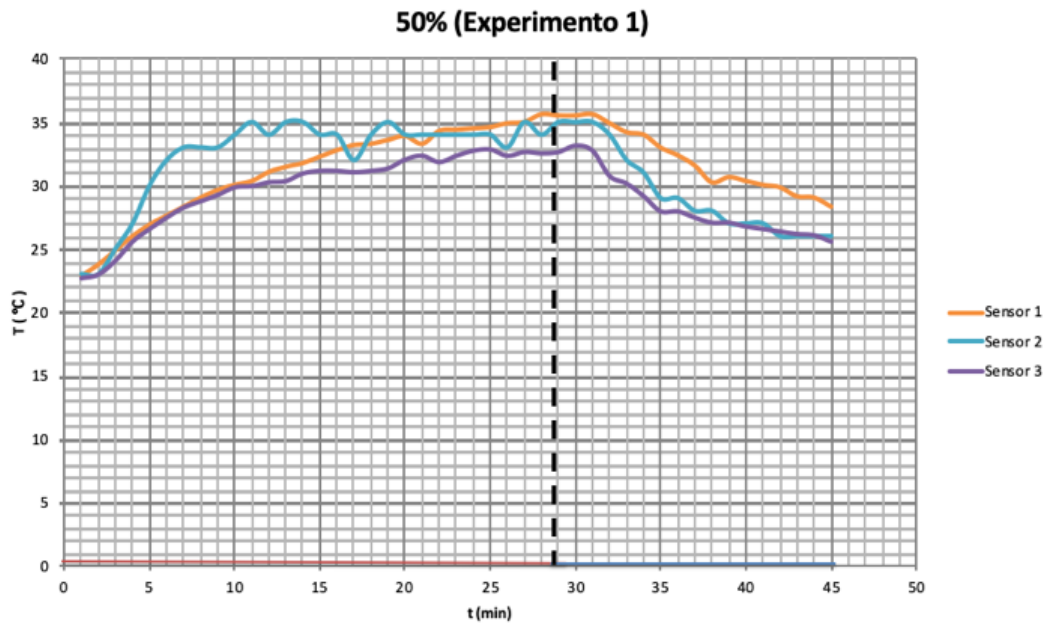
Entonces, la mayor temperatura registrada en esta sección es de aproximadamente $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y coincide con las mayores temperaturas registradas por los Sensores 1 y 2. Estas temperaturas son de 34.2°C y 34°C respectivamente.

IV.1.1.1.2 50%.

t (min)	Sensor 1 T(°C)	Sensor 2 T(°C)	Sensor 3 T(°C)	
1	23	23	22.7	Calentamiento
2	23.9	23	23	
3	25	25	24.1	
4	26.1	27	25.6	
5	27	30	26.6	
6	27.7	32	27.5	
7	28.4	33	28.3	
8	29.1	33	28.8	
9	29.7	33	29.3	
10	30.1	34	29.9	
11	30.4	35	30	
12	31.1	34	30.3	
13	31.5	35	30.4	
14	31.8	35	31	
15	32.3	34	31.2	
16	32.8	34	31.2	
17	33.2	32	31.1	
18	33.3	34	31.2	
19	33.6	35	31.4	
20	33.9	34	32.1	
21	33.3	34	32.4	
22	34.3	34	31.9	
23	34.4	34	32.4	
24	34.5	34	32.8	
25	34.6	34	32.9	
26	34.9	33	32.4	
27	35	35	32.7	
28	35.6	34	32.6	
29	35.5	35	32.7	
30	35.5	35	33.2	
31	35.6	35	32.8	Enfriamiento
32	34.9	34	30.8	
33	34.2	32	30.2	
34	34	31	29.2	
35	33	29	28	
36	32.4	29	28	
37	31.6	28	27.5	
38	30.3	28	27.1	
39	30.7	27	27.1	
40	30.4	27	26.8	
41	30.1	27	26.6	
42	29.9	26	26.4	
43	29.2	26	26.2	
44	29.1	26	26.1	
45	28.4	26	25.6	

Tabla 4. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo original a una ganancia de 50%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 5. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 4.

Fuente: Elaboración Propia

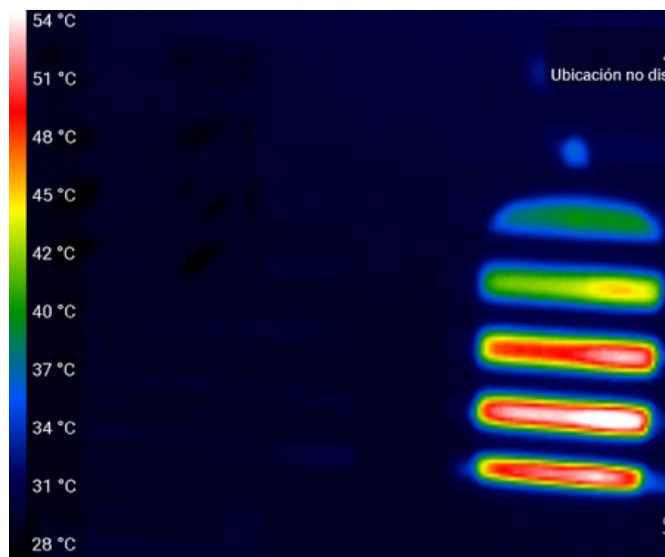


Ilustración 15. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del Experimento 1 a 50% .

Fuente: Elaboración Propia

En la Gráfica 5, se presenta un comportamiento muy similar a la Gráfica 4 hasta la etapa de calentamiento. Pero, las variaciones de temperatura se presentan desde el minuto 9. Ya en la etapa de enfriamiento, los registros de temperatura en los Sensores 2 y 3 presenta una caída de temperatura abrupta en los minutos 32 a 35.

Con la Tabla 4 podemos corroborar lo marcado por la Gráfica 5. El Sensor 2 desde el minuto 2 al minuto 6, registra un incremento de temperatura casi unitario de 23°C a 32°C. Del minuto 7 al 9, el bulbo presenta una temperatura constante a 33°C. A partir del minuto 10, es cuando el bulbo presenta variaciones de temperatura. Es a partir del minuto 32 hasta el minuto 35, en la etapa de enfriamiento, donde los Sensores 2 y 3 registran un enfriamiento abrupto. El Sensor 2 presenta un decrecimiento en el rango de tiempo anteriormente mencionado de casi 2°C por minuto.

En la imagen fototérmica podemos observar que la mayor temperatura registrada es de 37°C .

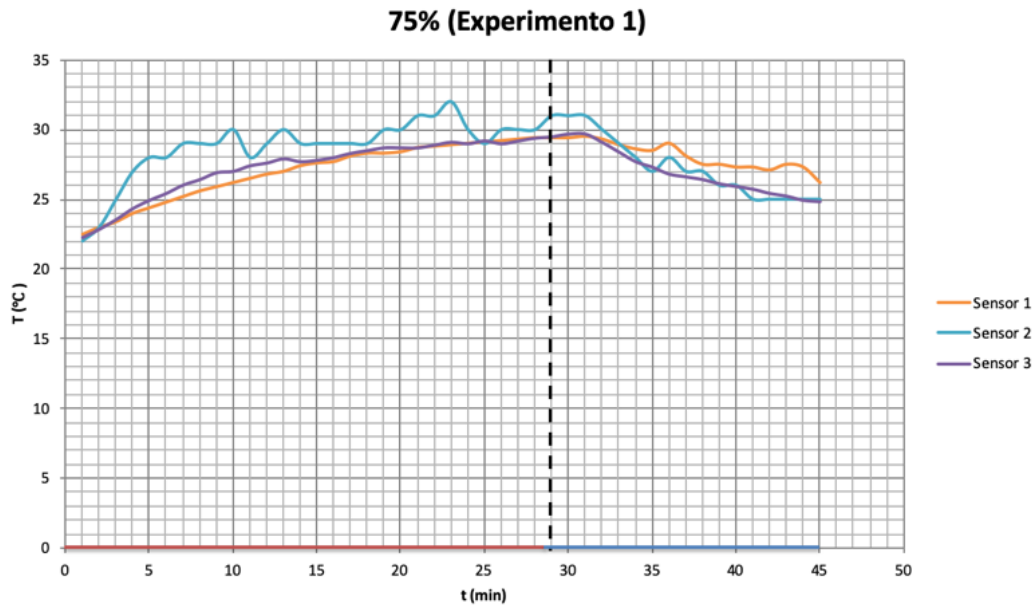
Las temperaturas mayores registradas por los Sensores 1 y 2 es de 35.6 y 35, respectivamente.

IV.1.1.1.3 75%.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	
t (min)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	
1	22.5	22	22.2	Calentamiento
2	23	23	22.8	
3	23.4	25	23.5	
4	24	27	24.3	
5	24.4	28	24.9	
6	24.8	28	25.4	
7	25.2	29	26	
8	25.6	29	26.4	
9	25.9	29	26.9	
10	26.2	30	27	
11	26.5	28	27.4	
12	26.8	29	27.6	
13	27	30	27.9	
14	27.4	29	27.7	
15	27.6	29	27.8	
16	27.7	29	28	
17	28.1	29	28.3	
18	28.3	29	28.5	
19	28.3	30	28.7	
20	28.4	30	28.7	
21	28.7	31	28.7	
22	28.8	31	28.9	
23	28.9	32	29.1	
24	29	30	29	
25	29.1	29	29.2	
26	29.2	30	29	
27	29.3	30	29.2	
28	29.4	30	29.4	
29	29.4	31	29.5	
30	29.4	31	29.7	
31	29.5	31	29.7	Enfriamiento
32	29.3	30	29.1	
33	28.9	29	28.4	
34	28.6	28	27.7	
35	28.5	27	27.3	
36	29	28	26.8	
37	28.1	27	26.6	
38	27.5	27	26.4	
39	27.5	26	26.1	
40	27.3	26	25.9	
41	27.3	25	25.7	
42	27.1	25	25.4	
43	27.5	25	25.2	
44	27.3	25	24.9	
45	26.2	25	24.8	

Tabla 5. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo original a una ganancia del 75%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 5.

Fuente: Elaboración Propia

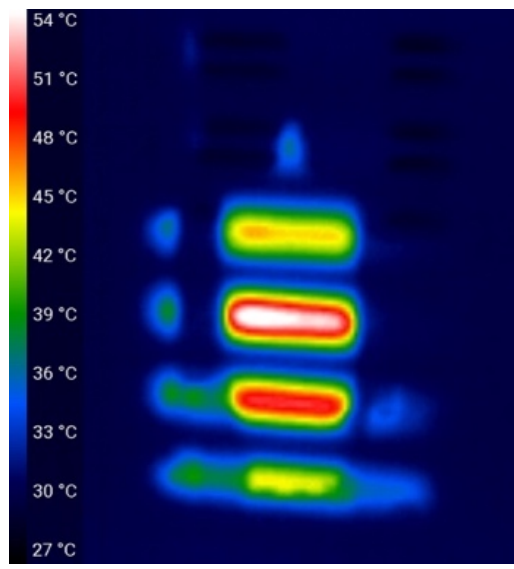


Ilustración 16. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del Experimento 1 a 75%.

Fuente: Elaboración Propia

En la Gráfica 6, se repitió el comportamiento de las temperaturas de la Gráfica 4. Pero, a diferencia de las dos gráficas mencionadas anteriormente, el rango de temperaturas detectado por el Sensor 2 se encuentra por encima del Sensor 1. Entonces, en el caso específico del bulbo original con ganancia de 75%, el trabajo en el bulbo es mayor que en las pruebas de 50% y 25% de ganancia. Así como la energía disipada por la parte superior del bulbo es mayor que el de su lateral.

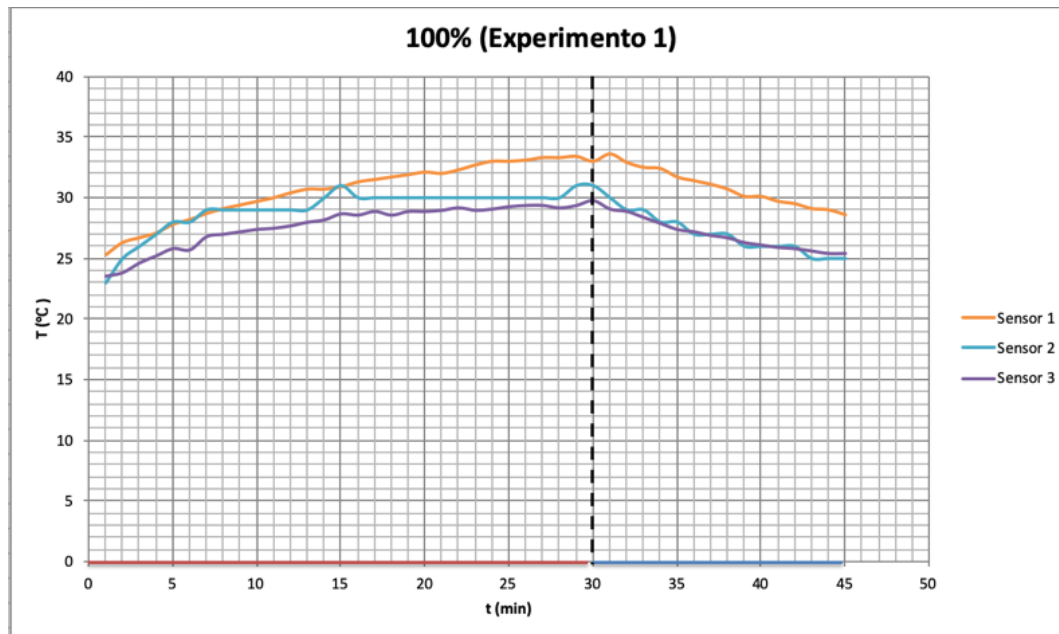
En la Tabla 5, el Sensor 1 marca como temperatura mayor 29.5°C y el Sensor 2 registra como temperatura más alta 31°C. La imagen fototérmica presenta una temperatura de 33°C.

IV.1.1.1.4 100%.

1		Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	
2	t (min)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	
3	1	25.3	23	23.5	Calentamiento
4	2	26.3	25	23.8	
5	3	26.7	26	24.6	
6	4	27.1	27	25.2	
7	5	27.8	28	25.8	
8	6	28.2	28	25.7	
9	7	28.7	29	26.8	
10	8	29.1	29	27	
11	9	29.4	29	27.2	
12	10	29.7	29	27.4	
13	11	30	29	27.5	
14	12	30.4	29	27.7	
15	13	30.7	29	28	
16	14	30.7	30	28.2	
17	15	30.9	31	28.7	
18	16	31.3	30	28.6	
19	17	31.5	30	28.9	
20	18	31.7	30	28.6	
21	19	31.9	30	28.9	
22	20	32.1	30	28.9	
23	21	32	30	29	
24	22	32.3	30	29.2	
25	23	32.7	30	29	
26	24	33	30	29.1	
27	25	33	30	29.3	
28	26	33.1	30	29.4	
29	27	33.3	30	29.4	
30	28	33.3	30	29.2	
31	29	33.4	31	29.4	
32	30	33	31	29.8	
33	31	33.6	30	29.1	Enfriamiento
34	32	32.9	29	28.9	
35	33	32.5	29	28.4	
36	34	32.4	28	27.9	
37	35	31.7	28	27.4	
38	36	31.4	27	27.2	
39	37	31.1	27	26.9	
40	38	30.7	27	26.7	
41	39	30.1	26	26.3	
42	40	30.1	26	26.1	
43	41	29.7	26	25.9	
44	42	29.5	26	25.8	
45	43	29.1	25	25.6	
46	44	29	25	25.4	
47	45	28.6	25	25.4	

Tabla 6. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo original a una ganancia del 100%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 7. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 6.

Fuente: Elaboración Propia

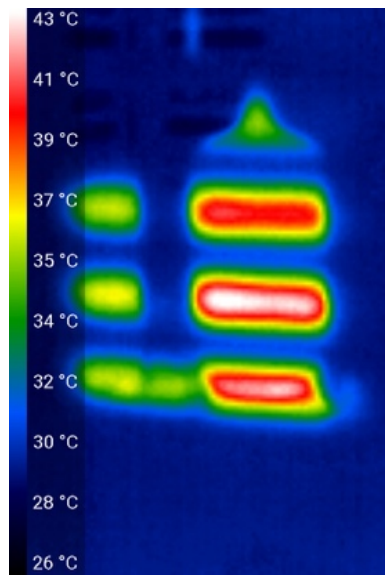


Ilustración 17. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del Experimento 1 a 100%.

Fuente: Elaboración Propia

En la prueba de 100% del bulbo original, como la Gráfica 7 demuestra, a diferencia de las tres gráficas mencionadas anteriormente, la disipación de calor en la parte superior presentó variaciones menos bruscas. Pero en los minutos 16 a 28, la temperatura no presentó variación alguna. La temperatura se mantuvo a treinta grados. De igual manera, a diferencia de las 3 gráficas anteriores, el Sensor 1 registró temperaturas por encima del sensor 2.

Las temperaturas más altas registradas en la Tabla 6, marcadas por los Sensores 1 y 2 son de 33.6°C y 31°C respectivamente. La cámara térmica registra una temperatura de 32°C.

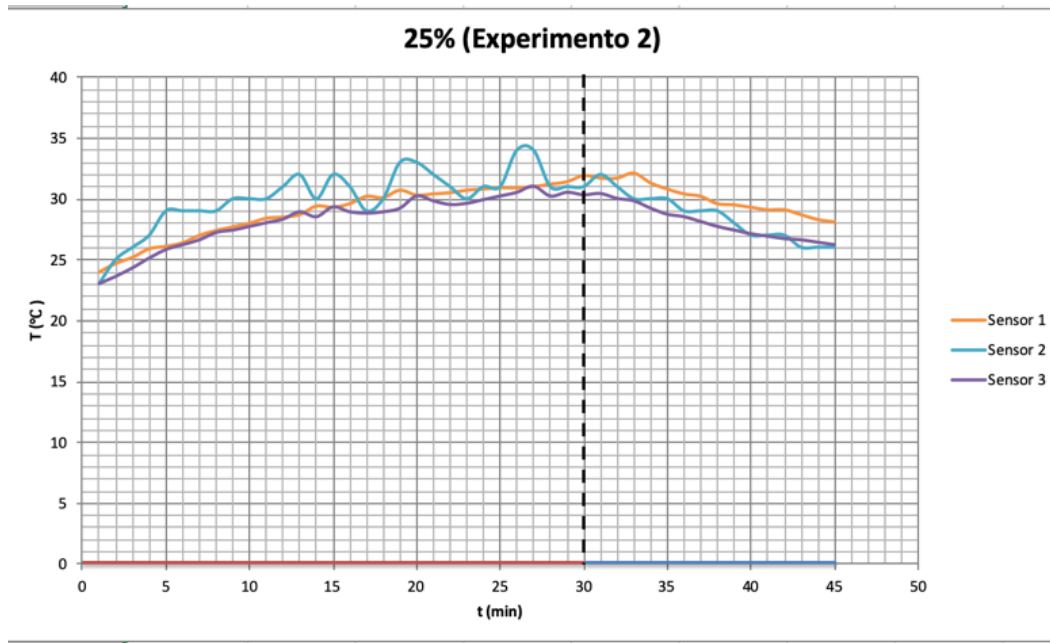
IV.1.1.2 Bulbo ECC83S Modificado con grafeno (Experimento 2).

IV.1.1.2.1 25%.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3		
t (m)	T(°C)	T(°C)	T(°C)		
1	24	23	23.1		Calentamiento
2	24.7	25	23.7		
3	25.2	26	24.4		
4	25.9	27	25.2		
5	26.1	29	25.9		
6	26.4	29	26.3		
7	27	29	26.7		
8	27.4	29	27.3		
9	27.7	30	27.5		
10	28	30	27.8		
11	28.4	30	28.1		
12	28.5	31	28.4		
13	28.7	32	29		
14	29.4	30	28.6		
15	29.3	32	29.4		
16	29.6	31	29		
17	30.2	29	28.9		
18	30.1	30	29		
19	30.7	33	29.3		
20	30.3	33	30.3		
21	30.4	32	29.9		
22	30.5	31	29.6		
23	30.7	30	29.7		
24	30.8	31	30		
25	30.9	31	30.3		
26	30.9	34	30.6		
27	31	34	31.1		
28	31.2	31	30.3		
29	31.4	31	30.6		
30	31.9	31	30.4		
31	31.7	32	30.5		Enfriamiento
32	31.7	31	30.1		
33	32.1	30	29.9		
34	31.3	30	29.3		
35	30.8	30	28.8		
36	30.4	29	28.6		
37	30.2	29	28.2		
38	29.6	29	27.8		
39	29.5	28	27.5		
40	29.3	27	27.2		
41	29.1	27	27		
42	29.1	27	26.8		
43	28.7	26	26.7		
44	28.3	26	26.5		
45	28.1	26	26.3		

Tabla 7. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo modificado a una ganancia del 25%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 8. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 7.

Fuente: Elaboración Propia

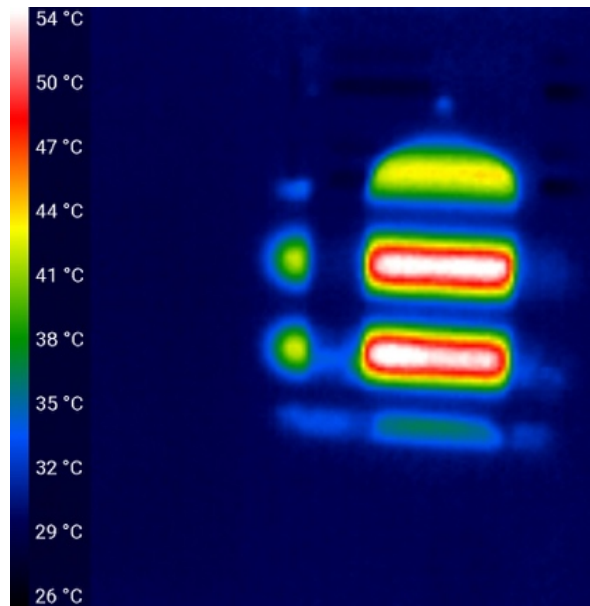


Ilustración 18. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del Experimento 2 a 25%.

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al Experimento 2 se refiere, las temperaturas del Sensor 2 se disparan mucho en contraste de las temperaturas registradas por los otros dos sensores en la Gráfica 5. Inclusive, las variaciones marcadas son mucho mayores y más frecuentes que en el Experimento 1 estando ambos bulbos a 25% de ganancia. Los Sensores 1 y 2 registran un comportamiento similar al de este último experimento.

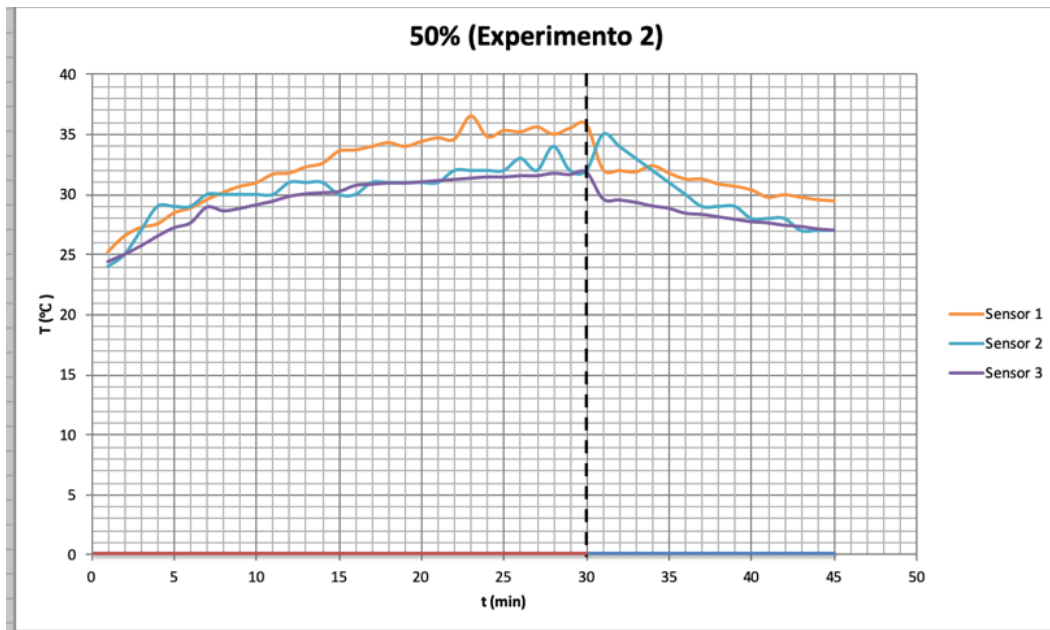
De acuerdo con la Tabla 7 las temperaturas más altas registradas por los Sensores 1 y 2 son de 31.9°C y 34°C respectivamente. La imagen fototérmica registra una temperatura de disipación de calor aproximadamente 35°C.

IV.1.1.2.2 50%.

t (m)	Sensor 1 T(°C)	Sensor 2 T(°C)	Sensor 3 T(°C)	
1	25.3	24	24.4	Calentamiento
2	26.6	25	25	
3	27.3	27	25.7	
4	27.6	29	26.5	
5	28.5	29	27.2	
6	28.9	29	27.6	
7	29.6	30	28.9	
8	30.2	30	28.6	
9	30.7	30	28.8	
10	31	30	29.1	
11	31.7	30	29.4	
12	31.8	31	29.8	
13	32.3	31	30	
14	32.6	31	30.1	
15	33.6	30	30.2	
16	33.7	30	30.7	
17	34	31	30.8	
18	34.3	31	30.9	
19	34	31	30.9	
20	34.4	31	31	
21	34.7	31	31.1	
22	34.6	32	31.2	
23	36.5	32	31.3	
24	34.8	32	31.4	
25	35.3	32	31.4	
26	35.2	33	31.5	
27	35.6	32	31.5	
28	35	34	31.7	
29	35.5	32	31.6	
30	35.8	32	31.8	
31	32.1	35	29.6	Enfriamiento
32	32	34	29.5	
33	31.9	33	29.3	
34	32.4	32	29	
35	31.8	31	28.8	
36	31.3	30	28.4	
37	31.3	29	28.3	
38	30.9	29	28.1	
39	30.7	29	27.9	
40	30.4	28	27.7	
41	29.8	28	27.6	
42	30	28	27.4	
43	29.8	27	27.3	
44	29.6	27	27.1	
45	29.5	27	27	

Tabla 8. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo modificado a una ganancia del 50%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 9. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 8.

Fuente: Elaboración Propia

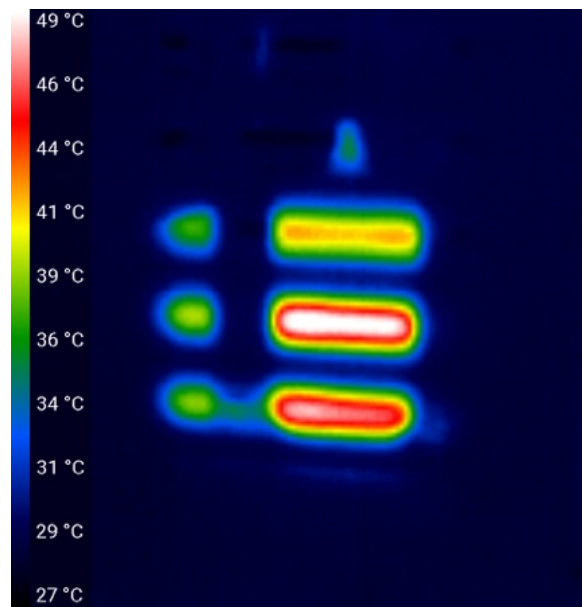


Ilustración 19. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del Experimento 2 a 50%.

Fuente: Elaboración Propia

En la prueba con 50% de ganancia el rango de temperaturas marcado por el Sensor 2 fue mucho menor que el detectado por el Sensor 1. En el minuto 30 a 31, se registró una subida de temperatura mucho mayor que las presentadas por los minutos anteriores. De igual manera, a diferencia del Experimento 1, las tres temperaturas registradas presentaron una caída muy pronunciada. Las temperaturas 1 y 3 presentaron dicho efecto durante el primer minuto de la etapa de enfriamiento. Mientras que el Sensor 3 registró una subida de temperatura en el primer minuto de la etapa de enfriamiento y de ahí presentó la caída de temperatura anteriormente mencionada del minuto 31 a 37.

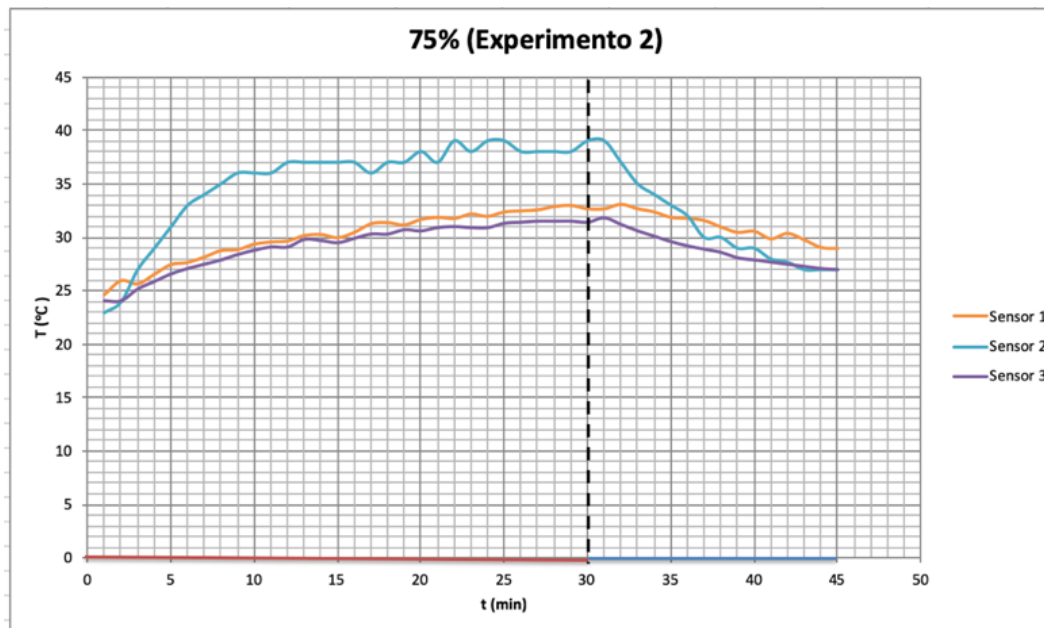
El pico del comportamiento mencionado para el Sensor 2 durante la etapa de enfriamiento en el minuto 30 a 31 fue de 35°C. Esta también fue la temperatura más alta registrada por este sensor. La temperatura más alta registrada por el Sensor 1 fue de 36.5°C. La temperatura registrada por la cámara térmica fue de aproximadamente 34°C.

IV.1.1.2.3 75%.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	
t (m)	T(°C)	T(°C)	T(°C)	
1	24.7	23	24.1	Calentamiento
2	26	24	24.1	
3	25.7	27	25.2	
4	26.6	29	25.9	
5	27.5	31	26.6	
6	27.7	33	27.1	
7	28.2	34	27.5	
8	28.8	35	27.9	
9	28.9	36	28.4	
10	29.4	36	28.8	
11	29.6	36	29.1	
12	29.7	37	29.1	
13	30.2	37	29.8	
14	30.3	37	29.7	
15	30	37	29.5	
16	30.5	37	29.9	
17	31.3	36	30.3	
18	31.4	37	30.3	
19	31.2	37	30.7	
20	31.7	38	30.6	
21	31.9	37	30.9	
22	31.8	39	31	
23	32.2	38	30.9	
24	32	39	30.9	
25	32.4	39	31.3	
26	32.5	38	31.4	
27	32.6	38	31.5	
28	32.9	38	31.5	
29	33	38	31.5	
30	32.7	39	31.4	
31	32.7	39	31.8	Enfriamiento
32	33.1	37	31.2	
33	32.7	35	30.6	
34	32.4	34	30.1	
35	31.9	33	29.6	
36	31.8	32	29.2	
37	31.6	30	28.9	
38	31	30	28.6	
39	30.5	29	28.1	
40	30.6	29	27.9	
41	29.9	28	27.7	
42	30.4	27.7	27.5	
43	29.8	27	27.3	
44	29.1	27	27.1	

Tabla 9. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo modificado a una ganancia del 75%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 10. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 9.

Fuente: Elaboración Propia

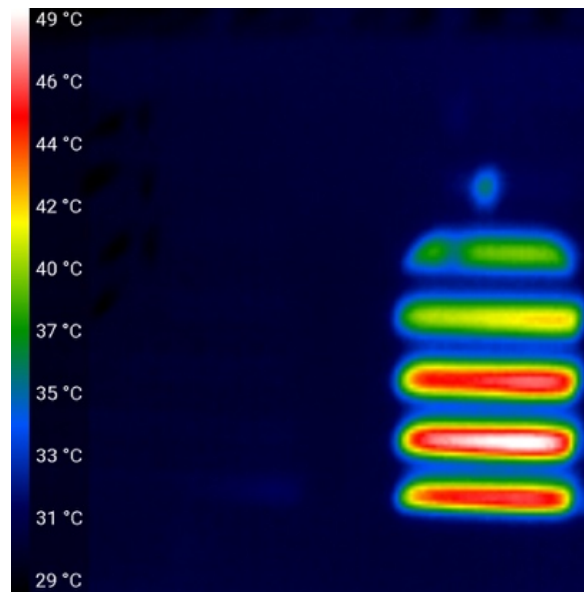


Ilustración 20. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del

Experimento 2 a 75%.

Fuente: Elaboración Propia

En la prueba de 75% respectiva al Experimento 2, las temperaturas registradas por el Sensor 2 fueron mayores a las registradas por el Sensor 1. Mismo comportamiento registrado en el Experimento 1. Con la diferencia de que la diferencia de temperaturas registrada es mucho mayor que en el primer experimento. Y, a su vez, presenta variaciones menos marcadas. Es decir, el comportamiento de la temperatura registrado por el Sensor 2 fue más constante que en el Experimento 1 a la misma ganancia.

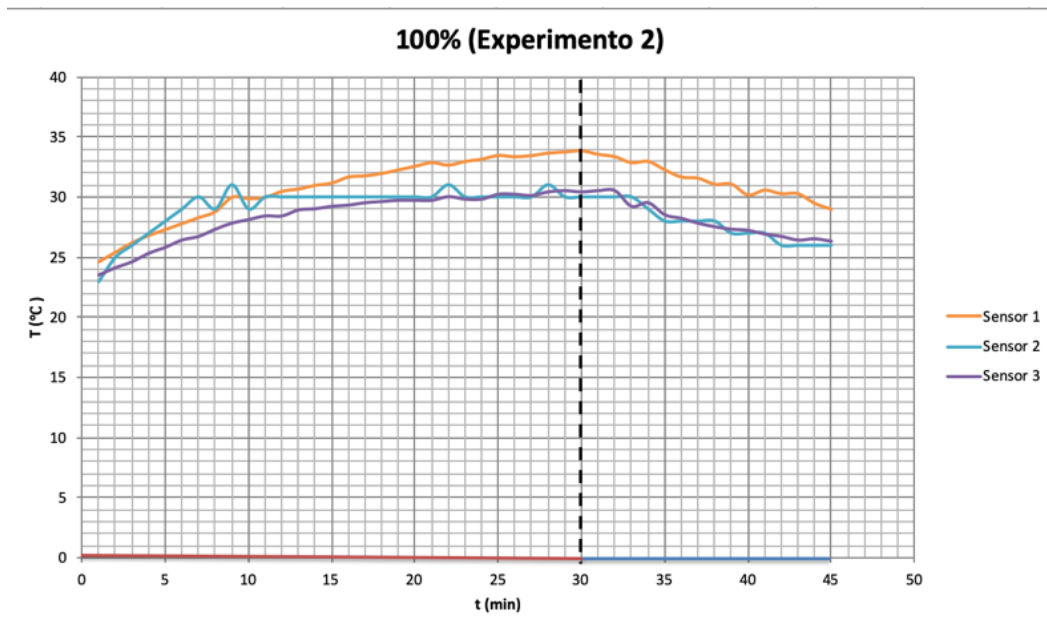
La temperatura más alta registrada por el Sensor 1 fue de 32.7°C, así como de 39°C para el Sensor 2. La imagen fototérmica presenta una temperatura de aproximadamente 35°C.

IV.1.1.2.4 100%.

t (m)	Sensor 1 T(°C)	Sensor 2 T(°C)	Sensor 3 T(°C)	
1	24.6	23	23.5	Calentamiento
2	25.4	25	24.1	
3	26.2	26	24.6	
4	26.8	27	25.3	
5	27.3	28	25.8	
6	27.8	29	26.4	
7	28.3	30	26.7	
8	28.8	29	27.3	
9	30	31	27.8	
10	29.9	29	28.1	
11	30	30	28.4	
12	30.5	30	28.4	
13	30.7	30	28.9	
14	31	30	29	
15	31.2	30	29.2	
16	31.7	30	29.3	
17	31.8	30	29.5	
18	32	30	29.6	
19	32.3	30	29.7	
20	32.6	30	29.7	
21	32.9	30	29.7	
22	32.7	31	30	
23	33	30	29.8	
24	33.2	30	29.8	
25	33.5	30	30.2	
26	33.4	30	30.2	
27	33.5	30	30.1	
28	33.7	31	30.4	
29	33.8	30	30.5	
30	33.9	30	30.4	
31	33.6	30	30.5	Enfriamiento
32	33.4	30	30.5	
33	32.9	30	29.2	
34	33	29	29.5	
35	32.3	28	28.5	
36	31.7	28	28.2	
37	31.6	28	27.8	
38	31.1	28	27.5	
39	31.1	27	27.3	
40	30.2	27	27.2	
41	30.6	27	26.9	
42	30.3	26	26.7	
43	30.3	26	26.4	
44	29.5	26	26.5	
45	29	26	26.3	

Tabla 10. Valores de temperatura en función del tiempo para el bulbo modificado a una ganancia del 100%.

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 11. Gráfica respectiva a los valores de la Tabla 10.

Fuente: Elaboración Propia

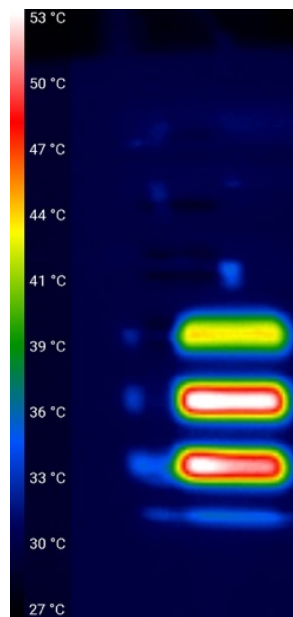


Ilustración 21. Imagen fototérmica con el dispositivo Seek Thermal Compact del bulbo del

Experimento 2 a 100%.

Fuente: Elaboración Propia

En la última prueba del Experimento 2 con ganancia al 100%, el bulbo modificado presentó un comportamiento no muy distinto al registrado en el Experimento 1. La temperatura más alta registradas para los Sensores 1 y 2 es de 33.6 °C y 30°C respectivamente. La temperatura registrada por la cámara térmica es de aproximadamente 33°C.

IV.1.2 Procedimiento del registro de la intervención del bulbo en el audio

IV.1.2.1 Arpegeo al 50%.

IV.1.2.1.1 *Bulbo Original.*



Ilustración 22. Comportamiento del bulbo original con arpegeo en ganancia del 50%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.1.2 Bulbo Modificado.

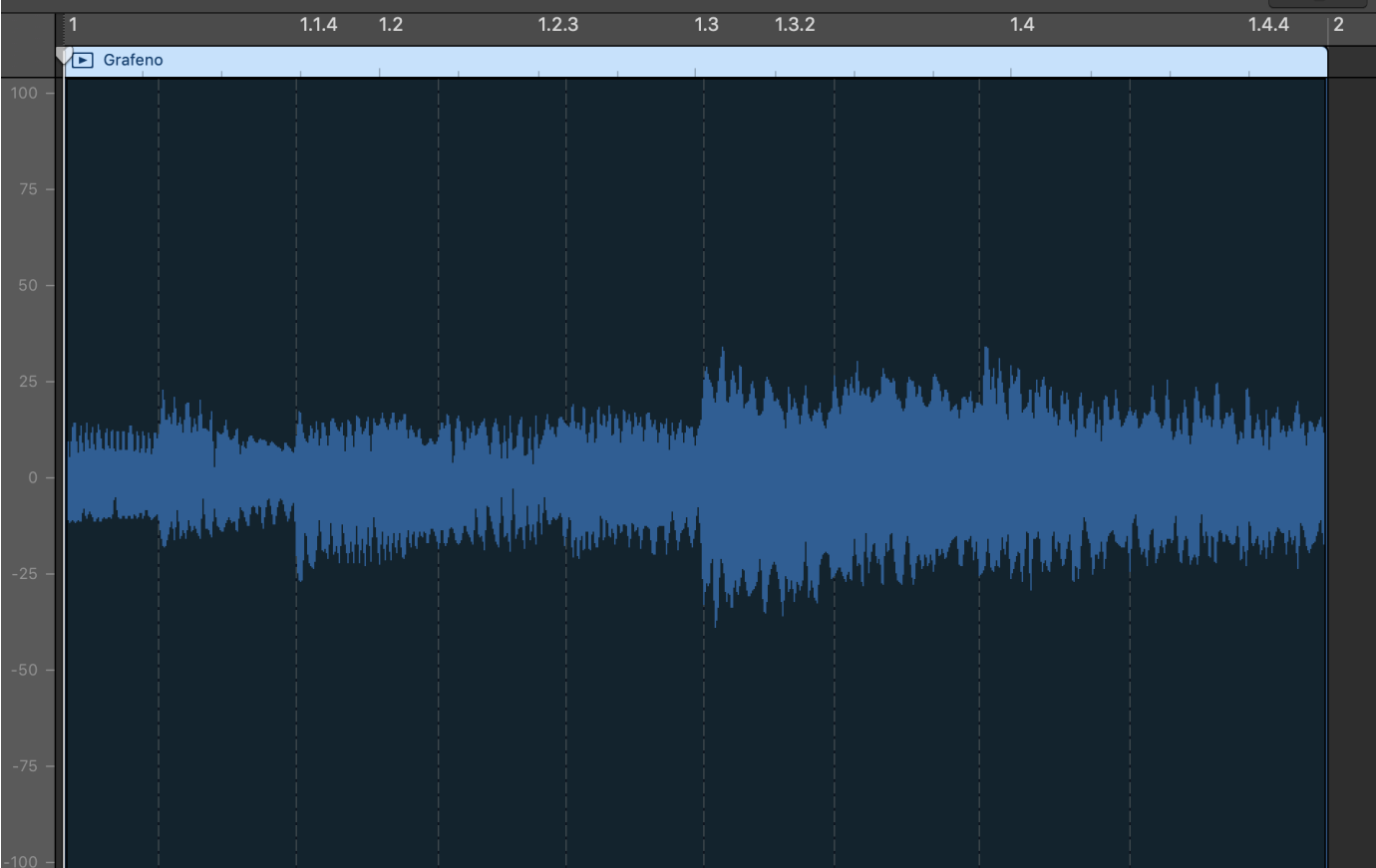


Ilustración 23. Comportamiento del bulbo modificado con arpegejo en ganancia del 50%.

Fuente: *Elaboración Propia*

IV.1.2.1.3 Relación de mejoría del espectro tonal.

Para el cálculo de la relación de mejoría del espectro tonal entre ambos bulbos a la cuál se denominará (r.m.e.t), se considera aproximadamente el rango de decibeles (dB) más alto según los oscilogramas. Dichos valores se considerarán como absolutos. El procedimiento para llevar a cabo dicho cálculo se repetirá a lo largo de cada prueba del Procedimiento de registro de la intervención del bulbo en el audio.

Bulbo Original: 25 dB; (compás 1.3)

Bulbo Modificado: 35 dB; (compás 1.3)

$$\mathbf{r. m. e. t.} = \frac{\text{Bulbo modificado}}{\text{Bulbo Original}} = \frac{35 \text{ dB}}{25 \text{ dB}}$$

$$\mathbf{r. m. e. t.} = 1.4$$

IV.1.2.2 Riff al 100%.

IV.1.2.2.1 Bulbo Original.

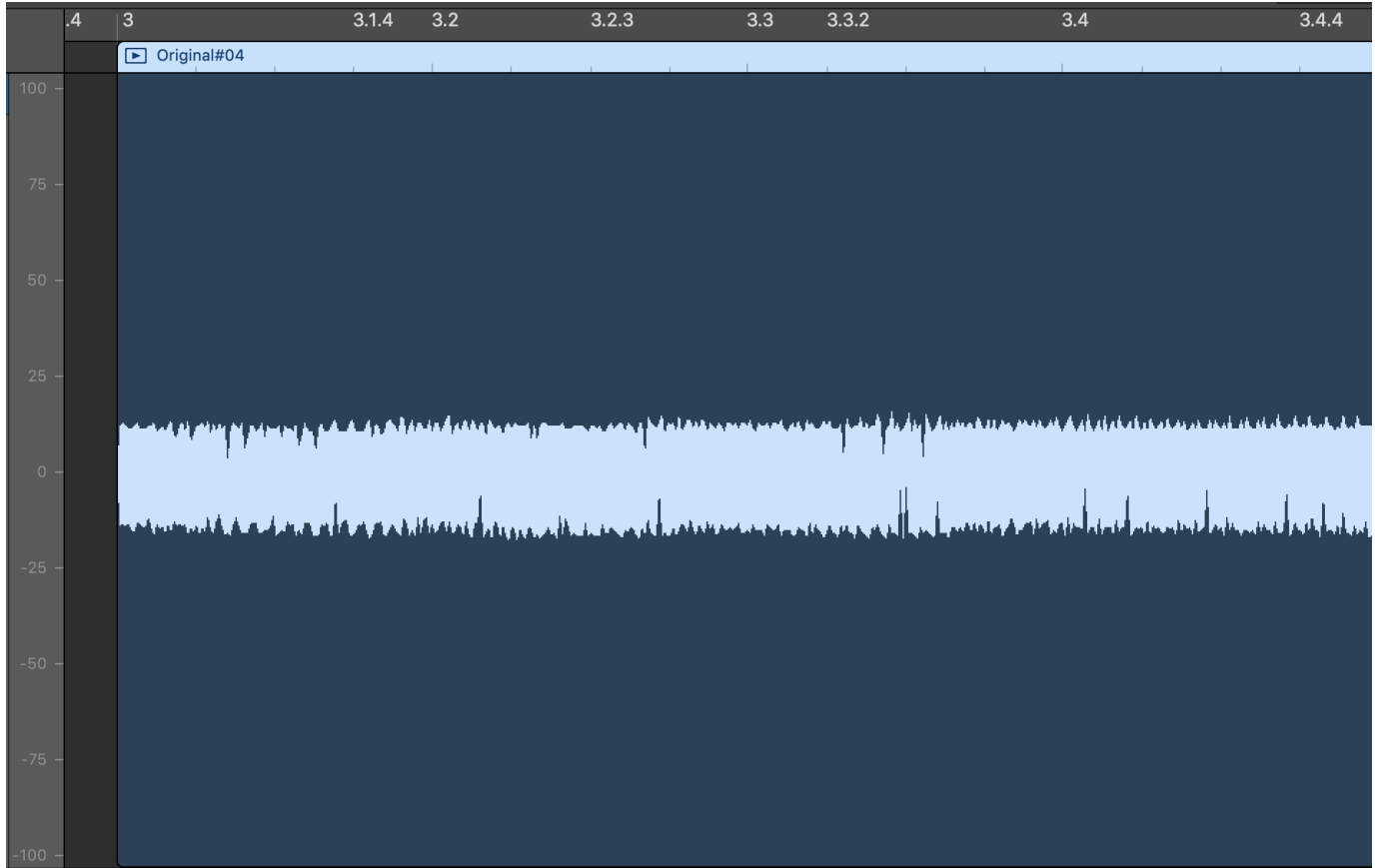


Ilustración 24. Comportamiento del bulbo original con riff en ganancia del 100%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.2.2 Bulbo Modificado.

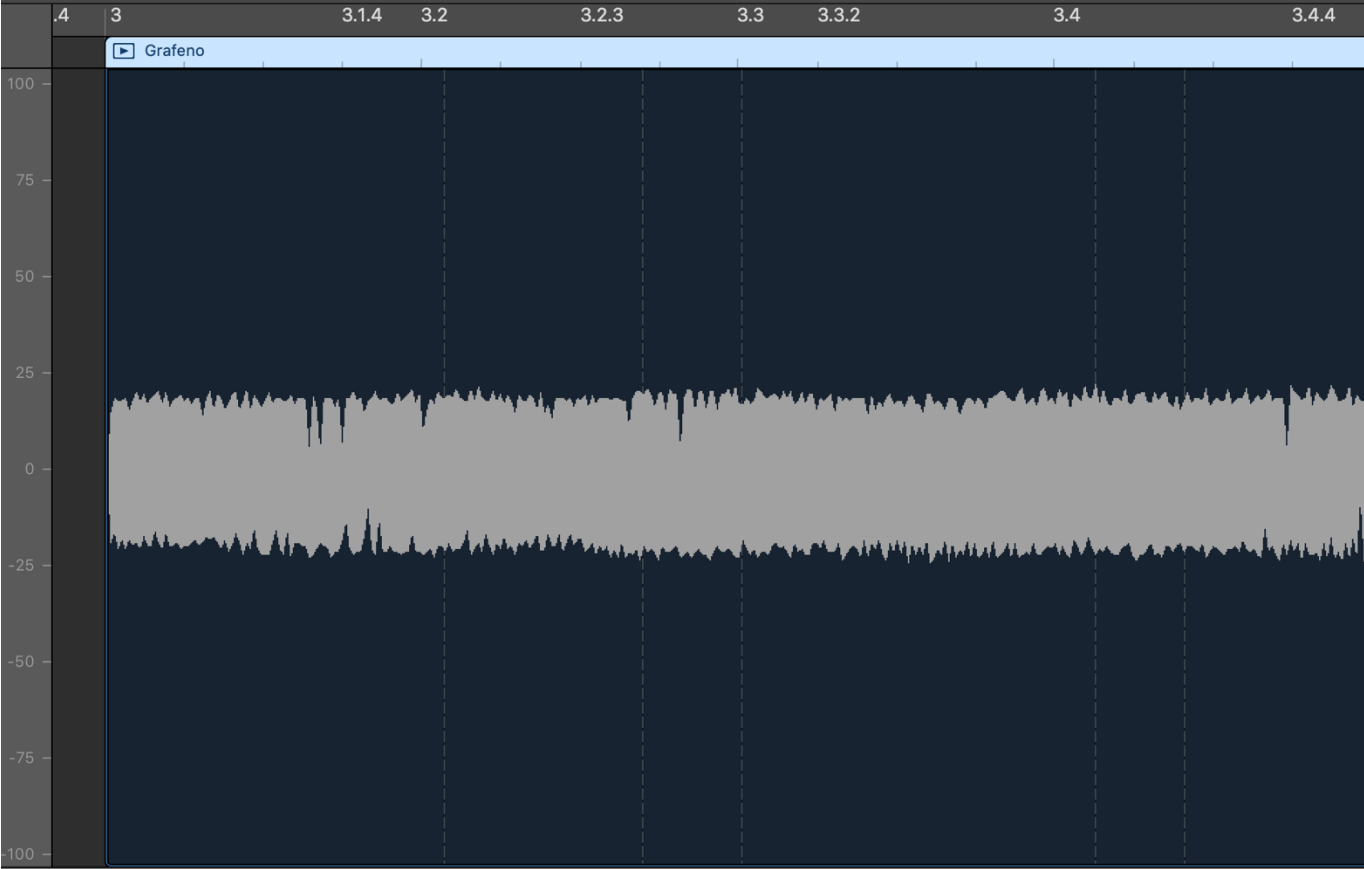


Ilustración 25. Comportamiento del bulbo modificado con riff en ganancia del 100%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.2.3 Relación de mejoría del espectro tonal.

Bulbo Original: 15 dB; (compás 3.3)

Bulbo Modificado: 20 dB; (compás 3.2)

$$\mathbf{r. m. e. t.} = \frac{\text{Bulbo modificado}}{\text{Bulbo Original}} = \frac{20 \text{ dB}}{15 \text{ dB}}$$

$$\mathbf{r. m. e. t.} = 1.333$$

IV.1.2.3 Acordes al 10%.

IV.1.2.3.1 Bulbo Original.

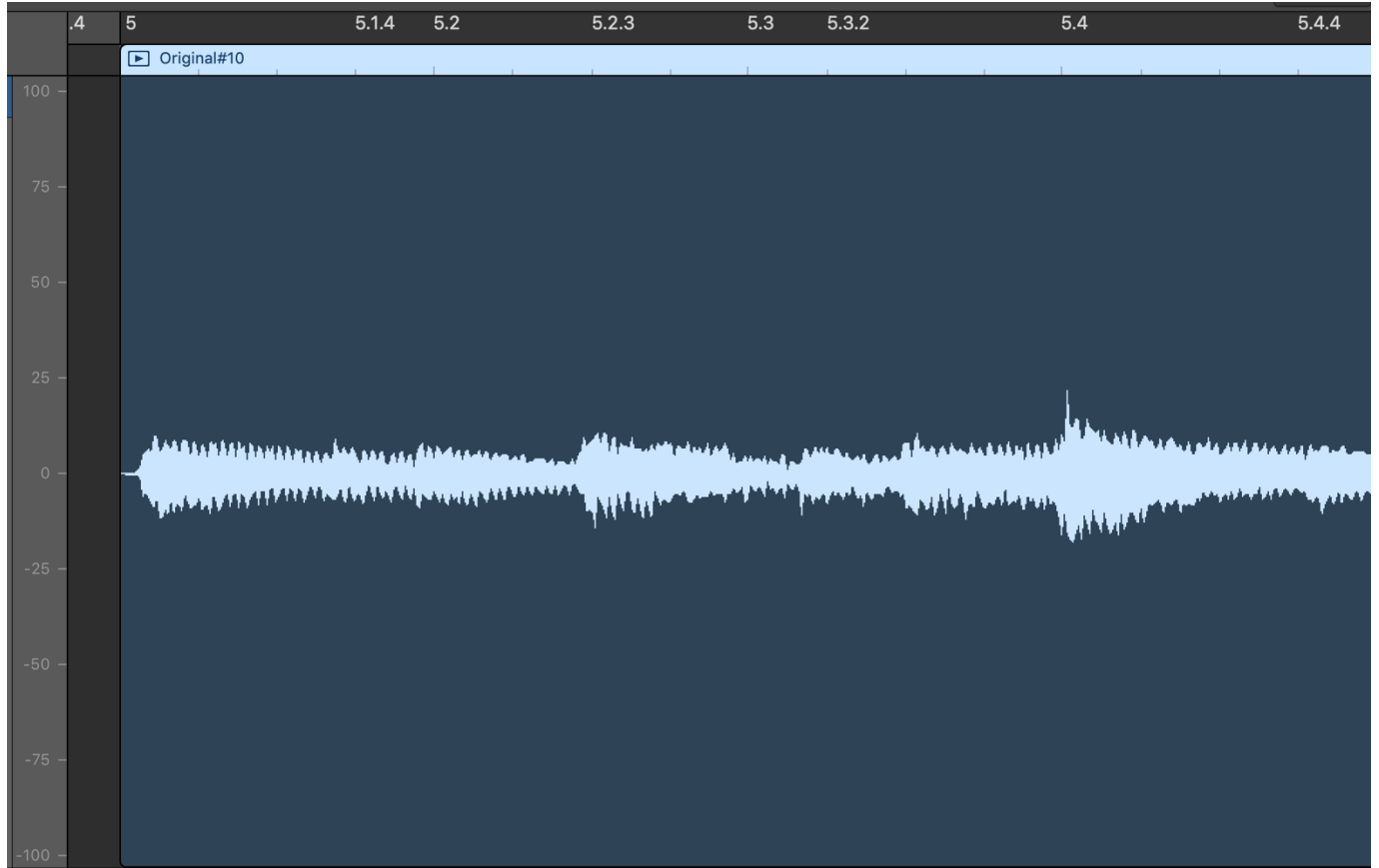


Ilustración 26. Comportamiento del bulbo original con acordes en ganancia del 10%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.3.2 ***Bulbo Modificado.***

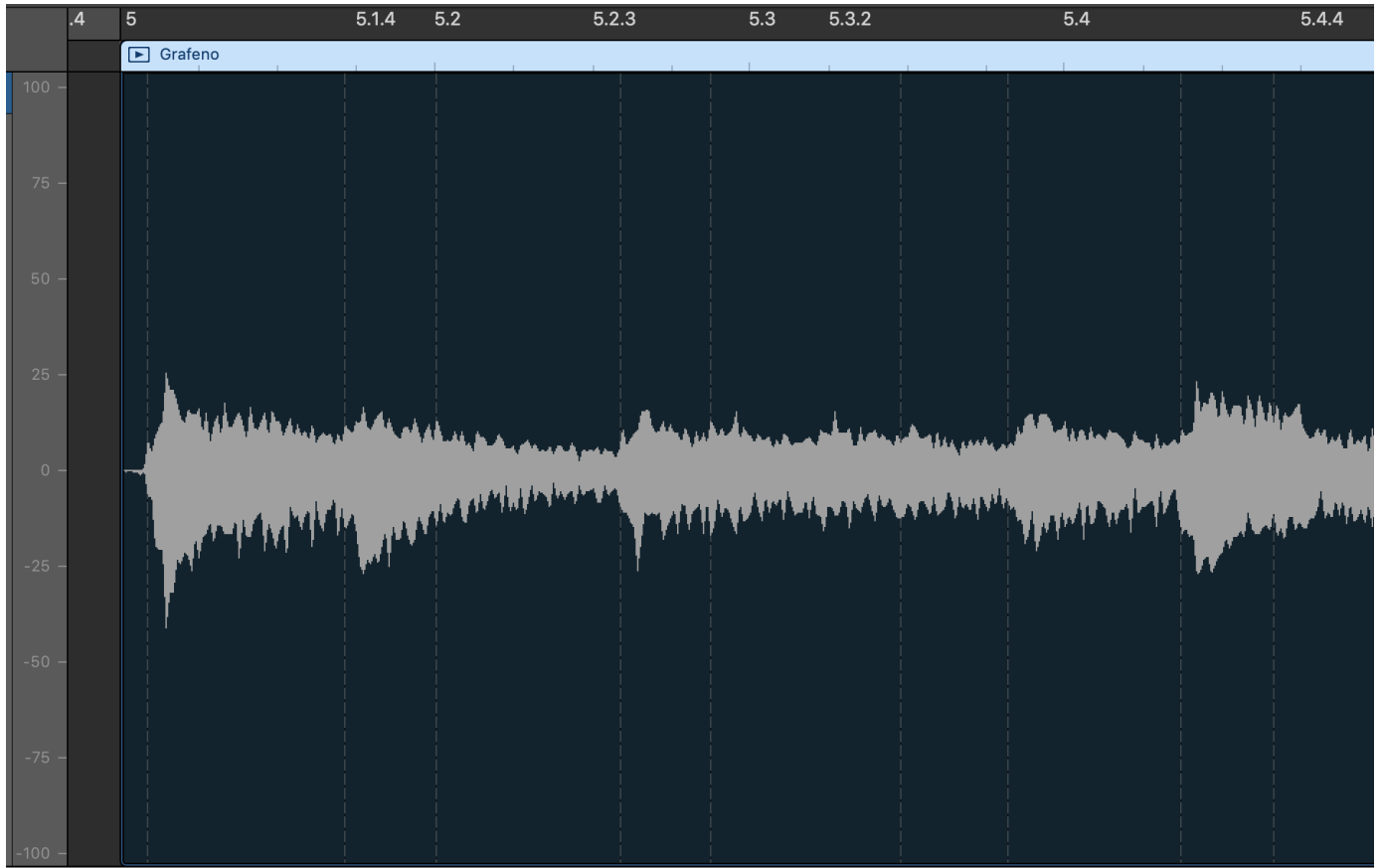


Ilustración 27. Comportamiento del bulbo modificado con acordes en ganancia del 10%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.3.3 Relación de mejoría del espectro tonal.

Bulbo Original: 20 dB; (compás 5.4)

Bulbo Modificado: 25 dB; (compás 5.4)

$$\mathbf{r. m. e. t.} = \frac{\text{Bulbo modificado}}{\text{Bulbo Original}} = \frac{25}{20}$$

$$\mathbf{r. m. e. t.} = 1.25$$

IV.1.2.4 Solo al 10%.

IV.1.2.4.1 Bulbo Original.

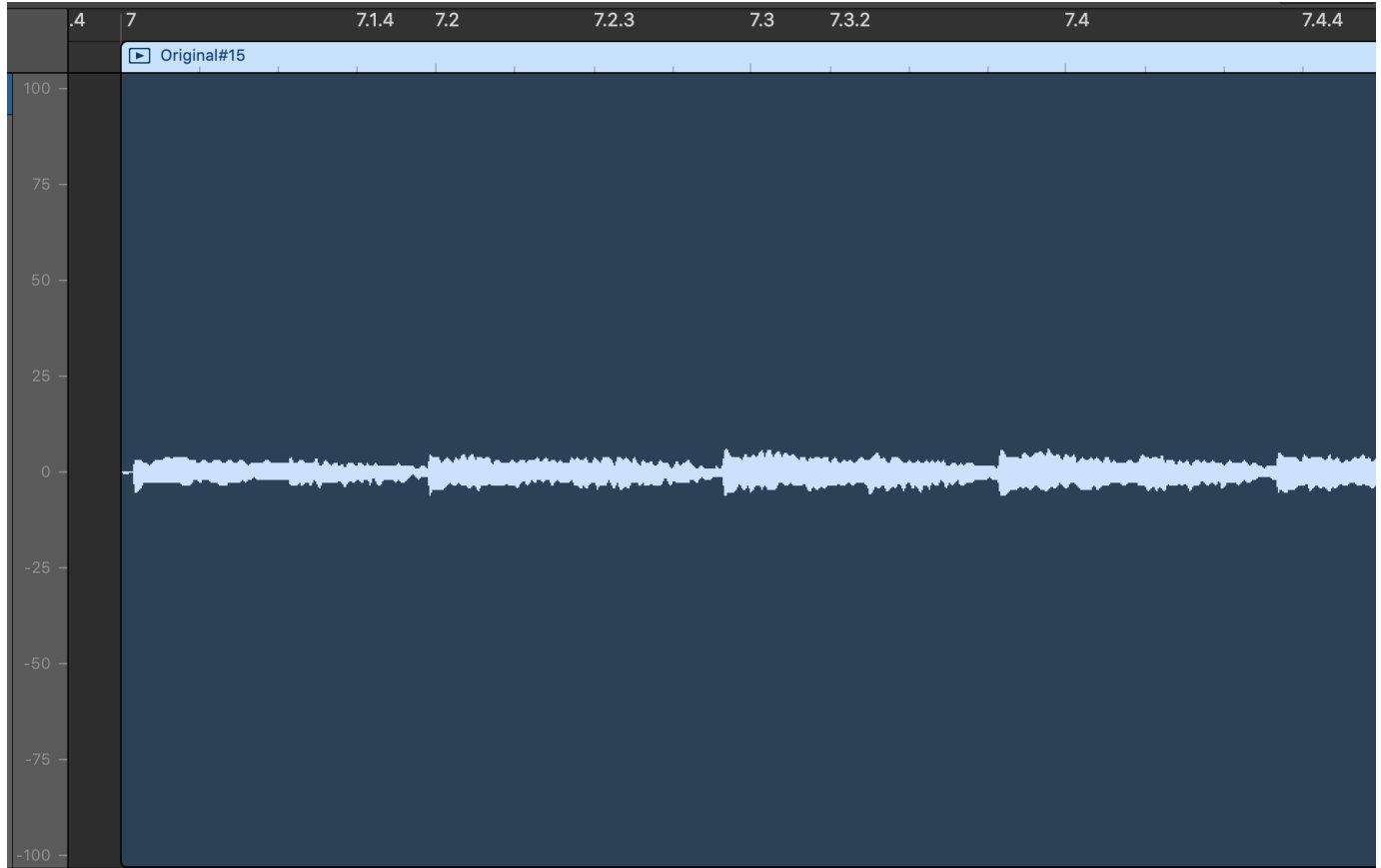


Ilustración 28. Comportamiento del bulbo original con solo en ganancia del 50%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.4.2 *Bulbo Modificado.*

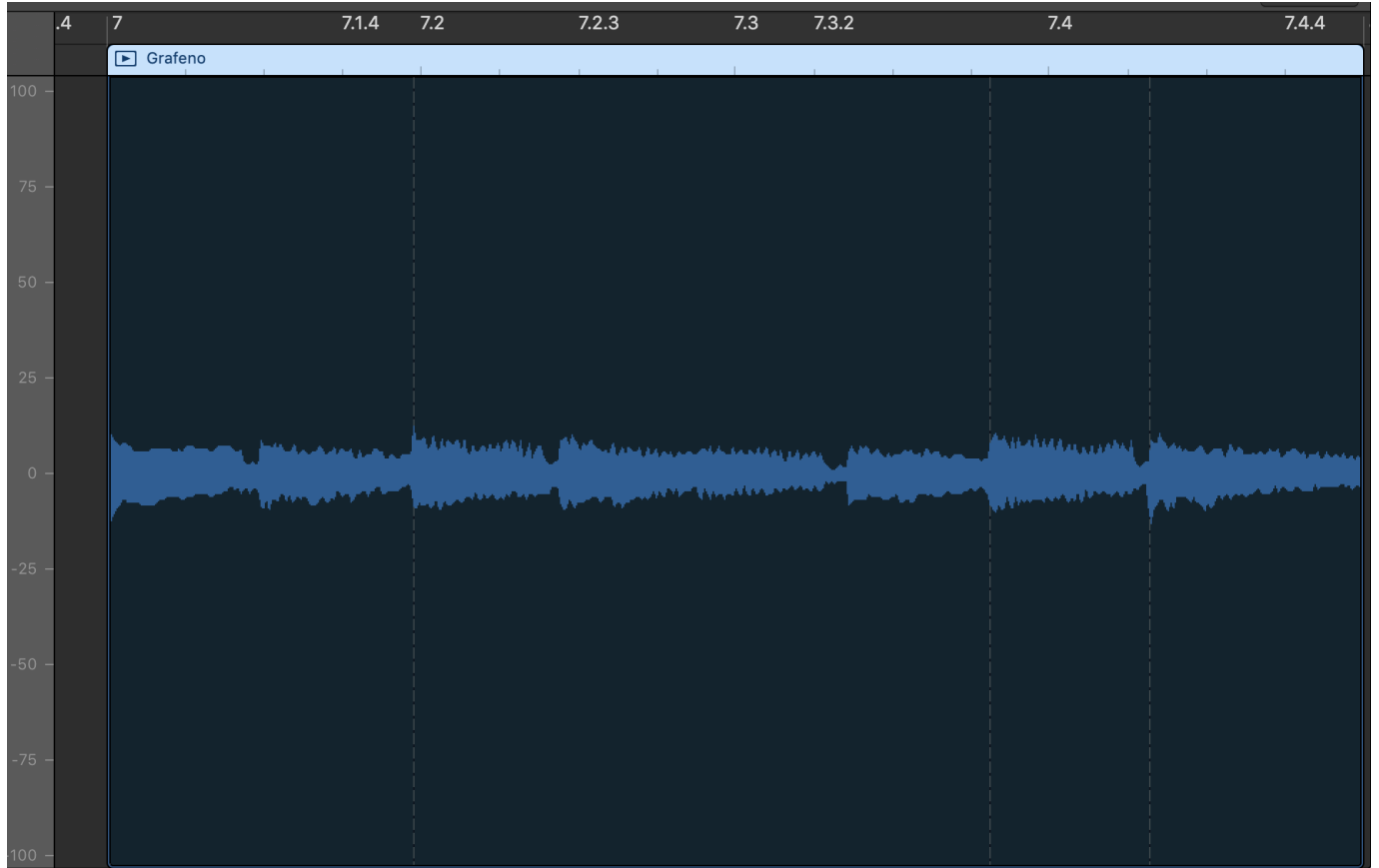


Ilustración 29. Comportamiento del bulbo modificado con solo en ganancia del 50%

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.4.3 Relación de mejoría del espectro tonal.

Bulbo Original: 5 dB; (compás 7.3)

Bulbo Modificado: 10 dB; (compás 7)

$$\mathbf{r. m. e. t.} = \frac{\text{Bulbo modificado}}{\text{Bulbo Original}} = \frac{10}{5}$$

$$\mathbf{r. m. e. t.} = 2$$

IV.1.2.5 Solo al 100%.

IV.1.2.5.1 Bulbo Original.



Ilustración 30. Comportamiento del bulbo original con solo en ganancia del 100%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.5.2 *Bulbo Modificado.*

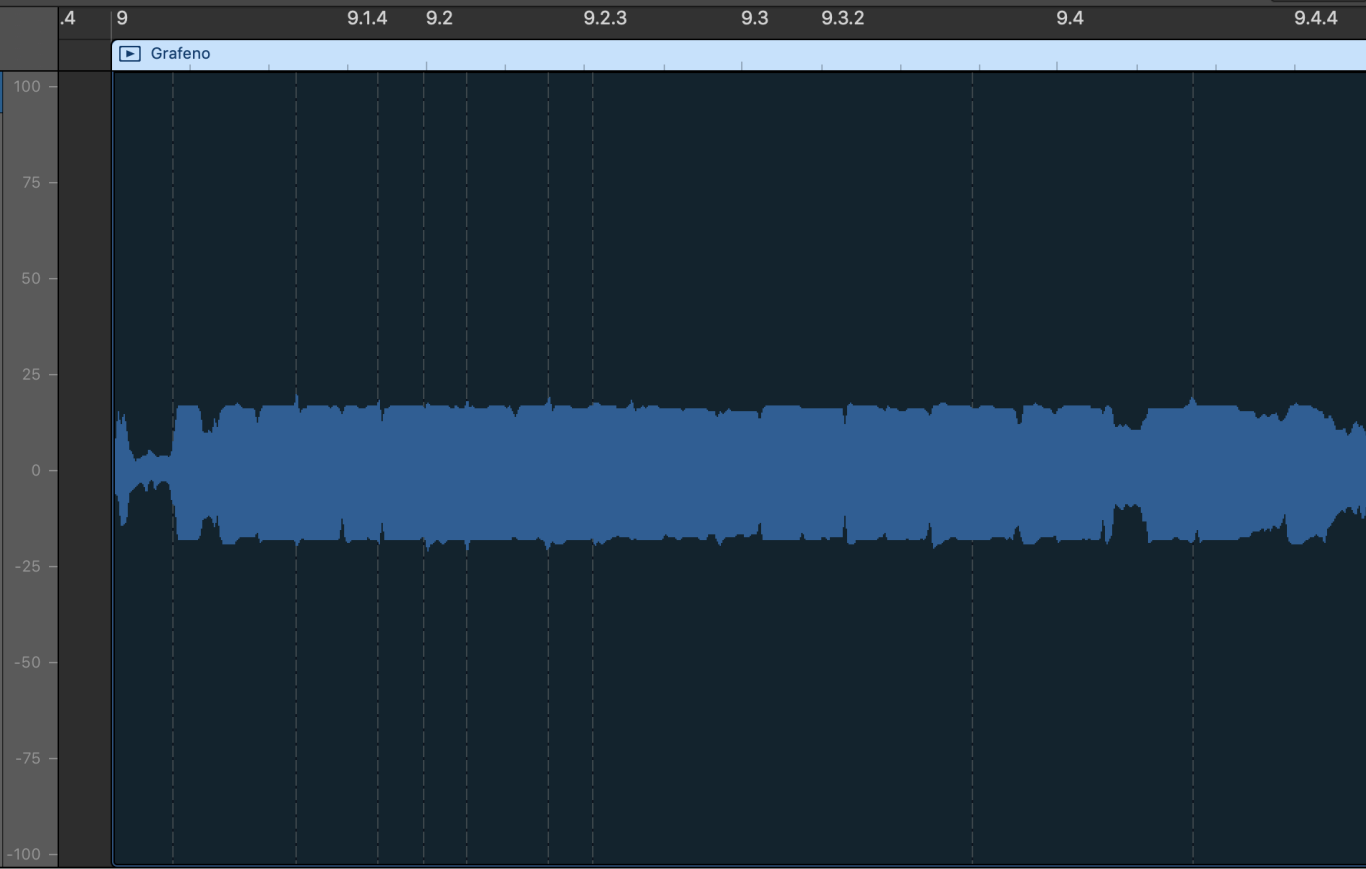


Ilustración 31. Comportamiento del bulbo modificado con solo en ganancia del 100%.

Fuente: *Elaboración Propia*

IV.1.2.5.3 Relación de mejoría del espectro tonal.

Bulbo Original: 10 dB; (compás 9.1.4)

Bulbo Modificado: 20 dB; (compás 9.2)

$$\mathbf{r. m. e. t.} = \frac{\text{Bulbo modificado}}{\text{Bulbo Original}} = \frac{20}{10}$$

$$\mathbf{r. m. e. t.} = 2$$

IV.1.2.6 Solo al 50%.

IV.1.2.6.1 Bulbo Original.



Ilustración 32. Comportamiento del bulbo original con solo en ganancia del 50%.

Fuente: Elaboración Propia

IV.1.2.6.2 Bulbo Modificado.

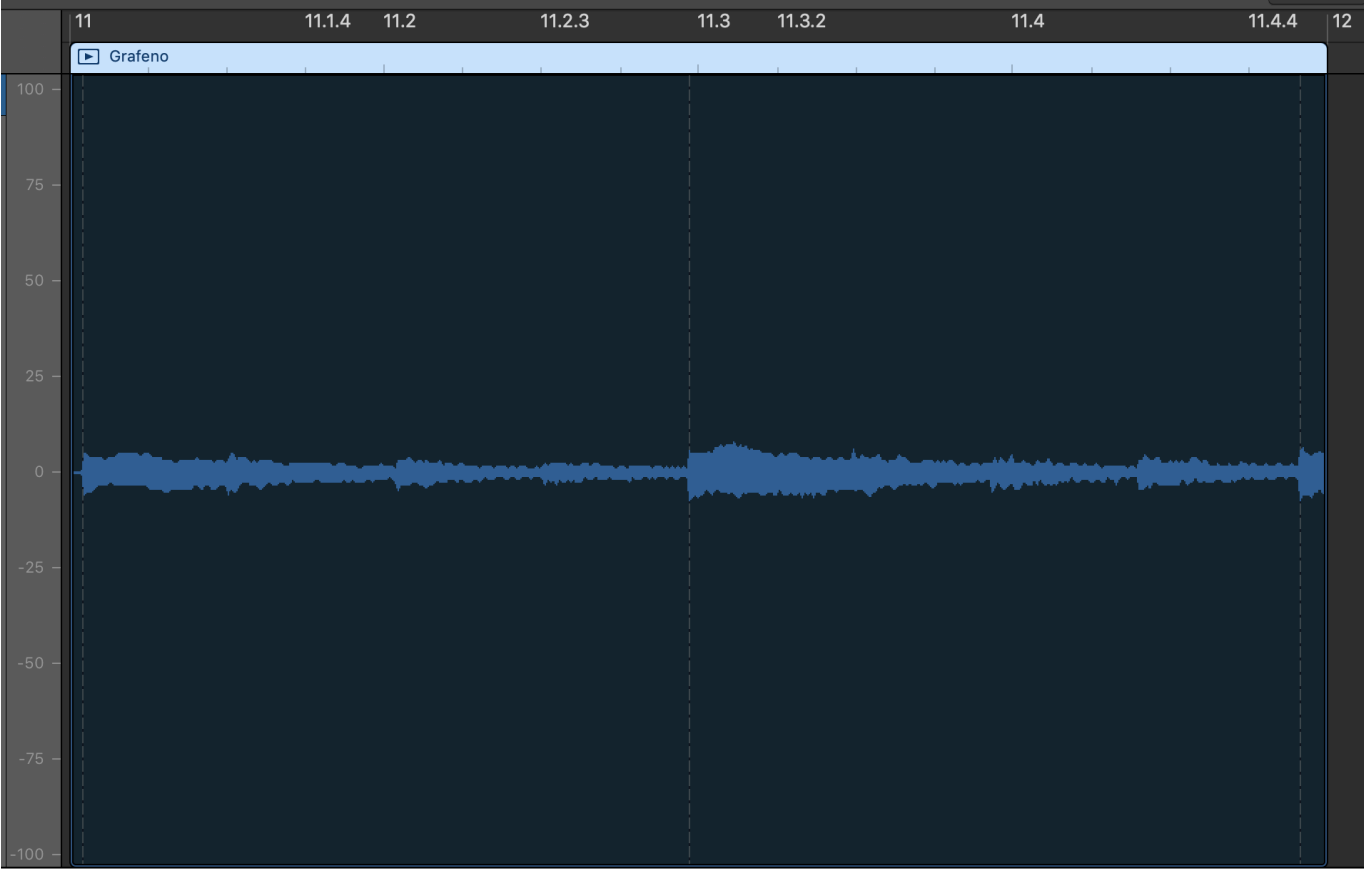


Ilustración 33. Comportamiento del bulbo modificado con solo en ganancia del 50%.

Fuente: *Elaboración Propia*

IV.1.2.6.3 Relación de mejoría del espectro tonal.

Bulbo Original : 5 dB; (compás 11.3)

Bulbo Modificado 5 dB; (compás 11.3)

$$\mathbf{r. m. e. t.} = \frac{\text{Bulbo modificado}}{\text{Bulbo Original}} = \frac{5}{5}$$

$$\mathbf{r. m. e. t.} = 1$$

Conclusiones

Los resultados pertenecientes a las pruebas con grafeno indican que no existe mejora alguna en cuanto al enfriamiento el bulbo. En las gráficas tiempo-temperatura, comparando el bulbo original contra el modificado, la curva de enfriamiento es practicamente la misma. El grafeno no sólo no enfrió el bulbo en menor tiempo, sino, no presentó cambio relevante alguno en sus características térmicas. Por lo mismo, el objetivo de esta tesis no fue alcanzado. En cuanto a las pruebas de audio, se observa que los rangos de dB de las señales producidas por el bulbo modificado son mucho mayores que con el bulbo original. Exceptuando a la técnica de soleo en una ganancia de 10%. Habiendo mencionado todo lo anterior, térmicamente, el dispositivo modificado no fue capaz de reducir el tiempo de enfriamiento.

Dado que no se cumplió, la evaluación costo-calidad es irrelevante ya que el producto no produciría impacto en el mercado al cual estaba destinado. Por otro lado, se encontró una mejoría en el tono proporcionado por el bulbo modificado. No se siguió investigando dicho fenómeno ya que no es el objetivo de esta tesis. Pero se presenta un antecedente que inclusive podría ser otro tema de tesis bajo pruebas, métodos y materiales más específicos para llevar a cabo la investigación pertinente. Concluyendo así que este trabajo presenta un antecedente importante para la realización de trabajos posteriores sobre la mejoría de la tonalidad de los bulbos experimentando con grafeno en los mismos, a pesar de no presentar mejoría alguna en sus características térmicas.

REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas

Bulbos

1. Dorf & Svoboda (2006). Circuitos Eléctricos. (6^a Edición). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
2. Hayt Jr., H. William & Kemmerly, Jack E. & Durbin, Steven M. (2012). Análisis de circuitos en ingeniería (8va edición). México: McGraw Hill.

Amplificadores

1. Miller, Anton (2017). Electronic Amplifiers and Circuit Design: Art and Practice (1ra edición). New York: Intelliz Press.
2. Barriga Pérez, Gilberto. (2010). Diseño y Construcción de un amplificador de audio utilizando tubos al vacío (Tesis de Posgrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia.

Cibergrafía

Bulbos

1. Steven Fryette Design, Inc. (2016). A Brief Look at Different Tube Types. California, EU.: Fryette Amplification. Recuperado de <http://www.fryette.com>

Amplificadores

1. Steven Fryette Design, Inc. (2016). Fryette A Brief History of Electric Guitar Amps, Part One. California. EU.: Fryette Amplification. Recuperado de <http://www.fryette.com>

2. Steven Fryette Design, Inc. (2017). Guitar Amps: What's What. California, EU.: Fryette Amplification. Recuperado de <http://www.fryette.com>
3. John Burnett. (2010). Instrument Amp History. Lenard Audio. Recuperado de <http://education.lenardaudio.com>
4. PAL Adam Stafford. (2012). History of the Amplifier: Valve vs. Solid-State. ProAudioLand, LLC. Recuperado de <https://www.proaudioland.com>
5. Blue Audio Store. (2015). Amplificadores de Guitarra. Blue Audio Store. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://blueaudiostore.wordpress.com>
6. Orange. (2018). Orange Micro Dark. Orange Music Electronic Company. Borehamwood, Reino Unido. Recuperado de <https://orangeamps.com/products/guitar-amp-heads/terror-series/micro-dark/>
7. Orange. (2018). Orange Micro Dark Manual: Manual V1.0. Orange Music Electronic Company. Borehamwood, Reino Unido. Recuperado de <https://orangeamps.com/downloads/micro-dark-manual/>

Videografía

1. Scott, Josh. [JHS Pedals]. (2018, noviembre 22). History of Distortion [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/XTGmfsKHcXo>
2. Linden, Paul. [1horton3]. (2016, abril 20). History and Design of Vintage Guitar Amps... the Fender tone stack [Archivo de video]. Recuperado de https://youtu.be/ZNAooWyKs_0

Hemerografía

Referencias Gráficas

1. Thbusch (2004). Lee De Forest. [Ilustración 1]. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Lee_De_Forest
2. C. Braga, N. (2015). Como hacer montaje con válvulas (V002S). [Figura 1] . Recuperado de <http://www.incb.com.mx/index.php/articulos/76-mundo-de-las-valvula/344-como-hacer-montaje-con-valvulas-v002s>
3. C. Rubio, A. (2016). SIMBOLario EL 2016. [Figura 2]. Recuperado de <https://slideplayer.es/slide/12730691/>
4. Coates, E. (2018). Module 1.0: Amplifiers. [Figura 3]. Recuperado de <http://www.learnabout-electronics.org/Amplifiers/amplifiers10.php>
5. Coates, E. (2018). Module 1.1: Amplifier Parameters. [Figuras 4,5,6,7]. Recuperado de <http://www.learnabout-electronics.org/Amplifiers/amplifiers11.php>
6. Jaakonam (2008). Marshall Amplification. [Ilustración 3] .Recuperado de https://en.wikipedia.org/wiki/Marshall_Amplification
7. Matt Myers (2007). How Guitar Amps Work and What You Can Do To Start Tweaking Your Own. [Ilustración 4]. Recuperado de <https://flypaper.soundfly.com/discover/guitar-amps-work-learn-modifying/>
8. Liaztraht (2013). Orange CR120 guts and internal quality photos. [Ilustración 5]. Recuperado de <https://www.ultimate-guitar.com/forum/showthread.php?t=1803806>
9. Ben (2017). Guitar Amplifier Information – Guide For Beginners. [Ilustración 6]. Recuperado de <https://aceguitarcourse.com/guitar-amplifier-information>

10. Dave Simons (2011). Using Modeling Amps in the Studio: Pros & Cons. [Ilustración 7].

Recuperado de

https://www.bmi.com/news/entry/using_modeling_amps_in_the_studio_pros_cons

11. JJ Electronic (2019). ECC83S – 12AX7, 7025. [Figura 8]. Recuperado de [https://www.jj-](https://www.jj-electronic.com/en/ecc83s-12ax7-7025)

[electronic.com/en/ecc83s-12ax7-7025](https://www.jj-electronic.com/en/ecc83s-12ax7-7025)

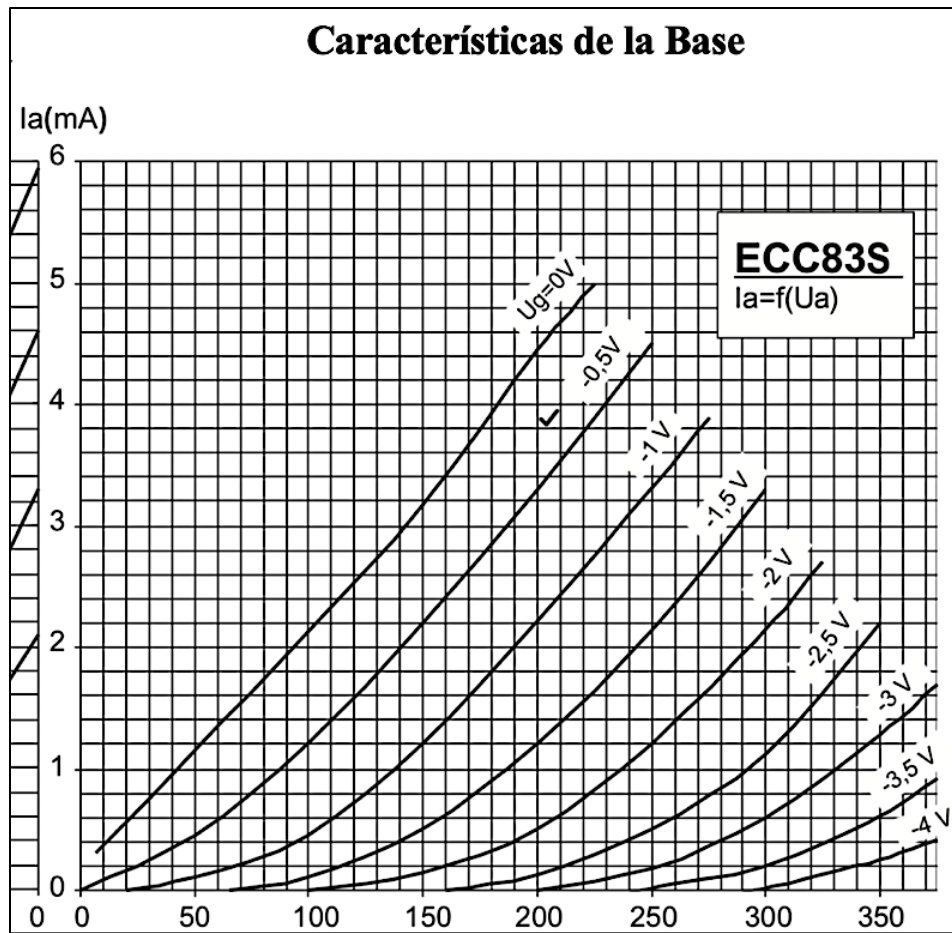
12. Barriga Pérez, Gilberto (2010). Diseño y Construcción de un amplificador de audio utilizando tubos al vacío (Tesis de Posgrado). [Figuras 9 y 10].

13. JJ Electronic (2019). ECC83S – 12AX7, 7025. [Gráficas 1,2 y 3]. Recuperado de

<https://www.jj-electronic.com/en/ecc83s-12ax7-7025>

ANEXOS

Anexo 1. Gráfica que muestra la relación voltaje-corriente del ánodo según el voltaje en la grilla para el bulbo ECC83S. (Tomada para fines académicos de la página web oficial del producto)



Anexo 2. Tabla de vaciado de datos de la experimentación del Capítulo III con relación tiempo – temperatura. (Autoría propia)

t (min)	Sensor 1 T(°C)	Sensor 2 T(°C)	Sensor 3 T(°C)	
1				Calentamiento
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				Enfriamiento
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				