



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PREAMPLIFICADOR A VÁLVULAS
PARA GUITARRA CON EMULACIÓN DE CALIDAD TONAL DE DOS
AMPLIFICADORES CLÁSICOS PARA GUITARRA.

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

Profesor guía

MSc. Christiam Garzón

Autor

Jhonatan López Pilco

Año

2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

MSc. Christiam Garzón

Master en Acústica

C.I. 171364462-1

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Jhonatan Guillermo López Pilco

C.I. 0201721479-5

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por su paciencia he incondicional apoyo. A Virginia que sin su impulso inicial este sueño no hubiese sido posible. A Marcelo por creer y apostarle a cada una de mis locas ideas. Y a todos aquellos familiares y amigos que supieron apoyarme y ayudarme en el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi familia que, pese a la muerte, siguen siendo muchos. A mis amigos que pese a la vida siguen siendo pocos.

RESUMEN

El presente proyecto trata de cómo se diseña y construye un preamplificador a válvulas con dos distintas sonoridades, partiendo de dos diseños de preamplificadores de marcas reconocidas a nivel mundial como lo son Fender y Marshall.

Empleando programas de diseño y simulación electrónica se simula los preamplificadores, se los estudia y analiza, para luego unirlos y tener un solo circuito. Posteriormente se lo lleva una placa de pruebas para finalmente implementarlo en un circuito PCB y ensamblarlo en una caja. Así también se muestra la medición y análisis de algunos parámetros técnicos como lo son respuesta en frecuencia e impedancia, parámetros que no son presentados como características de un preamplificador pero que a partir de esta investigación se los podría tomar en cuenta.

Finalmente se realiza comparaciones entre el preamplificador diseñado y uno de sus homólogos, obteniéndose excelentes resultados con la emulación como lo demuestran entrevistas realizadas a algunos ingenieros reconocidos a nivel local.

ABSTRACT

This project deals with how a preamplifier is designed and built using valves with two different sounds, based on the two designs of the world renowned preamplifier brands of Fender and Marshall.

Using electronic design and simulation programs to simulate preamplifiers, they are studied and analysed to then join them in a single circuit. Next it is taken to a test board so that it can be finally installed into a PCB circuit and assembled in a box. This way the measurement and analysis of some technical parameters such as frequency response and impedance are also shown, parameters that are not presented as a feature of a preamplifier but that through this research could be taken into consideration.

Finally comparisons are carried out between the designed preamplifier and one of its counterparts, obtaining excellent results with the emulation as demonstrated in meetings held with some locally recognised engineers.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 1 |
| 1 Marco teórico | 4 |
| 1.1 Propiedades del sonido..... | 4 |
| 1.1.1 Fuentes vibratorias | 4 |
| 1.1.2 El sonido..... | 4 |
| 1.1.3 Transmisión del sonido..... | 5 |
| 1.2 Características de una onda de sonido | 5 |
| 1.2.1 La amplitud | 5 |
| 1.2.2 La longitud de onda | 5 |
| 1.2.3 La velocidad | 6 |
| 1.2.4 El periodo | 6 |
| 1.2.5 La frecuencia | 6 |
| 1.2.6 La fase..... | 6 |
| 1.2.7 Espectros de frecuencias de un sonido periódico y no periódico ... | 7 |
| 1.2.8 Características psicoacústicas del sonido | 9 |
| 1.3 Conceptos básicos de electroacústica..... | 9 |
| 1.3.1 La electroacústica..... | 9 |
| 1.4 Principios de electrónica..... | 16 |
| 1.4.1 Circuitos eléctricos..... | 16 |
| 1.4.2 Tubos al vacío | 25 |
| 1.5 Circuito preamplificador de guitarra..... | 31 |
| 1.5.1 Línea de carga..... | 31 |
| 1.5.2 Polarización (<i>Biasing</i>)..... | 32 |
| 1.6 Topología de un preamplificador de guitarra | 32 |
| 1.7 Preamplificador de baja ganancia | 33 |
| 1.8 Preamplificador de mediana ganancia..... | 33 |
| 1.9 Preamplificador de alta y ultra alta ganancia | 34 |
| 1.10 Conectores de audio | 35 |
| 1.10.1 Conector TS | 35 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1.10.2 | Conector TRS y XLR-3..... | 36 |
| 2 | Desarrollo..... | 37 |
| 2.1 | Selección de preamplificadores a emular | 37 |
| 2.1.1 | Circuito eléctrico Fender Champ 5E1 | 38 |
| 2.1.2 | Circuito eléctrico Marshall JCM 800 | 38 |
| 2.1.3 | Circuitos rectificadores de voltaje | 39 |
| 2.2 | Simulación de circuitos..... | 40 |
| 2.2.1 | Simulación de circuitos rectificadores..... | 40 |
| 2.2.2 | Simulación preamplificador Fender Champ 5E1..... | 42 |
| 2.2.3 | Simulación preamplificador Marshall JCM 800 | 47 |
| 2.2.4 | Simulación circuito preamplificador final | 48 |
| 2.3 | Proceso de ensamblaje | 55 |
| 2.3.1 | Equipos y materiales | 55 |
| 2.3.2 | Implementación en <i>protoboard</i> | 57 |
| 2.3.3 | Implementación del circuito en PCB | 58 |
| 2.3.4 | Funcionamiento del preamplificador | 63 |
| 3 | Evaluación de resultados..... | 65 |
| 3.1 | Cálculo y medición de parámetros técnicos del preamplificador | 65 |
| 3.1.1 | Respuesta en frecuencia | 65 |
| 3.1.2 | Impedancia | 70 |
| 3.2 | Comparación entre preamplificadores | 73 |
| 3.3 | Evaluación estética del prototipo | 75 |
| 4 | Análisis económico | 77 |
| 4.1 | Descripción de ítems | 77 |
| 4.2 | Detalle de componentes electrónicos iniciales | 79 |
| 4.3 | Detalle de componentes electrónicos del circuito final..... | 80 |
| 4.4 | Consideraciones sobre el análisis económico | 82 |
| 4.5 | Comparación costo beneficio en el mercado | 83 |
| 5 | Proyecciones del proyecto..... | 85 |

| | |
|--|----|
| 6 Conclusiones y recomendaciones | 86 |
| 6.1 Conclusiones..... | 86 |
| 6.2 Recomendaciones..... | 87 |
| Referencias..... | 89 |
| Anexos | 91 |

Introducción

En el mundo de la electrónica el hablar de tubos al vacío es hablar de una tecnología obsoleta, pero en el mundo del audio profesional es un indicador de estar sobre lo estándar y para muchos en un nivel superior en cuanto a calidad sonora y quien usa estos dispositivos en sus equipos es considerado en el medio como un profesional.

Para músicos, productores e ingenieros (sonidistas) obtener sonidos diferentes es un objetivo de todos los días, es por eso que todos ellos dedican muchas horas de su trabajo en buscar un sonido que los caracterice. Aunque muchos profesionales prefieren tener un sonido particular, muchos optan por conseguir sonidos similares a algunos ya conocidos es decir emular sonidos existentes. Es así que se considera la emulación de sonidos por preamplificadores un punto de partida, ya que es una base sólida para la búsqueda de nuevos sonidos. Además, el uso de una circuitería adecuada junto a los tubos al vacío en el diseño de preamplificadores brinda una característica especial a estos preamplificadores que es el “*overdrive*” y si se exagera llega a ser distorsión.

En el presente proyecto se abordan todos los parámetros teóricos para el diseño y construcción de un preamplificador, así como también los resultados técnicos eléctricos y características sonoras de dos preamplificadores iconos de las empresas Fender y Marshall.

Antecedentes

Desde el año de 1946, cuando la empresa norteamericana Fender revoluciona la industria musical con la producción en masa de instrumentos y dispositivos amplificadores de audio para instrumentos musicales, empieza una carrera por encontrar nuevas posibilidades y características sonoras para que los músicos se identifiquen con estas.

En esta búsqueda de nuevas sonoridades nacen nuevas empresas una de ellas es la empresa inglesa Marshall, que 20 años después de la aparición de los primeros modelos de Fender revoluciona la industria con un nuevo sonido

en sus amplificadores modificando principalmente la etapa de pre amplificación. Este sonido se caracterizaba por ser más agresivo que los modelos presentados por Fender sin embargo este sonido fue conseguido tras la experimentación con modelos propios de la marca de Fender.

Estas dos empresas tanto Fender como Marshall, desde sus inicios sea han caracterizado por su constante innovación en sus productos de amplificación, presentando así una infinidad de posibilidades en cuanto a gustos sonoros se refiere. Además del prestigio ganado a lo largo de los años se han posicionado como líderes en el mercado mundial, ganándose la confianza de músicos profesionales como lo son: Pete Townshend (The Who), Billy Gibbons (ZZ Top), Ler LaLonde (Primus), para Fender y Angus y Mal Young (AC/DC), Jimi Hendrix, Zakk Wylde (Black Label Society), Steph Carpenter (Deftones), para Marshall; por mencionar algunos.

Por las razones antes expuestas es que hoy por hoy se considera como un buen punto de partida estudiar circuitos preamplificadores bases como lo son los de las marcas Fender y Marshall.

Alcance

El alcance de este proyecto de titulación es crear un par de preamplificadores para guitarra eléctrica el cual lleve incorporado en toda su circuitería componentes análogos para lograr una mejor calidad de procesamiento, y a su vez dicho proceso de pre-amplificación de señal de audio sea netamente análogo.

Este dispositivo tendrá componentes de buena calidad para cubrir las expectativas y requerimientos técnicos de dispositivos de una gama estándar en el mercado profesional.

Justificación

Actualmente el uso de preamplificadores de guitarra eléctrica por parte de ingenieros, músicos y productores es bastante codiciado, es por eso que las empresas se han enfocado en la elaboración y producción de estos

dispositivos, intentando innovar siempre el sonido de estos dispositivos con características analógicas. Debido a la constante búsqueda de nuevas tecnologías y con el afán de encontrar nuevas sonoridades. Las empresas que diseñan estos dispositivos invierten mucho dinero en el desarrollo de estos equipos de sonido, es por eso que se ha considerado importante la investigación y desarrollo en los preamplificadores para así cubrir la necesidad tanto de consumidores como de la industria.

Objetivo general

- Diseñar y construir un preamplificador a válvulas para guitarra con emulación de calidad tonal de dos amplificadores clásicos para guitarra.

Objetivos específicos

- Establecer un circuito eléctrico que permita la emulación de dos diferentes tipos de preamplificadores para guitarra.
- Simular el diseño eléctrico del preamplificador mediante software.
- Ensamblar el circuito del preamplificador.
- Medir las principales especificaciones técnicas del preamplificador.
- Comparar las señales entregadas por los dos preamplificadores con sus homólogos en el mercado.
- Identificar posibles diferencias de timbre y sonoridad por medio de entrevistas a músicos y sonidistas.

Hipótesis

Se asume como hipótesis del presente trabajo, que la implementación de un preamplificador a válvulas para guitarra con emulación de calidad tonal de dos amplificadores clásicos para guitarra es posible. Como también es posible establecer un circuito eléctrico, simularlo mediante software y construirlo, emulando fielmente las cualidades técnicas y estéticas de los dispositivos originales.

1 Marco teórico

1.1 Propiedades del sonido

1.1.1 Fuentes vibratorias

Se considera una fuente vibratoria a todo aquel objeto capaz de generar movimiento de partículas en su espacio circundante. Estas fuentes vibratorias a veces también llamadas fuentes generadoras pueden ser objetos simples como una cuerda de un violín o incluso objetos muy complejos como un motor o un altavoz.

1.1.2 El sonido

Se define al sonido como una perturbación generada por una fuente vibratoria, la cual se propaga a través de un medio elástico (figura 1 (a)); es decir, la generación de sonido tiene lugar cuando una fuente entra en vibración y esta vibración es transmitida a las partículas adyacentes y estas a su vez a sus partículas contiguas.

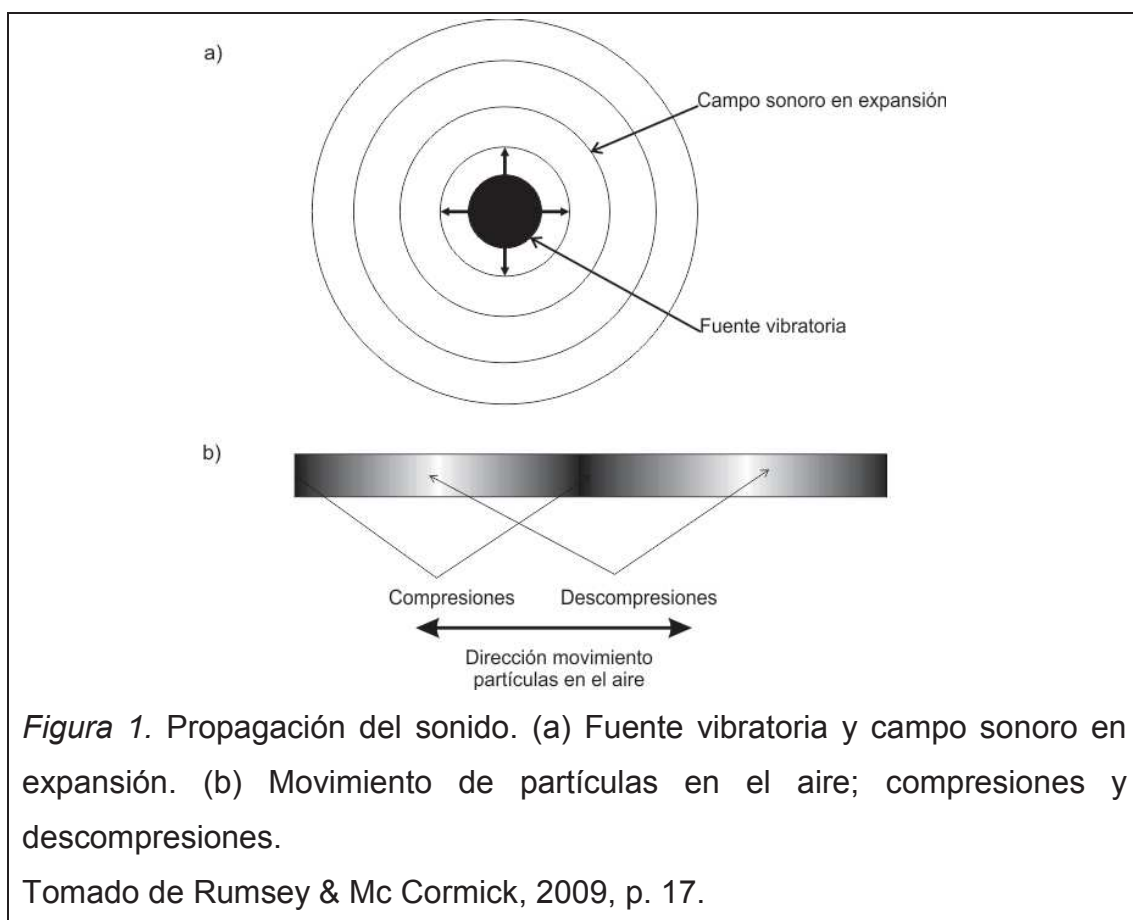


Figura 1. Propagación del sonido. (a) Fuente vibratoria y campo sonoro en expansión. (b) Movimiento de partículas en el aire; compresiones y descompresiones.

Tomado de Rumsey & Mc Cormick, 2009, p. 17.

La expresión matemática para la longitud de onda guarda relación con el periodo y la frecuencia mediante las siguientes ecuaciones:

$$T = \frac{\lambda}{c} [s] \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$f = \frac{c}{\lambda} [Hz] \quad (\text{Ecuación 2})$$

1.2.3 La velocidad

La velocidad indica el desplazamiento de una onda en un determinado tiempo. En el aire un factor importante en la velocidad es la temperatura, la cual varía un 0.17% por cada grado centígrado. Cabe destacar que la velocidad es independiente de la intensidad; es decir no importa que tan fuerte sea el sonido su velocidad es constante.

1.2.4 El periodo

Un sonido es consecuencia de una perturbación repetitiva, es decir, periódica. Entonces se define el periodo como el tiempo entre una perturbación y la siguiente. Se expresa en segundos. Guarda una estrecha relación con la frecuencia y se expresa matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{1}{f} [s] \quad (\text{Ecuación 3})$$

1.2.5 La frecuencia

Se define a la frecuencia como la cantidad de oscilaciones en un periodo de un segundo, y su unidad de medida son los Hercios (Hz). De la ecuación 1, se establece la siguiente expresión matemática para la frecuencia:

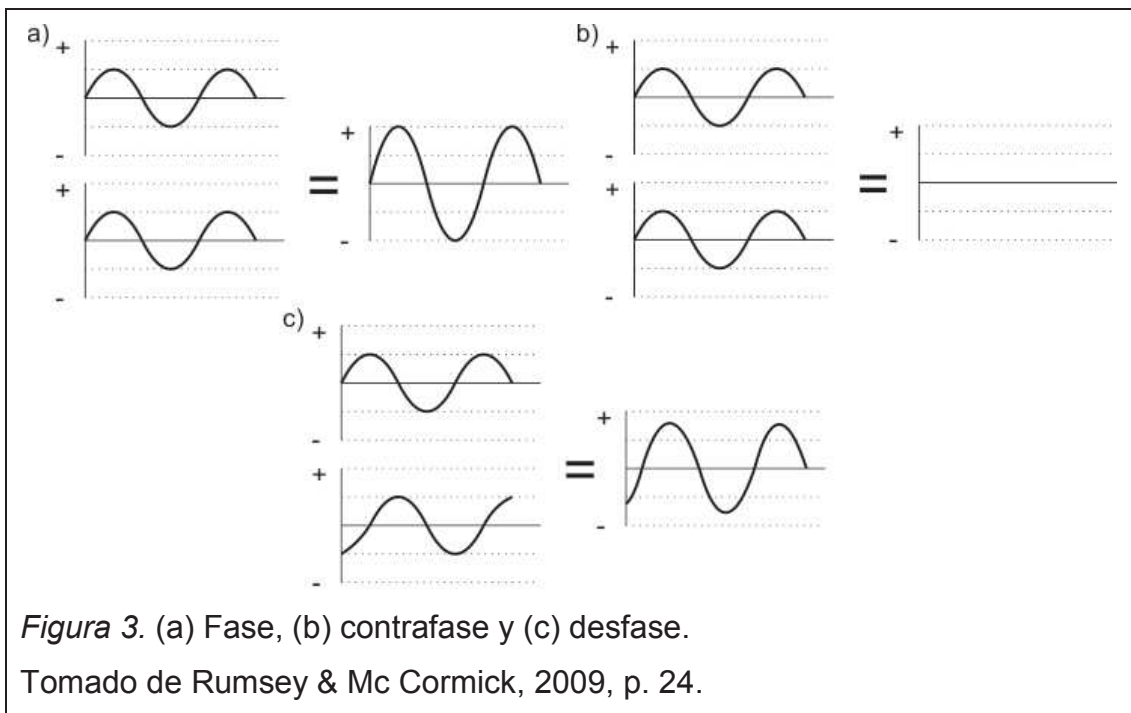
$$f = \frac{1}{T} [Hz] \quad (\text{Ecuación 4})$$

1.2.6 La fase

“Se dice que dos ondas se encuentran en fase cuando sus semiciclos de compresión (parte positiva) y descompresión (parte negativa) coinciden exactamente en el tiempo y en el espacio.” (Rumsey & Mc Cormick, 2009, p. 23).

Dada la superposición de dos ondas, se establecen tres posibles situaciones:

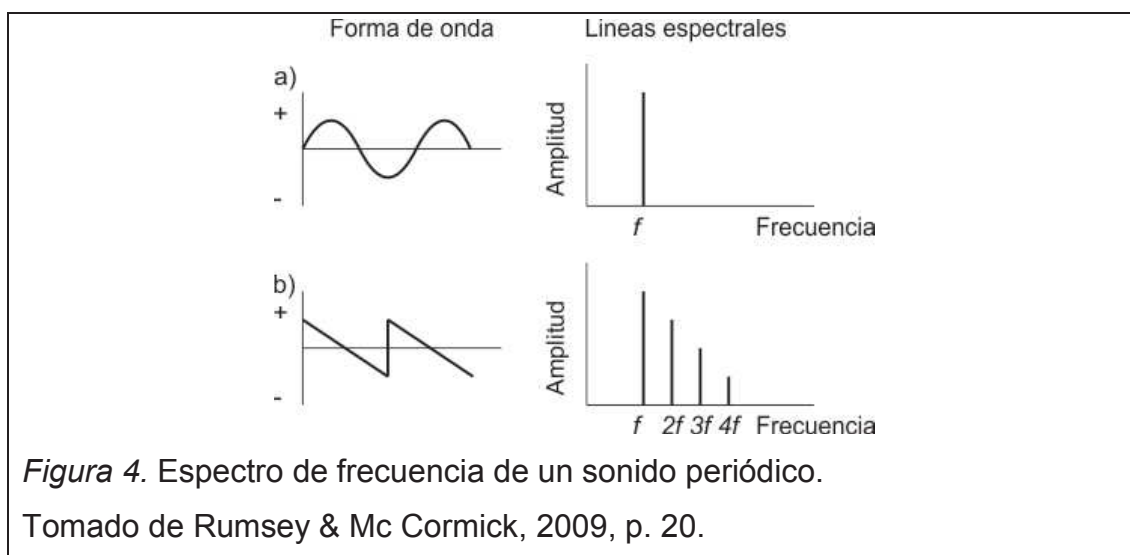
1. Que dos señales con igual fase y amplitud se sumen, dando como resultado una señal de la misma frecuencia pero con el doble de amplitud. (Figura 3 (a)).
2. Que una de las señales esté en contrafase y se sumen, o lo que es lo mismo, la suma de las dos señales pero con una de ellas invertida en polaridad, dando como resultado la ausencia de señal. En otras palabras, las señales se cancelan. (Figura 3 (b)).
3. El tercer caso implica la superposición de ondas pero con una de ellas ligeramente desfasada, lo que da como resultado una tercera señal que es la suma punto a punto de las dos señales. (Figura 3 (c)).



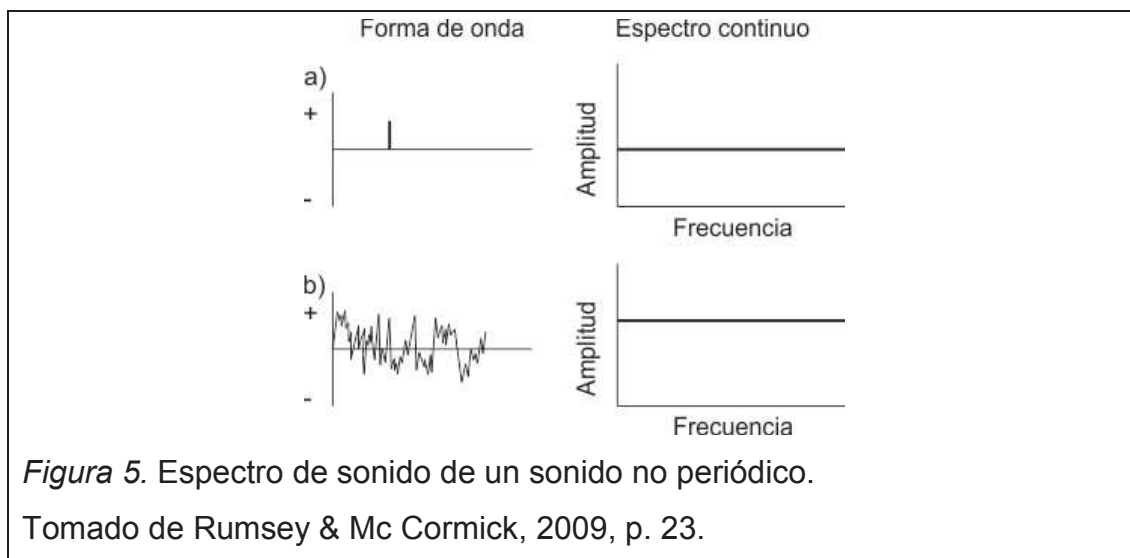
1.2.7 Espectros de frecuencias de un sonido periódico y no periódico

Se habla que los sonidos simples como por ejemplo una onda senoidal simple tienen una representación espectral que contiene una única componente en frecuencia, y a esta se le llama frecuencia fundamental de oscilación. Mientras que, ondas un poco más complejas como la onda cuadrada o la diente de sierra, son igualmente periódicas; pero estas tienen una frecuencia fundamental y una serie de componentes adicionales a las que se les llama armónicos o sobretonos. (Figura 4).

Los armónicos son componentes de la frecuencia de un sonido, situados a múltiplos enteros de la frecuencia fundamental; así también en un sonido pueden existir sobretonos que no están directamente relacionados con la fundamental mediante múltiplos enteros. En estos casos es más apropiado llamarles sobretonos o parciales inarmónicos.



Las formas de onda no periódicas, como por ejemplo señales aleatorias o impulsos no tienen una tonalidad definida y su sonido se asemeja de alguna manera al ruido. En este tipo de ondas los espectros de frecuencia están formados por una colección de componentes de frecuencias no relacionadas entre sí.



1.2.8 Características psicoacústicas del sonido

Si se analiza la forma en que el cerebro percibe un sonido, se puede clasificar principalmente tres tipos de sensaciones: La altura, la sonoridad y el timbre.

- La altura tiene una relación directa con la frecuencia, correspondiendo las bajas frecuencias a sonidos graves y las altas frecuencias a sonidos agudos.
- La sonoridad está relacionada con la amplitud, aunque también guarda relación con la frecuencia. Se afirma que a igualdad de frecuencias un sonido de mayor amplitud es más sonoro.
- El timbre es la cualidad más compleja de todas ya que depende de varias características físicas, las cuales ayudan al cerebro a identificar ciertos sonidos, es por eso que al timbre se lo relaciona mejor con el espectro, es decir, que al timbre se asocia ciertas características propias de un sonido.

1.3 Conceptos básicos de electroacústica

1.3.1 La electroacústica

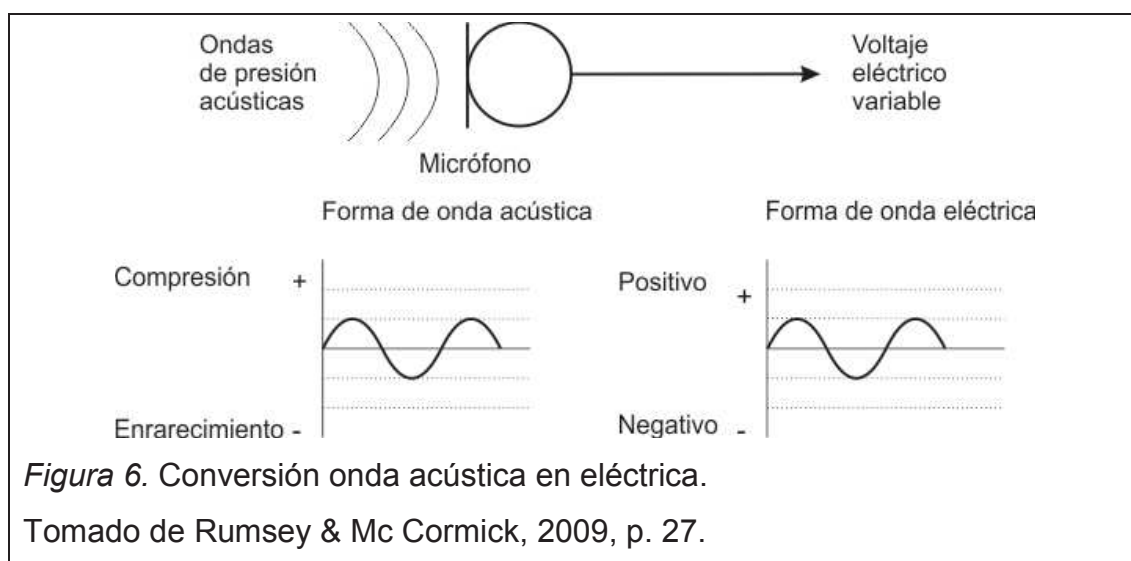
“Se define a la electroacústica como una rama de la acústica y la electrónica que se ocupa del estudio, análisis, diseño y aplicaciones de dispositivos que involucran la conversión de energía eléctrica en acústica y viceversa, así como de sus componentes asociados.” (Miyara, FCEIA, 2006).

1.3.1.1 El audio

El audio se encuentra definido como la representación eléctrica del sonido, permitiendo así manipular la señal eléctrica a través de dispositivos electrónicos y con estos realizar operaciones tales como amplificación, grabación o mezcla.

1.3.1.2 Representación del sonido en forma eléctrica

La forma más fácil de manipular el sonido es convirtiéndolo en forma eléctrica, es decir manipularlo como audio. “La conversión acústica-eléctrica es realizada por un micrófono, que es el encargado de convertir la señal acústica en eléctrica. Si se asume que el micrófono es perfecto, la onda eléctrica resultante tendría exactamente la misma forma que la onda acústica. Por regla general a una compresión le corresponde un voltaje positivo y a un enrarecimiento uno negativo.” (Rumsey & Mc Cormick, 2009). (Figura 6).



En términos eléctricos, la amplitud de una señal acústica está determinada por el voltaje. Mientras que la corriente es equivalente al movimiento de las partículas del aire, es decir la corriente eléctrica tampoco se traslada sino que simplemente oscila alrededor de un punto fijo.

1.3.1.3 El decibel

El decibel o decibelio es la unidad de medida que representa la relación entre las amplitudes de dos señales. Está basado en el algoritmo del cociente entre dos números e indica cuánto es mayor o menor un valor que otro.

“Los decibelios son números muy pequeños y nos dan una idea más aproximada de los cambios que representa la amplitud de una señal.” (Rumsey & Mc Cormick, 2009, p. 29). Así mismo ayuda a comprimir el margen de valores entre los valores de sonido máximo y mínimo que pueden encontrarse entre señales.

Matemáticamente está definido por la siguiente ecuación:

$$dB = 10 \log\left(\frac{\text{Valor medido}}{\text{Valor de referencia}}\right) \quad (\text{Ecuación 5})$$

1.3.1.4 Niveles de audio en el sonido profesional e instrumentos.

En la siguiente tabla se resume a los niveles de señal de audio utilizados en equipos y componentes de audio profesional.

Tabla 1. Niveles de señal de audio utilizados en sonido profesional.

| Nivel | Ejemplos | Rango de tensión | Nivel en dBu |
|--------------|--|---|--|
| Bajo | Micrófonos Fonocaptores Cabezales de reproducción Magnética | $V_s < 7.75 \text{ mV}$ | $N < -40 \text{ dBu}$ |
| Línea | Preamplificadores Cassetteras Reproductor de CD Reproductor DAT Sintetizadores Entrada o salida | $245 \text{ mV} < V_s < 24.5 \text{ V}$ | $-10 \text{ dBu} < N < 30 \text{ dBu}$ |

| | | | |
|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------|
| | de consola | | |
| Potencia | Amplificadores de audio y potencia | $24.5V < V_s$ | $30dBu < N$ |

Tomado de Miyara, 2004, p. 104

En una guitarra o bajo eléctrico los voltajes que generan los micrófonos son los siguientes.

Tabla 2. Niveles típicos producidos por micrófonos de guitarra pasivos.

| | Transigente inicial | Amplitud promedio en el primer segundo |
|----------------------------|---------------------|--|
| Una bobina/una sola nota | 50m Vpk | 25m Vrms |
| Una bobina/rasgueo | | 50m Vrms |
| Doble bobina/una sola nota | 100m Vpk | 50m Vrms |
| Doble bobina/rasgueo | | 100m Vrms |

Tomado de Blencowe, 2009, p. 83.

1.3.1.5 Respuesta en frecuencia

La respuesta en frecuencia es una referencia técnica que indica la variación de la ganancia (generalmente en dB) con la frecuencia. (Figura 7). Es muy común encontrar esta especificación en equipos de audio, como lo son: micrófonos, altavoces y amplificadores. Por lo general esta información viene dada en dos formatos. El primero es que presenta en forma gráfica la ganancia en función de la frecuencia, y por otro lado existe una variante utilizada por muchos fabricantes, en la cual se presentan esta información en forma de límites, uno inferior y otro superior con una cierta tolerancia, pese a que esta información es útil no siempre está completa ya que debe indicarse también el nivel potencia al que se realizó la medición, aunque generalmente se utiliza la potencia máxima.

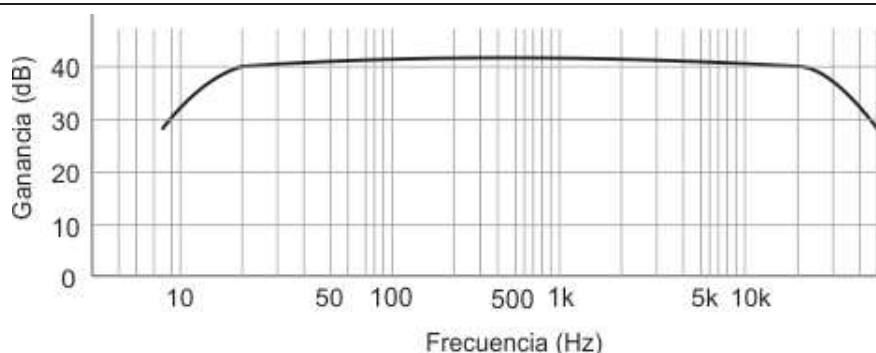


Figura 7. Respuesta en frecuencia de un amplificador.

Tomado de Miyara, 2004, p. 108.

1.3.1.6 Distorsión armónica

Cuando ingresa una frecuencia determinada a un circuito no lineal esta podría ser distorsionada en la salida y podría además contener armónicos nuevos los cuales no los poseía en un principio; estos armónicos son múltiplos de la frecuencia de audio original y por esta razón, este tipo de distorsión suena un poco más natural para quien la escucha.

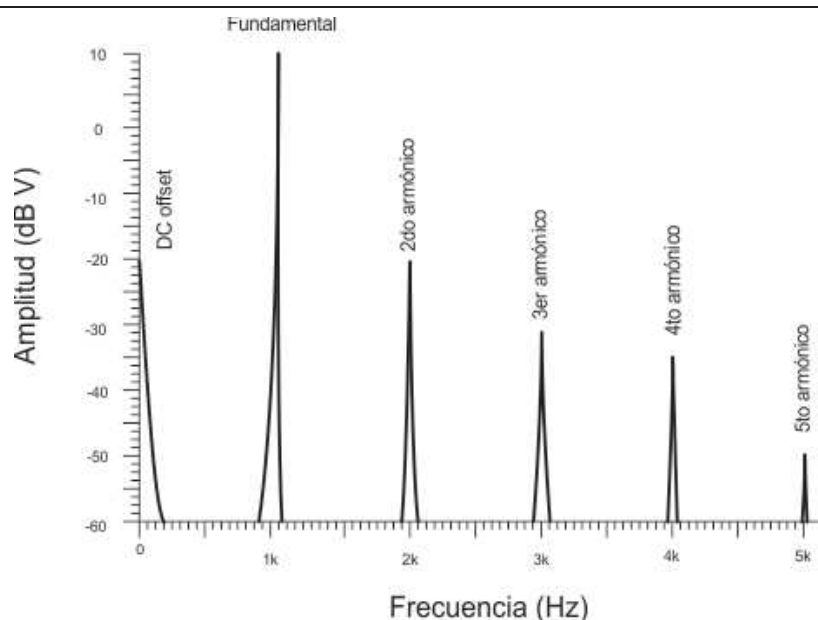


Figura 8. Típica distorsión armónica de un tríodo.

Tomado de Blencowe, 2009, p. 16.

La componente en frecuencia “DC offset” representa una señal AC pura. Esta señal se forma debido a la distorsión que sufre la onda en su amplificación por medio de tubos. Esta señal tiene además una gran influencia sobre el tono de un amplificador ya que cambia el punto de operación promedio de una válvula afectando su dinámica con el nivel de la señal, es decir que la válvula tiene un efecto similar a un compresor.

Según Blencowe la componente DC offset es la principal contribuyente para “el sonido a válvulas”, el cual es imposible ser emulado por circuitos de estado sólido. “Este tipo de distorsión armónica es típica de un sonido clásico de amplificación de válvulas al vacío.” (Blencowe, 2009, p. 16).

1.3.1.6.1 Cálculo de la distorsión armónica (H) y la distorsión armónica total (THD)

Distorsión armónica (H)

La distorsión armónica mide el porcentaje de distorsión de una onda al ser amplificada antes de ser distorsionada.

Matemáticamente bien definida por la siguiente ecuación:

$$H = \frac{V_{\min} - V_{\max}}{\#armonico(V_{\min} + V_{\max})} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

V_{\min} representa el voltaje valor absoluto de la amplitud del semiciclo negativo de una determinada frecuencia.

V_{\max} representa el voltaje valor absoluto de la amplitud del semiciclo positivo de una determinada frecuencia.

Distorsión armónica total (THD)

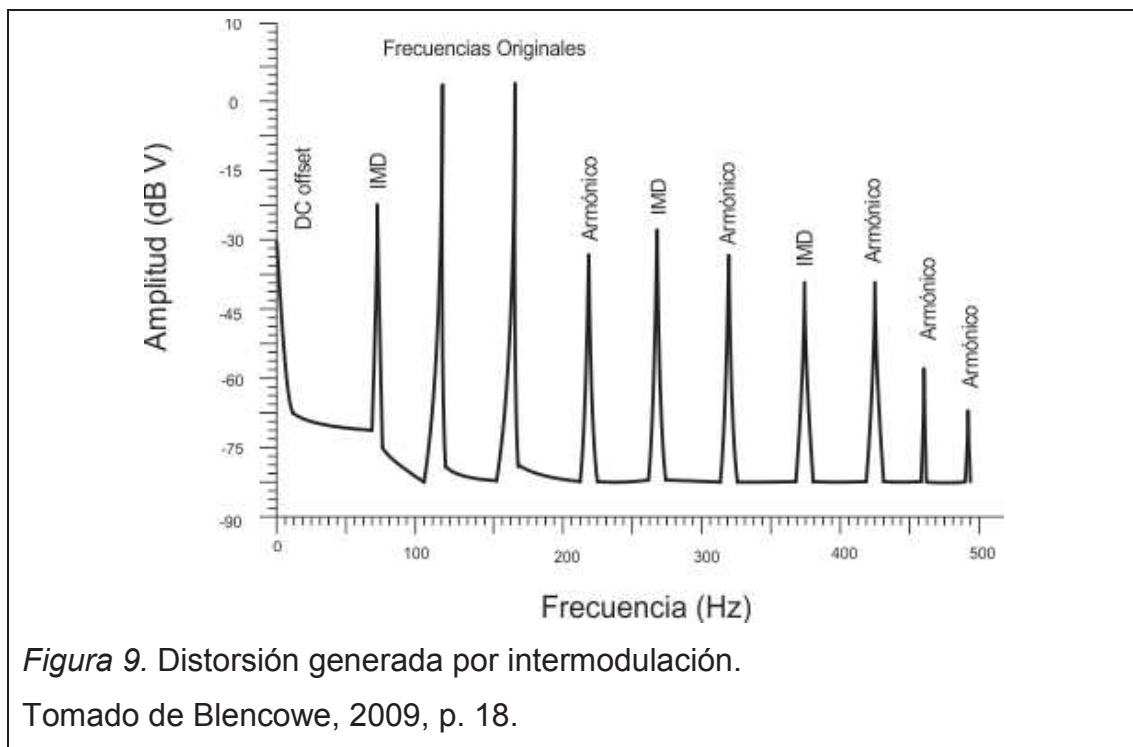
A diferencia de la distorsión armónica, la distorsión armónica total representa porcentualmente la distorsión de todos los armónicos que se le incrementan a una onda amplificada.

El cálculo se lo realiza mediante la siguiente expresión matemática:

$$THD = \frac{V_{ef \text{ armónicos}}}{V_{ef \text{ fundamental}}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

1.3.1.7 Distorsión por intermodulación

Se habla de distorsión por intermodulación cuando más de una frecuencia es aplicada al mismo tiempo en un circuito no lineal, aquí estas frecuencias interactúan entre sí para producir nuevas frecuencias que son la suma y diferencia de las originales, y también la suma y diferencia de todas las nuevas frecuencias producidas. Es decir la distorsión por intermodulación genera frecuencias que son la suma y la diferencia de todas las otras frecuencias, dando como resultado una distorsión compleja en el espectro.



“Este tipo de distorsión es bastante cuestionable en equipos de alta fidelidad porque podría ser disonante con relación al sonido original. En otras palabras se dice que un poco de distorsión por intermodulación suena “peor” que mucha distorsión armónica.” (Blencowe, 2009, p. 17).

1.4 Principios de electrónica

1.4.1 Circuitos eléctricos

“Para que la corriente fluya se necesita un circuito, el cual se define como una interconexión de elementos activos y pasivos donde la corriente que parte de una fuente retorna a la misma y luego de haber circulado por varios componentes.” (Villamar, 2011, p. 15).

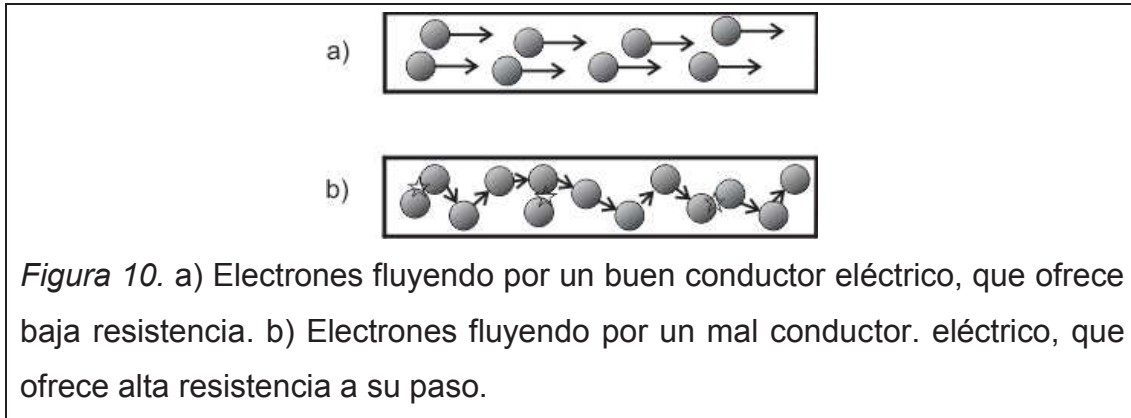
1.4.1.1 Componentes eléctricos

Los componentes o también llamados elementos eléctricos son pequeñas piezas fabricadas de materiales específicos que permiten manipular de mejor manera la corriente eléctrica. Y así poder armar circuitos electrónicos que realicen una función determinada.

1.4.1.1.1 Resistencias

Las resistencias son dispositivos que tienen una propiedad física llamada resistencia eléctrica, la cual se define como toda oposición que encuentra la corriente a su paso dentro de un circuito eléctrico cerrado, atenuando el flujo de los electrones. (Figura 10). Mientras menor sea la resistencia mayor será el flujo de electrones y sucede exactamente lo opuesto cuando la resistencia es mayor, entonces en este caso menor será el flujo de los electrones; cuando sucede esto los electrones chocan unos con otros liberando energía en forma de calor.

Las resistencias pueden estar fabricadas de diferentes materiales y dependiendo de estas también su calidad y costo, entre los materiales comunes para la fabricación de resistencias se tiene: metal, óxido de metal y carbón.



A la resistencia eléctrica como elemento eléctrico se lo representa dentro de un circuito mediante la siguiente figura. (Figura 11). La unidad de medida de la resistencia (R) es el Ohm (Ω), nombre atribuido por su descubridor Georg Simon Ohm.



1.4.1.1.2 Capacitores

Los capacitores son elementos que almacenan carga eléctrica basándose en fenómenos relacionados con campos eléctricos. Estos dispositivos están formados por dos conductores próximos entre sí, generalmente dos placas metálicas o armaduras paralelas; separados por una lámina de material dieléctrico; de tal modo que al conectarse a una fuente pueden estar cargados con el mismo valor, pero con signos contrarios.

Los capacitores pueden conducir corriente continua (DC), durante solo un instante (por lo que se dice que los capacitores, para las señales continuas, son como un cortocircuito), aunque funcionan bien como conductores en circuitos de corriente alterna, es decir que los capacitores son muy útiles cuando se debe impedir que la corriente continua (DC) entre en determinada parte de un circuito, pero si se quiere que pase la corriente alterna (AC).

Los principales materiales de fabricación de un capacitor son: mica plateada, cerámica, aluminio, plásticos y de tantalio. La unidad de medida de la capacitancia es el Faradio (F) y es común encontrar capacitores con valores de μF y pF .



Figura 12. Símbolo de un capacitor.

1.4.1.1.3 Inductores

Los inductores son elementos lineales y pasivos que pueden almacenar y liberar energía basándose en fenómenos relacionados con campos magnéticos. Todo inductor consiste en un enrollamiento de hilo conductor. (Figura 13). Mientras que la inductancia resultante, término atribuido por los científicos Faraday y Henry quienes investigaron a profundidad los fenómenos ocurridos en inductores, es directamente proporcional al número y diámetro de las espiras y a la permeabilidad del interior del enrollamiento, y es inversamente proporcional a la longitud de la bobina.

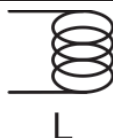


Figura 13. Símbolo de un inductor.

La inductancia se mide en Henrios (H) y se define, como la cantidad de inductancia presente si una diferencia de potencial de un Volt es inducida al cambio de corriente de un amperio por segundo.

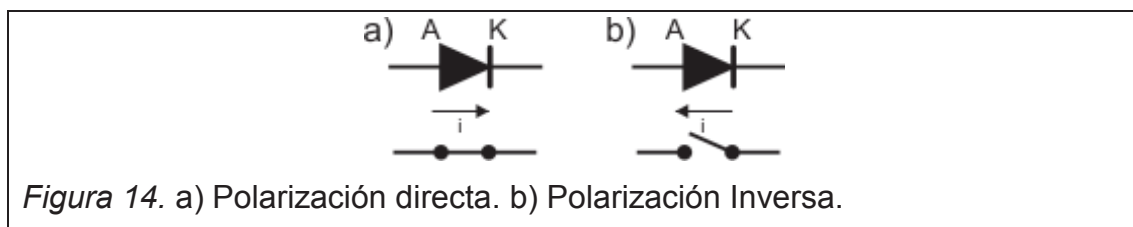
1.4.1.1.4 Diodos

Los diodos son componentes eléctricos que permiten el paso de la corriente eléctrica en un solo sentido. Los diodos constan de la unión de dos tipos de material semiconductor, uno tipo N (material que contiene mayor número de portadores de cargas negativas, electrones) y otro tipo P (material con mayor

número de portadores de cargas positivas, cargas positivas), separados por una juntura llamada barrera o unión. Esta barrera es de 0.3 Volts en diodos a base de germanio y de 0.6 Volts aproximadamente en el diodo de silicio.

Existen dos formas diferentes en las que un diodo puede actuar, polarización directa y polarización inversa.

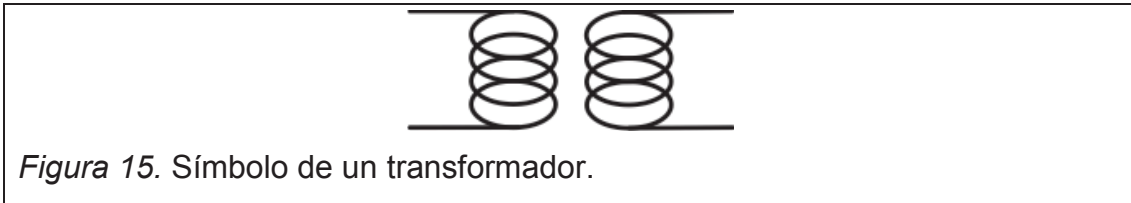
- Polarización directa.- Se habla de polarización directa cuando la corriente circula en sentido directo, es decir del ánodo A al cátodo K, (Figura 14 (a)). En este caso la corriente atraviesa el diodo con mucha facilidad comportándose como un corto circuito, es decir el diodo conduce.
- Polarización inversa.- Se habla de polarización inversa cuando la tensión negativa en bornes del diodo tiende a hacer pasar la corriente en sentido inverso, es decir del cátodo al ánodo, (Figura 14 (b)). Entonces la corriente no atraviesa el diodo, y se comporta prácticamente como un circuito abierto, por lo tanto el diodo se encuentra bloqueado.



1.4.1.1.5 Transformadores

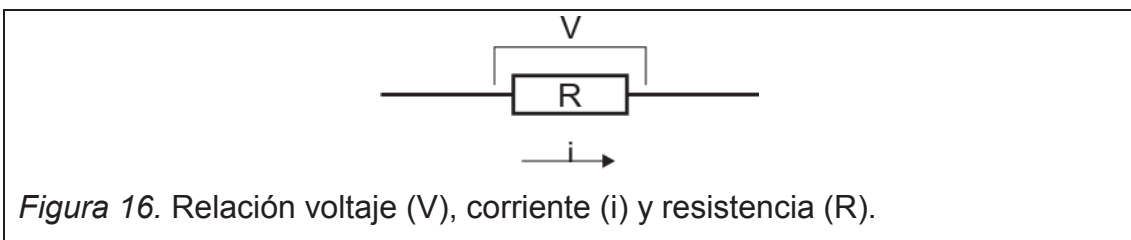
Un transformador es un dispositivo construido por dos o más bobinas, que transfiere energía de un circuito a otro por vía electromagnética. Los transformadores tienen como función principal el subir o bajar voltaje. Dependiendo de la función a cumplir los transformadores pueden tomar dos nombres: transformadores amplificadores o transformadores reductores.

Dentro de un diagrama eléctrico los transformadores son representados gráficamente con la siguiente figura.



1.4.1.2 Ley de Ohm

La ley de Ohm establece que existe una relación simple y fija entre la corriente (I) que atraviesa un dispositivo, el voltaje en sus extremos medido en Volts (V) y su resistencia (R).



Se define matemáticamente por la ecuación:

$$V = IR [V] \quad \text{Ecuación 7}$$

En donde el voltaje se encuentra medido en Volts (V), la corriente en Amperios (A) y la resistencia en Ohms (Ω).

1.4.1.3 La potencia

La potencia (W) es otra definición importante para el desarrollo y resolución de circuitos eléctricos al igual que la ley de Ohm esta también guarda relación con el voltaje, la corriente y la resistencia mediante las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$P = I^2 R \quad \text{Ecuación 8}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ecuación 9}$$

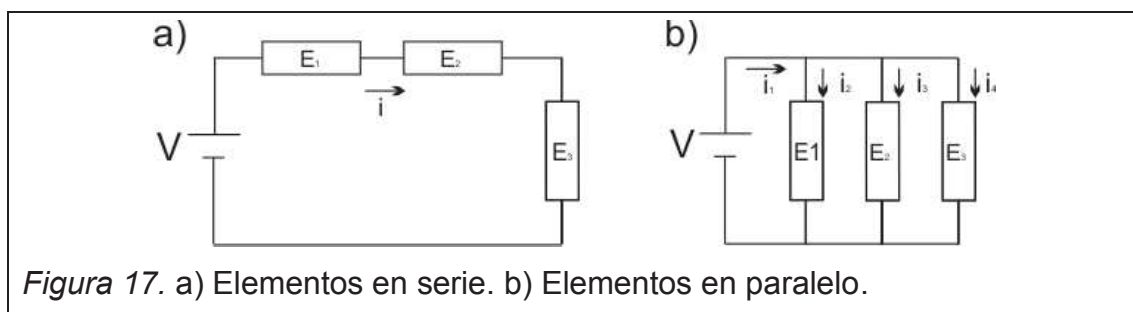
$$P = IV \quad \text{Ecuación 10}$$

1.4.1.4 Circuitos en serie y en paralelo

Dentro de los circuitos electrónicos se encuentran elementos presentados en serie, paralelo o una combinación de estos.

Se define una conexión en serie cuando los elementos que están dentro del lazo son ubicados uno detrás de otro y la corriente es distribuida equitativamente para cada elemento sin que necesariamente el voltaje lo sea. (Figura 17 (a)).

Por otro lado una conexión en paralelo es aquella en la que dos o más elementos electrónicos se relacionan entre sí uno junto al otro, compartiéndolos nodos de entrada y de salida, además tienen siempre el mismo voltaje pasando por cada uno pero diferente corriente. (Figura 17 (b)).



1.4.1.5 Impedancia de entrada y salida

La impedancia es un concepto relacionado directamente con el desempeño. Importante tanto para el diseño de circuitos como para la interconexión entre dispositivos. Dependiendo del contexto estas impedancias también pueden ser llamadas impedancia de la fuente o impedancia de carga.

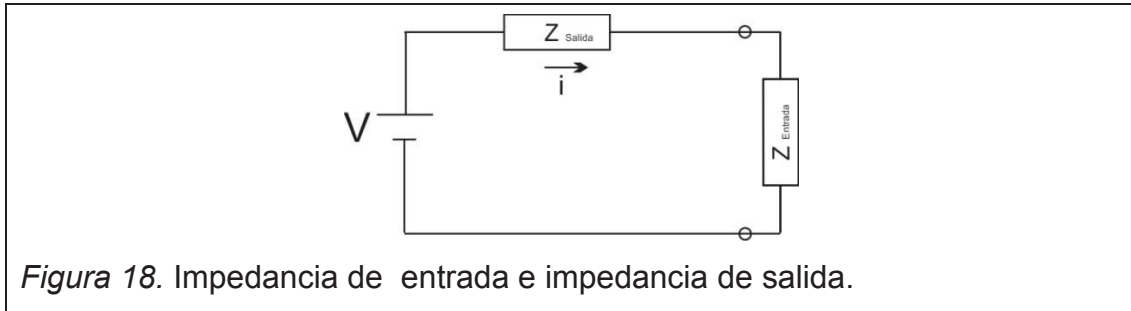


Figura 18. Impedancia de entrada e impedancia de salida.

El interés de cualquier dispositivo es siempre tener una transferencia óptima de voltaje, para lo cual la impedancia de entrada debe ser tan grande como sea posible respecto a la impedancia de salida. Y como mínimo se aspira que la impedancia de entrada sea mayor o igual a diez veces la impedancia de salida.

$$Z_{in} \geq 10 Z_{out}$$

Ecuación 6

El cálculo de la impedancia se realiza mediante las resistencias que componen un determinado circuito.

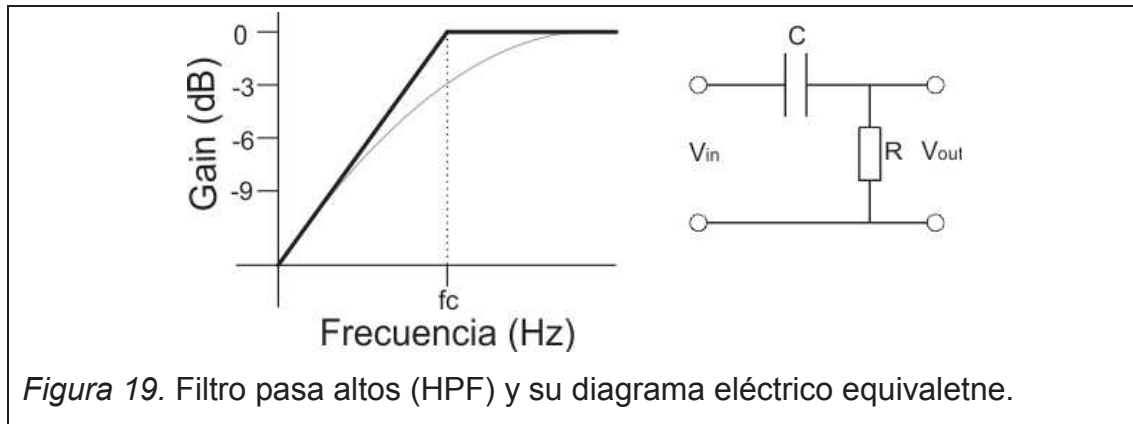
1.4.1.6 Filtros

El estudio de filtros es bastante amplio, debido a su infinidad de aplicaciones en electrónica. Se puede clasificar a los filtros por su construcción en dos tipos los filtros resistencia-capacitor (RC) y los filtros resistencia-inductor (RL). De estos dos tipos los más utilizados en etapas tempranas de audio son los filtros RC, esto debido a que presenta una cierta ventaja en cuanto a los filtros RL, estos últimos son evitados para trabajar con audio debido a que son extremadamente costosos para ser útiles, y son además extremadamente sensibles a interferencias causadas por corrientes y campos electromagnéticos paracitos.

Existen tres filtros simples; los filtros pasa bajos, los filtros pasa altos y los filtros pasa bandas, los cuales son muy utilizados en construcción y diseño de equipos de audio, tanto para tratar la señal como para limpiarla de ruidos indeseados.

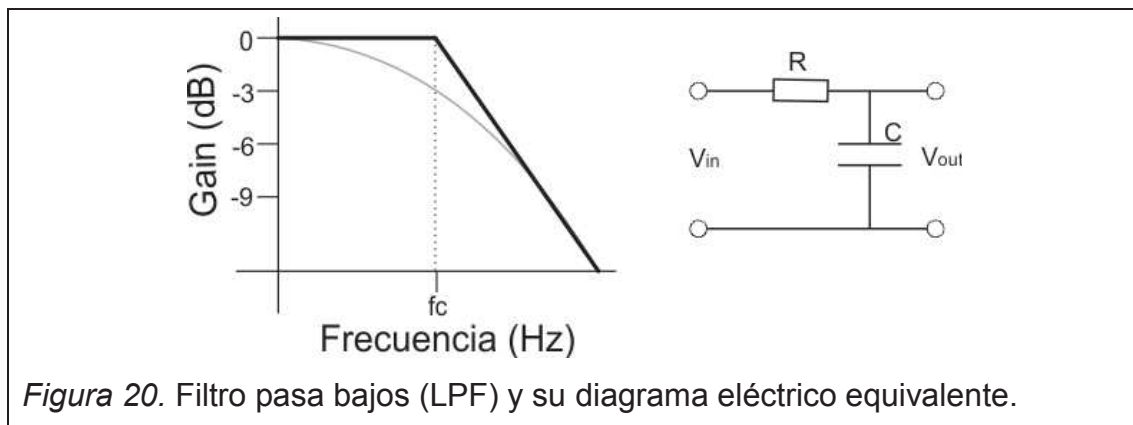
1.4.1.6.1 Filtro pasa altos (HPF)

Este tipo de filtro como su nombre lo indica permiten el paso de frecuencias altas, es decir a partir de una frecuencia base atenúa bajas frecuencias, dejando sin modificación las frecuencias superiores a la frecuencia base.



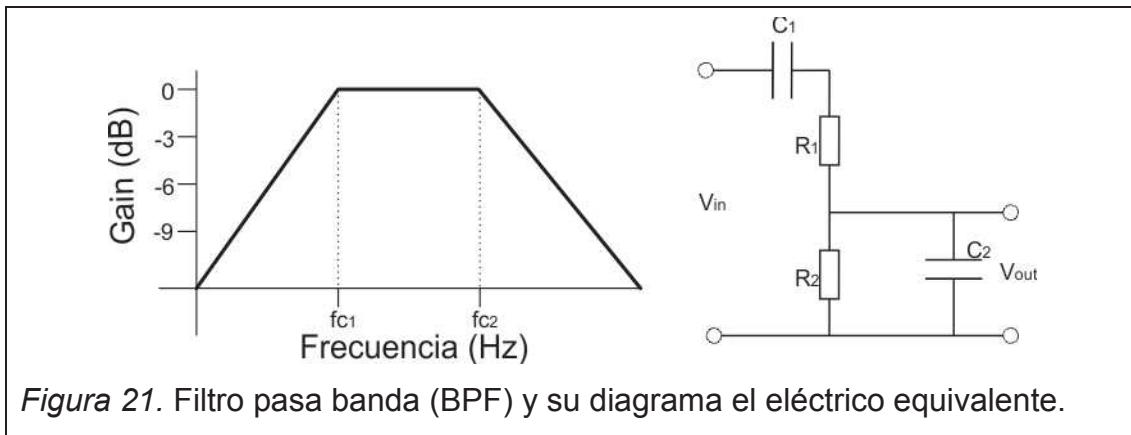
1.4.1.6.2 Filtros pasa bajos (LPF)

Este filtro funciona de manera opuesta a un HPF, es decir atenúa todas las frecuencias superiores a una frecuencia base, y permite el paso de frecuencias superiores a esta.



1.4.1.6.3 Filtro pasa bandas (BPF)

Este filtro consiste en la unión de los dos filtros anteriores. Al unir los dos filtros, un HPF y un LPF, se tiene dos frecuencias base o de corte, limitando de esta manera a un rango de frecuencias, las cuales no van a ser atenuadas.



1.4.1.7 Ecuaciones fundamentales

Para los cálculos y análisis de circuitos es importante conocer algunas otras ecuaciones que faciliten el desarrollo de circuitos electrónicos, a continuación se lista algunas ecuaciones utilizadas, las mismas que se derivan de la teoría antes expuesta.

Resistencias en serie:

$$R_{Total} = R1 + R2 + R3 + \dots \quad \text{Ecuación 7}$$

Resistencias en paralelo:

$$R_{Total} = \frac{1}{1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + \dots} \quad \text{Ecuación 8}$$

Capacitores en serie:

$$C_{Total} = \frac{1}{1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + \dots} \quad \text{Ecuación 9}$$

Capacitores en paralelo:

$$C_{Total} = C1 + C2 + C3 + \dots \quad \text{Ecuación 10}$$

Ganancia de voltaje expresada en decibeles:

$$dB = 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Frecuencia de corte de un filtro RC:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

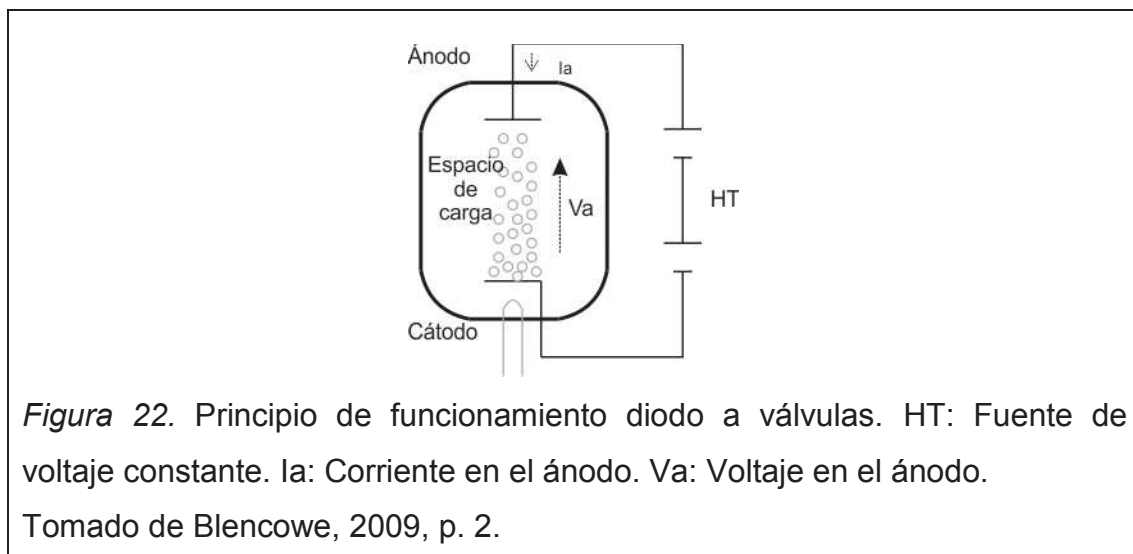
Ecuación 12

1.4.2 Tubos al vacío

1.4.2.1 Teoría básica de tubos al vacío

Una válvula termodinámica contiene dos o más electrodos suspendidos dentro de una bombilla de vidrio. Todo el aire dentro de la bombilla es removido durante la construcción dejando así un vacío dentro de dicha bombilla, es por esta razón que también se conoce a las válvulas como tubos al vacío.

El primero de estos electrodos es llamado “*cátodo*”, y normalmente está fabricado de níquel debido a que este material posee una alta resistencia al calor y además es fácil de soldar. La operación de este es muy sencilla; el paso de corriente a través de un cable de tungsteno calienta el cátodo, llegando a alcanzar temperaturas cerca de los 777 °C, entonces el cátodo desprende electrones a su alrededor, formando una nube electrónica llamada “espacio de carga”. (Figura 22). (Blencowe, 2009, p. 2).



A partir del funcionamiento del cátodo se van aumentando electrodos, aprovechando y brindando un mejor control sobre el espacio de carga.

1.4.2.2 Diodos

Se habla de un diodo al vacío o de un diodo termoiónico cuando dentro de una bombilla al vacío se tiene dos electrodos; el ya mencionado *cátodo* encargado de crear la nube electrónica (carga negativa) y uno nuevo llamado *ánodo* (carga positiva respecto al cátodo), el cual atrae los electrones desprendidos por el cátodo. Si voltaje del ánodo es negativo los electrones van a ser atraídos a este no fluirá corriente; por lo tanto la válvula es de un dispositivo de una sola vía o un diodo. (Figura 22).

1.4.2.3 Tríodos

En los tríodos se coloca un tercer electrodo entre el ánodo y el cátodo, con el fin de tener un control adicional sobre el flujo de electrones que se encuentra en el espacio de carga. A este tercer electrodo se lo denomina “rejilla de control”.

Si un voltaje positivo es aplicado en la grilla, los electrones en el espacio de carga van a ser atraídos por el campo magnético de la grilla, pero debido a que la grilla es un alambre muy fino, algunos electrones pasan a través de este hacia el campo electromagnético generado por el ánodo. Mientras que si la corriente generada por la grilla es negativa, se va a generar un campo electromagnético, que va a repeler los electrones logrando que se mantengan en el espacio de carga, entonces la corriente en el ánodo es restringida. (Figura 23).

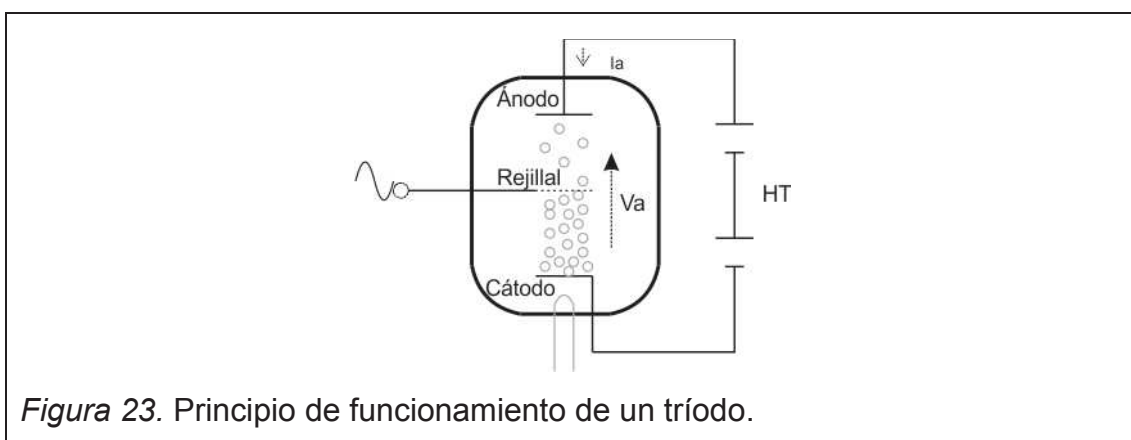
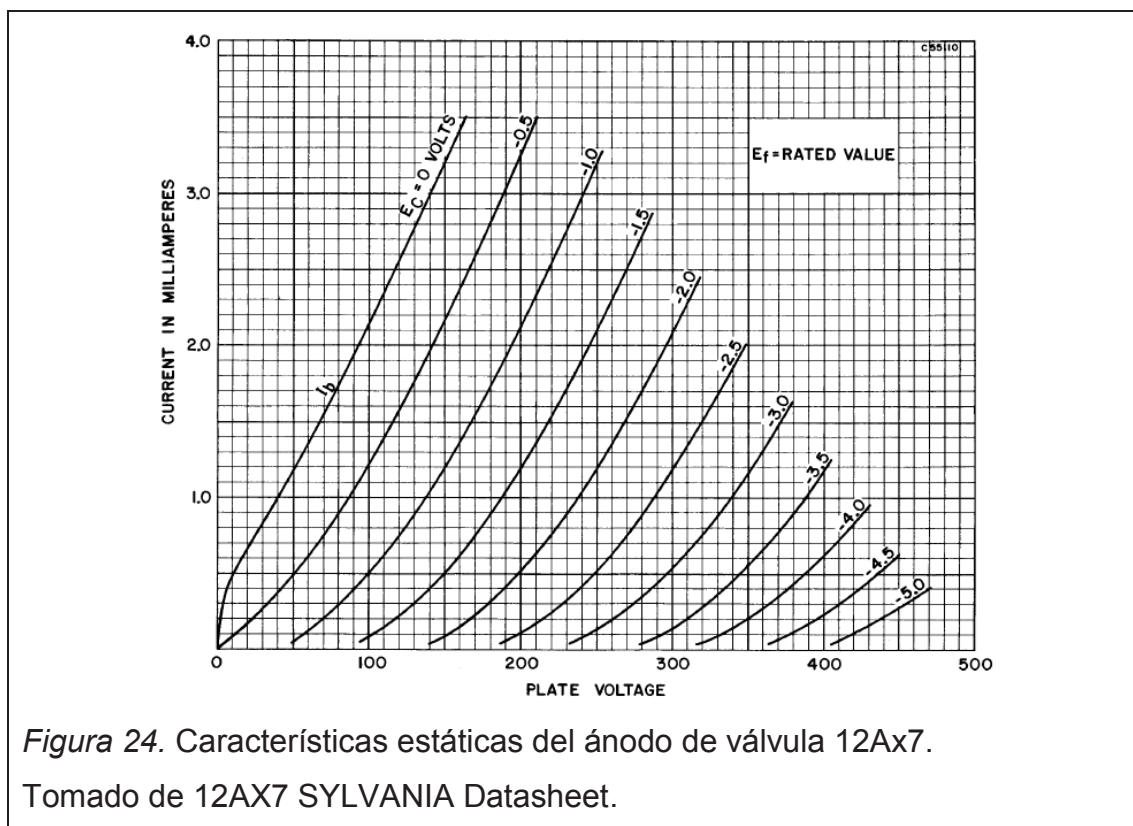


Figura 23. Principio de funcionamiento de un tríodo.

1.4.2.4 Características de los tubos

Hay tres características importantes en todos los triodos, llamadas por algunos autores como constantes de las válvulas. La resistencia del ánodo, el factor de amplificación y la transconductancia. Estas constantes son muy útiles a la hora de entender y analizar el comportamiento de un circuito, y comparar las posibles diferencias entre diferentes tubos. Todas estas características se derivan de una gráfica llamada “características estáticas del ánodo”, en donde se indica el comportamiento de corriente (I_a) y voltaje (V_a), en el ánodo, dependiendo del voltaje de la grilla (V_g).



1.4.2.4.1 Resistencia del ánodo (r_a)

La resistencia del ánodo viene definida como la inversa de la gradiente de la curva. (Ecuación 18). Esta resistencia presenta pequeñas variaciones en el ánodo; y debido a que la familia de curvas que presenta el voltaje en la grilla no son exactamente lineales, se habla de que esta constante es la menos constante de todas.

$$r_a = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \quad \text{Ecuación 13}$$

1.4.2.4.2 Factor de amplificación (μ)

El factor de amplificación de una válvula está definido como la relación de cambio en el voltaje del ánodo causado por un cambio en el voltaje en la grilla, para una corriente fija. (Ecuación 19). De una manera más sencilla se puede describir al factor de amplificación como la medida de que tan eficaz es la grilla controlando la corriente en el ánodo.

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} \quad \text{Ecuación 14}$$

Se puede observar en la gráfica que μ está relacionada con la separación de las curvas de la grilla, y en todas las curvas se mantiene una distancia promedio constante; es por eso que este factor se considera la constante más constante de todas. “Y lo que lo hace más interesante a este factor es que no se degrada con el paso del tiempo. Lo cual facilita en gran medida el diseño de circuitos.” (Blencowe, 2009, p. 7)

1.4.2.4.3 Transconductancia (g_m)

La transconductancia de una válvula se encuentra definida como la relación de un cambio en la corriente del ánodo causada por un cambio en el voltaje de grilla, con un voltaje en el ánodo constante.

$$g_m = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} \quad \text{Ecuación 15}$$

Las tres constantes de una válvula están relacionadas mediante la ecuación de Van Der Bijl. (Ecuación 21).

$$\mu = g_m * r_a \quad \text{Ecuación 16}$$

“Solamente g_m y μ necesitan ser encontradas en el gráfico mientras que r_a puede ser calculada. En una válvula con el tiempo, r_a tiende a incrementarse mientras que g_m decrece por lo tanto μ se mantiene relativamente constante.” (Blencowe, 2009, p. 8)

1.4.2.5 Ventajas y desventajas del uso de tubos al vacío en el audio

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los tubos al vacío.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad superior de sonido. ▪ Amplificación lineal, sin distorsión notoria sobre todo en pequeñas señales. ▪ En zonas de distorsión el recorte es suave por lo que su sonoridad es considerada bastante agradable. ▪ Gran tolerancia a sobrecargas y picos de voltaje. ▪ Características de funcionamiento altamente independientes de la temperatura en el contexto. ▪ Rango dinámico mucho más amplio que el de los transistores. ▪ El diseño de circuitos es menos complejo al no necesitar acoples de transistores de distintas órdenes y voltajes. ▪ El uso de del voltaje DC permite un manejo estable del sonido. ▪ Pueden ser fácilmente reemplazados por el usuario. ▪ La más importante, su sonido es más “cálido”. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Puede llegar a ser voluminosos y bastante frágiles. ▪ Se requieren voltajes altos generalmente peligrosos. ▪ Alto consumo de potencia. ▪ Hace más notorios los defectos sonoros de ciertos micrófonos. ▪ Se requiere gran trabajo en el diseño para la adaptación de impedancias, sobre todo en la salida. ▪ Tiene costos más altos en relación a lo que podría costar la tecnología de transistores. |

Tomado de Villamar, 2011, p. 54-55.

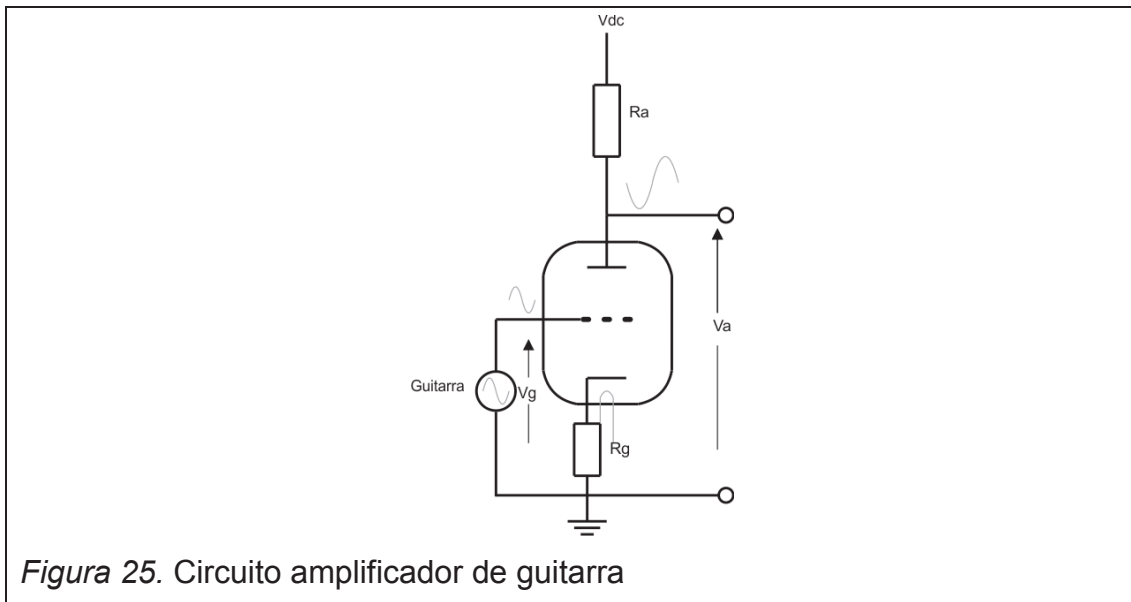
Tabla 4. Ventajas y desventajas de los transistores en audio.

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tamaño y peso menor, por lo tanto para fácil transporte. ▪ Un enorme circuito puede ser incluido dentro de un solo pequeño chip. ▪ Consume una pequeña cantidad de energía. ▪ Opera a niveles de voltaje más bajos y seguros, además de tener un bajo consumo eléctrico. ▪ El acople de impedancias es más fácil. ▪ Gran capacidad de resistencia del dispositivo completo a golpes o efectos del movimiento por causa de transporte o accidentes. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tendencia a una mayor distorsión en el sonido que en sus circuitos equivalentes en tubos. ▪ Circuitos de considerable complejidad que podrían derivar en retroalimentación. ▪ Falta de suavidad al actuar como compresores debido a cortes bruscos en etapas límites. ▪ La capacidad de trabajo del transistor frente a voltajes externos tiende a disminuir. ▪ Características tolerancia poco fiables en diseños ensamblados. ▪ Alta afección de la temperatura sobre el dispositivo y por tanto sobre el sonido final, el transistor es severamente afectado por el recalentamiento mientras el tubo soporta de mejor manera. ▪ Pobre producto sonoro frente al ingreso de señales con sobre voltajes o picos. ▪ Se pueden ver afectados por señales de radio que pueden interferir con la señal de audio manejada originalmente. |

Tomado de Villamar, 2011, p. 55-56.

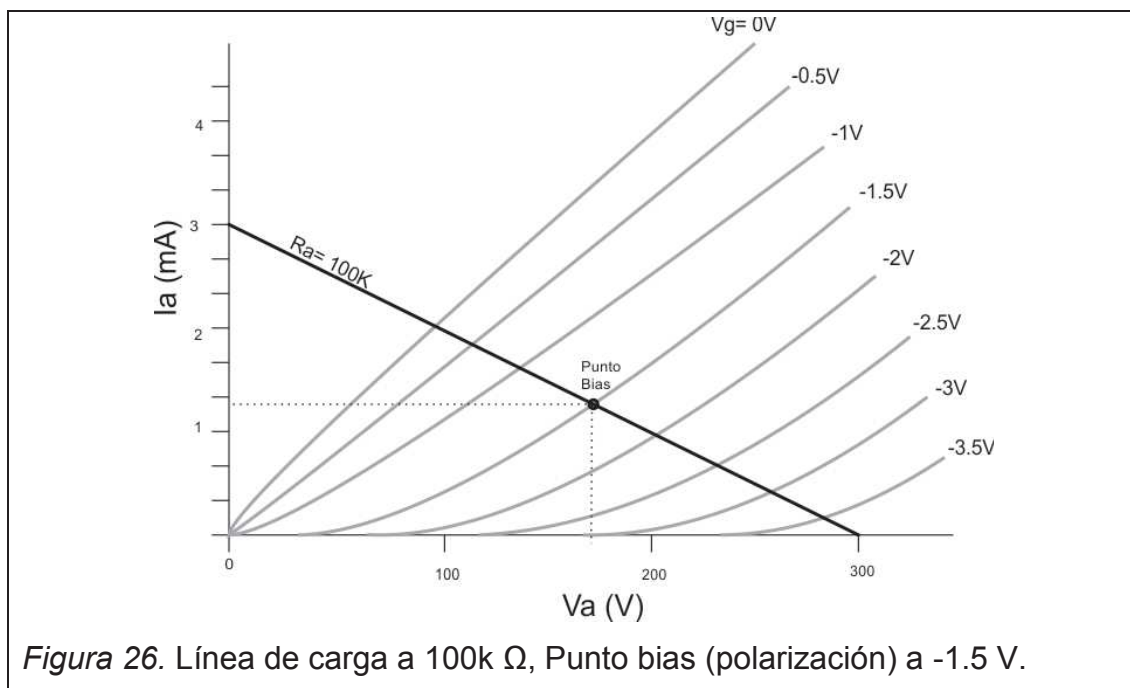
1.5 Circuito preamplificador de guitarra

El circuito preamplificador de guitarra se basa de manera sencilla en el uso de un triodo. Siendo la señal de audio un voltaje generado por una guitarra eléctrica la cual alimenta la rejilla. El voltaje que ingresa a la rejilla (V_g), genera un campo electromagnético negativo alrededor de la rejilla, la cual controla el paso de los electrones desprendidos por el cátodo, regulando así mayor o menor cantidad de corriente en el ánodo. Esta variación de corriente generada en el ánodo en conjunto con la resistencia de carga (R_a), genera un voltaje de salida (V_a) de similares características al voltaje de entrada (V_g), pero con la única diferencia que este está invertido y con mayor amplitud, es decir la señal de la guitarra amplificada.



1.5.1 Línea de carga

La línea de carga viene determinada por la resistencia de carga, y establece todos los posibles voltajes y corrientes en un circuito amplificador. Para el análisis, se calcula mediante la ley de Ohm con los valores de R_a y V_a conocidos o planteados en el diseño, para posteriormente sobreponer la línea de carga sobre las curva de características estáticas del ánodo.



1.5.2 Polarización (*Biasing*)

Otro factor importante para el diseño de un amplificador es el punto de polarización del circuito. La polarización o *biasing* es un punto en la línea de carga sobre el cual el circuito trabaja, es decir el punto base o de reposo de todo el circuito amplificador. (Figura 26).

1.6 Topología de un preamplificador de guitarra

El uso de diagramas de bloque puede simplificar la arquitectura o topología de un preamplificador de guitarra. Además ayuda a esclarecer el camino que sigue la señal de audio dentro de un preamplificador.

Entre la infinidad de formas que se podría clasificar la topología de los preamplificadores de guitarra Blencowe menciona dos formas sencillas y similares de clasificación. La primera es la manera formal la cual los cataloga al preamplificador por su ganancia, es decir tiene un enfoque eléctrico y una segunda forma llamada informal por su uso práctico en diferentes géneros musicales.

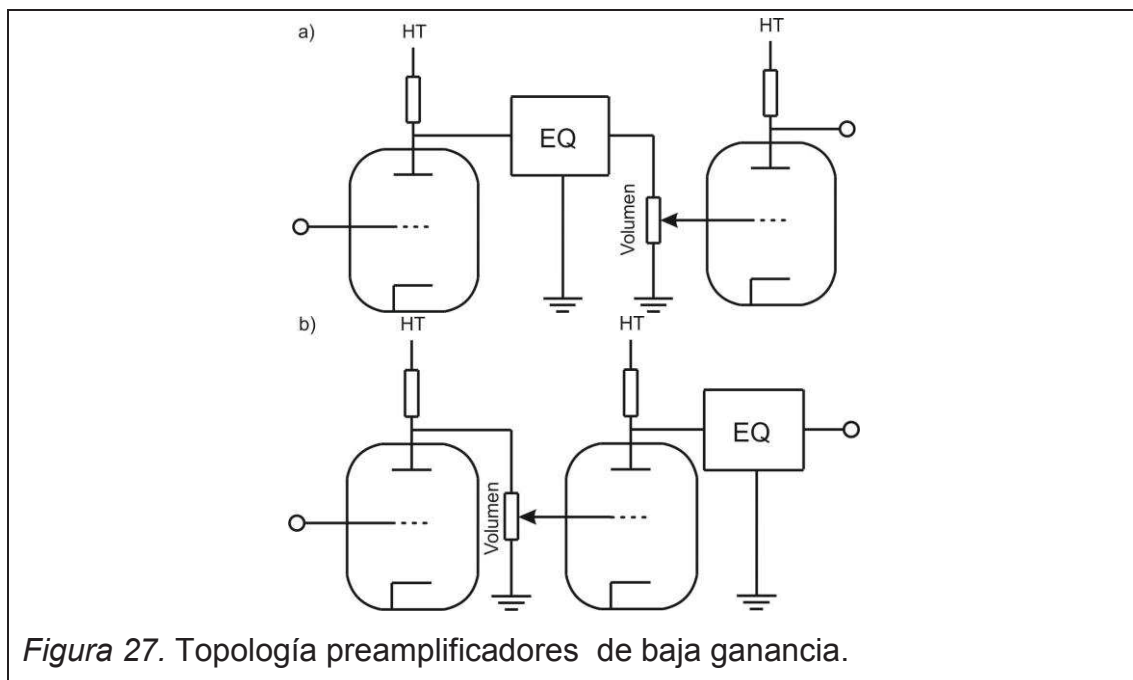
En la siguiente tabla se establece cierta relación entre estas dos clasificaciones entre la formal y la informal.

Tabla 5. Clasificación preamplificadores.

| Formal | Informal | Características |
|----------------------------|----------------------------|--|
| Baja ganancia | Jazz, Blues. | Señal limpia, casi sin clípeos. |
| Mediana ganancia | Rock and roll, Blues rock. | Señal con clípeos constantes, clásico sonido de "overdrive". |
| Alta y ultra alta ganancia | Rock, Metal, Heavy metal. | Señal completamente distorsionada, clípeos muy fuertes, forma de onda cuadrada |

1.7 Preamplificador de baja ganancia

Estos preamplificadores poseen la topología más sencilla de todas, los únicos parámetros que se puede modificar en estos diseños son ecualización y volumen. Siendo la ubicación del ecualizador (EQ) siempre una variable a criterio del diseñador. Es importante notar que dependiendo de dónde se coloque el EQ se obtiene diferentes resultados de amplificación en la señal de audio.



1.8 Preamplificador de mediana ganancia

El preamplificador de mediana ganancia, no varía mucho del diseño de baja ganancia. A este nuevo diseño se le añade una etapa de amplificación

adicional, con la cual se tiene un nuevo parámetro para manipular la señal de audio, el cual se le conoce como “*gain*” o ganancia. La ganancia no es nada más que el parámetro volumen del diseño de baja ganancia, pero cambia de nombre debido a la función que desempeña en este nuevo diseño. El parámetro volumen cumple la función de aumentar el nivel de la señal, mientras que el parámetro ganancia aumenta el nivel pero para llevar a la señal a un “*clípeo*”, generando así la característica sonora del *overdrive*.

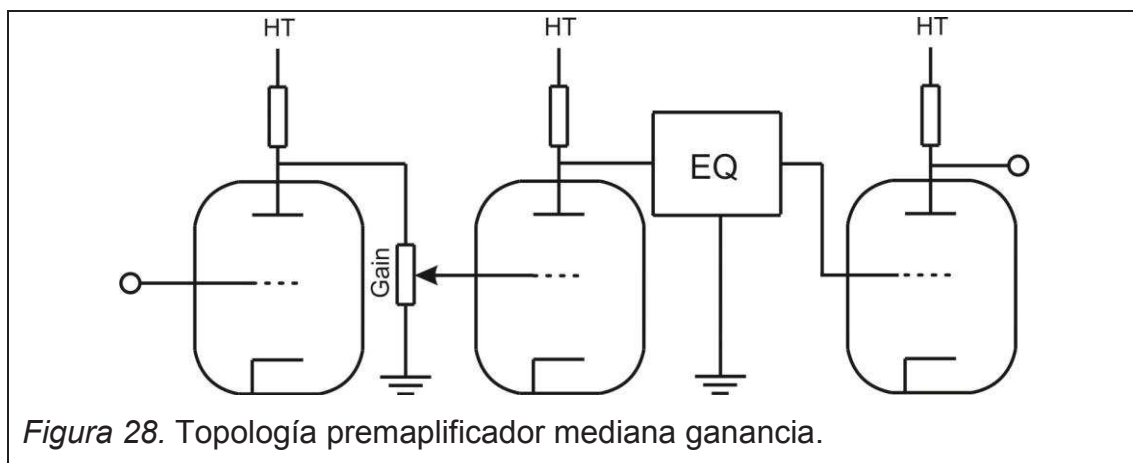
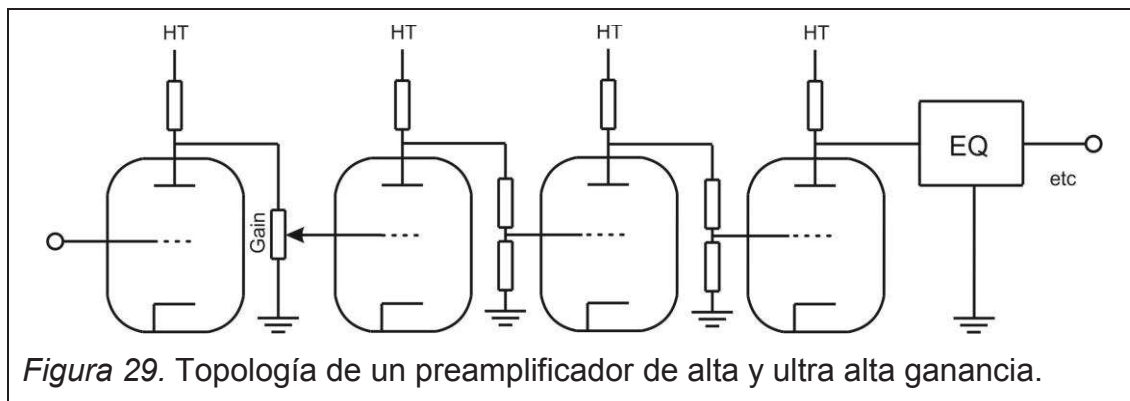


Figura 28. Topología preamplificador mediana ganancia.

1.9 Preamplificador de alta y ultra alta ganancia

Se habla de preamplificadores de alta y ultra alta ganancia cuando a un preamplificador de mediana ganancia se le añade una o más etapas de amplificación en su diseño. El único problema que presenta este tipo de diseños es que al tener tantas etapas de amplificación y aumentar la ganancia también estamos aumentando el ruido de fondo, convirtiéndose en una constante molesta en el sonido final del preamplificador. Sin embargo la solución para este tipo de diseños es el uso de puertas de ruido dentro del diseño.



1.10 Conectores de audio

Existen dos formas de llevar señal de audio; la primera por medio de conexiones balanceadas, muy comunes en audio profesional; y no balanceadas que son las más utilizadas en instrumentos musicales y audio semi-profesional.

Las conexiones no balanceadas, llevan la señal a través de un cable de dos conductores, conectados a conectores de dos pines. Entre los conectores más comunes se tiene los RCA y los TS.

Por otro lado se tiene las conexiones balanceadas, las cuales llevan señal a través de tres conductores, en dos de ellos llevan la señal de audio pero uno lleva la señal con la polaridad invertida. Este tipo de conexiones tiene conectores de tres pines, los conectores más usados son el XLR-3 y TRS.

Cabe mencionar que conectores de tres pines también pueden llevar señal no balanceada.

1.10.1 Conector TS

Es el conector estándar de conexión de línea no balanceado, llamado TS por sus siglas en inglés "*Tip-Sleeve*", comúnmente se presenta en instrumentos (guitarra, bajo, sintetizadores), amplificadores y preamplificadores.

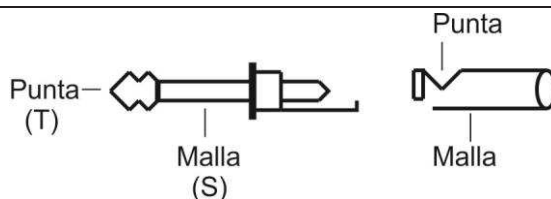


Figura 30. Configuración de conectores TS macho y hembra.

1.10.2 Conector TRS y XLR-3

Conectores estándar para aplicaciones de audio profesional. Al igual que el conector TS sus nombres se derivan de sus siglas en inglés *Tip-Ring-Sleeve* (TRS) y *External-Live-Return* (XLR-3), el 3 hace referencia a los tres pines que posee. Al poseer un tercer pin exclusivo para tierra hace que a estos conectores sean buenos aislando el ruido.

En el conector XLR-3 es habitual asignar los terminales según el código AES que indica 2 para la señal positiva (fase), 3 para la señal negativa (contra fase) y 1 para la malla (puesta a tierra).

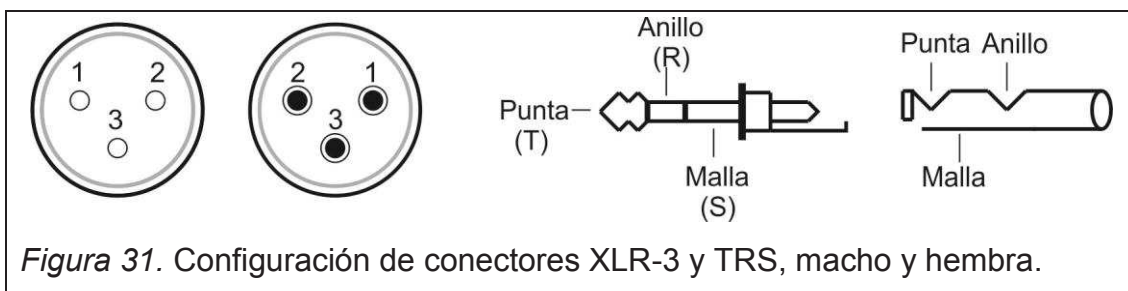


Figura 31. Configuración de conectores XLR-3 y TRS, macho y hembra.

2 Desarrollo

2.1 Selección de preamplificadores a emular

Para la selección de los preamplificadores a construir se considera principalmente que los diagramas eléctricos estén disponibles en bibliografía o de acceso libre en la red para realizar el análisis respectivo (Anexo 2). Los preamplificadores seleccionados fueron el Marshall JCM 800 y el Fender Champ 5E1, cuya principal característica es que su circuitería es relativamente sencilla y sus componentes son de fácil acceso en el mercado.



Figura 32. Amplificador Marshall JCM800.

Recuperado el 04 de Octubre del 2014 de <http://www.marshallamps.com/products/amplifiers/vintage-re-issues/jcm800-2203/>

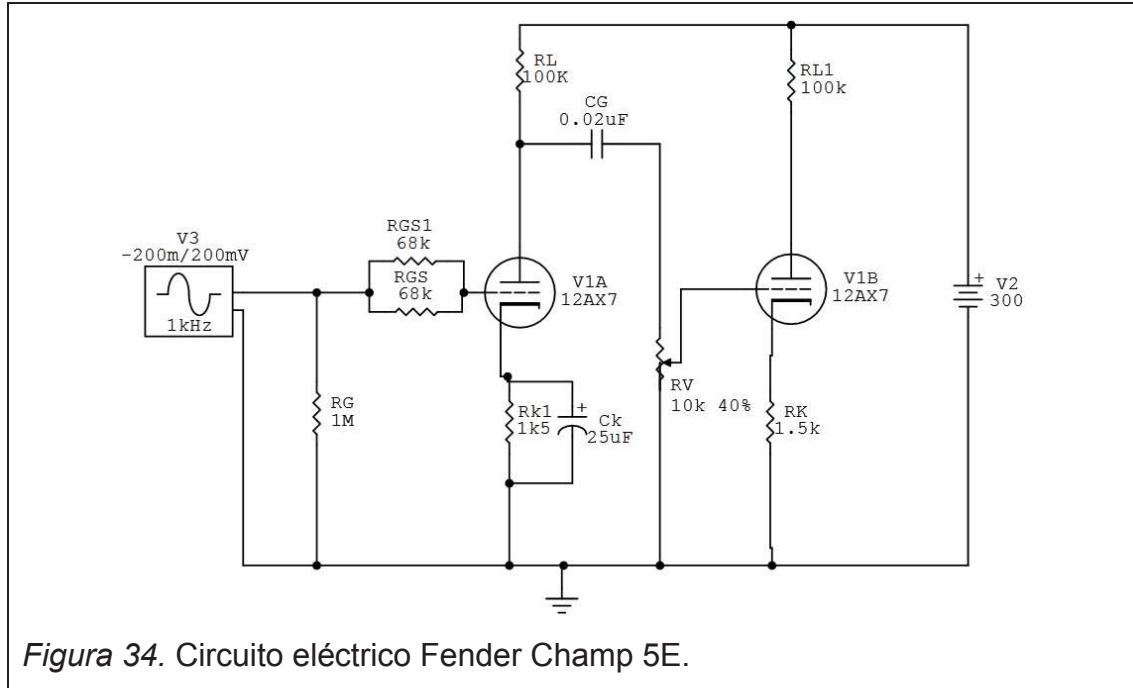


Figura 33. Amplificador Fender Champ 5E1.

Recuperado el 04 de Octubre del 2014 de <http://www.gbase.com/gear/fender-champ-5e1-1957-tweed>

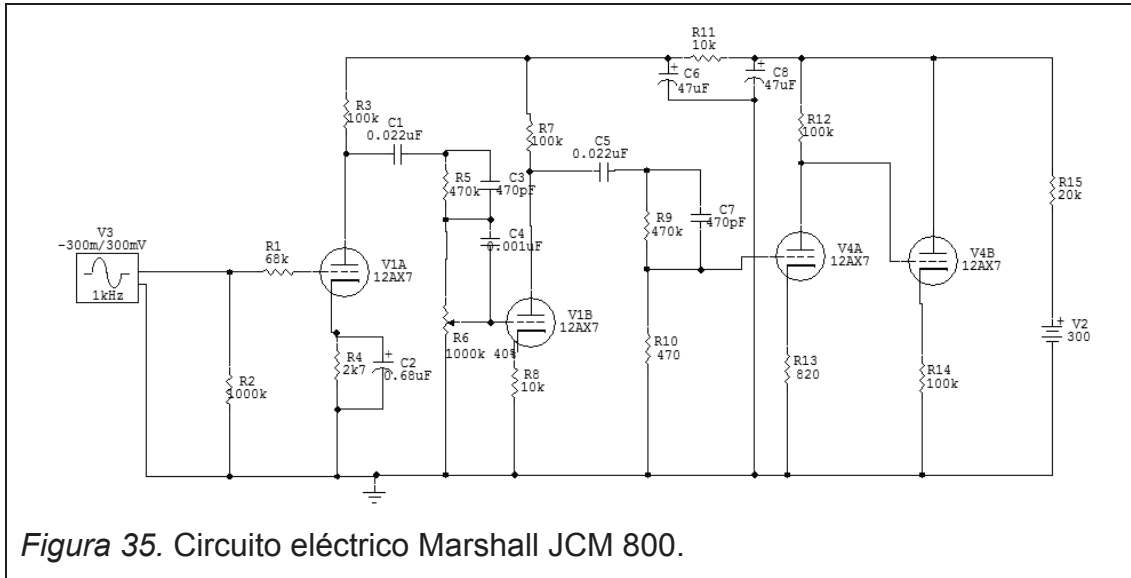
2.1.1 Circuito eléctrico Fender Champ 5E1

El Fender Champ 5E1 es conocido por ser uno de los preamplificadores más básicos en circuitería. Se lo considera un preamplificador de baja ganancia.



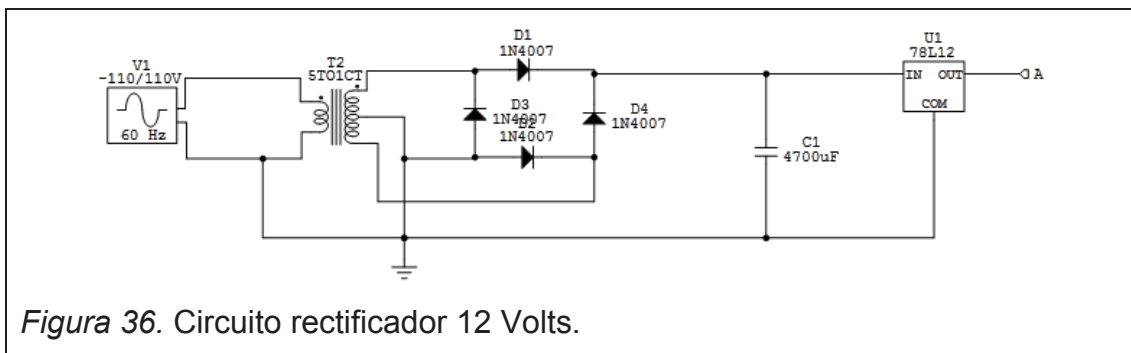
2.1.2 Circuito eléctrico Marshall JCM 800

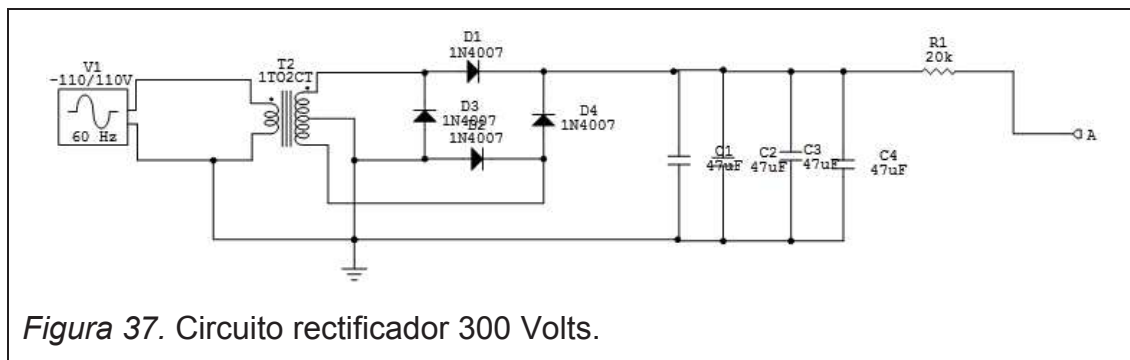
El preamplificador del Marshall JCM 800, se presenta como un preamplificador de alta ganancia. Sus varias etapas de amplificación hacen que su circuitería sea mucho más compleja que la presentada en el Fender Champ E51.



2.1.3 Circuitos rectificadores de voltaje

Los rectificadores seleccionados para el diseño del preamplificador es uno de 300 Volts para el ánodo y uno de 12 Volts en el cátodo para la polarización, pese a que se puede implementar rectificadores genéricos, durante la recopilación de información se consigue identificar el diseño que utiliza el Marshall JCM 800.





Por otro lado el circuito del Fender Champ 5E1 no trabaja con este voltaje de corriente continua para la resistencia de carga en el ánodo, y funciona con un voltaje de 260 Volts DC; sin embargo las especificaciones de las válvulas 12AX7 indican que trabajan de manera óptima con voltajes de hasta máximo 300 Volts. (Ver Anexo 3). Por lo tanto el uso del rectificador de 300 Volts para la resistencia de carga se considera adecuado utilizarlo como fuente para los dos preamplificadores. Sin embargo esto conlleva pequeñas alteraciones en el diseño final, las mismas que serán analizadas más adelante.

2.2 Simulación de circuitos

Para esta etapa se acude a dos programas de diseño y simulación electrónica; Proteus y CircuitMaker 2000. El programa Proteus cuenta con las librerías necesarias para la simulación de cada una de las distintas partes que forman el preamplificador, además este programa facilita el análisis y la experimentación antes del diseño final y la implementación. Por otro lado las librerías del programa CircuitMaker 2000 no son tan amplias y precisas como en el programa Proteus pero resulta más rápido y sencillo simular debido a que muchas de las conexiones del circuito se simplifican.

2.2.1 Simulación de circuitos rectificadores

Pese a que no forman parte del preamplificador, los circuitos rectificadores son parte esencial para el circuito de amplificación, por lo tanto la simulación de estos circuitos es el primer paso para el diseño y construcción del preamplificador.

Para la simulación de los rectificadores se usa únicamente el programa ISIS de Proteus, ya que en el programa CircuitMaker 2000 las librerías para transformadores de voltaje resultan limitadas para simular los circuitos correctamente.

2.2.1.1 Simulación rectificador de 12 Volts

Este rectificador es el encargado de calentar o encender la válvula, proveyendo el voltaje necesario al cátodo.

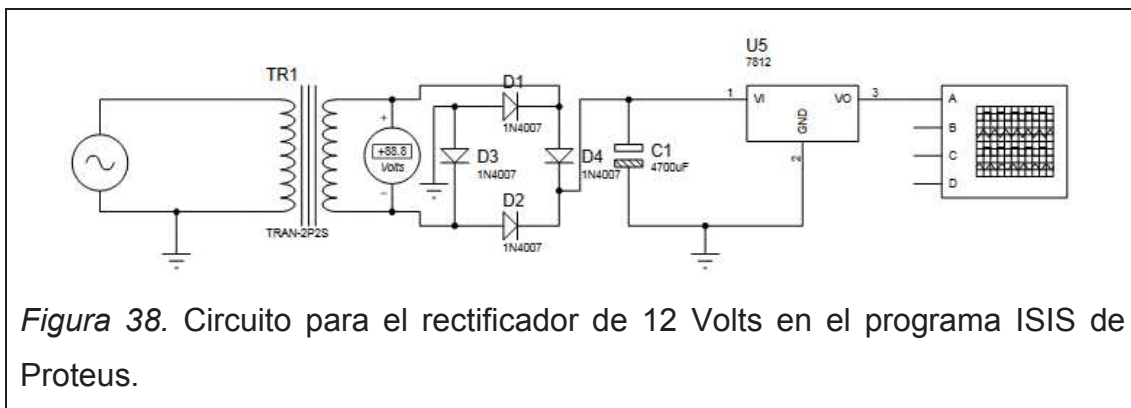


Figura 38. Circuito para el rectificador de 12 Volts en el programa ISIS de Proteus.



Figura 39. Simulación con el osciloscopio digital del programa ISIS de Proteus.

2.2.1.2 Simulación rectificador de 300 Volts

Este rectificador provee el voltaje necesario para polarizar la válvula, es decir en conjunto con la resistencia de carga (R_a), determina la línea de carga de las diferentes etapas de amplificación.

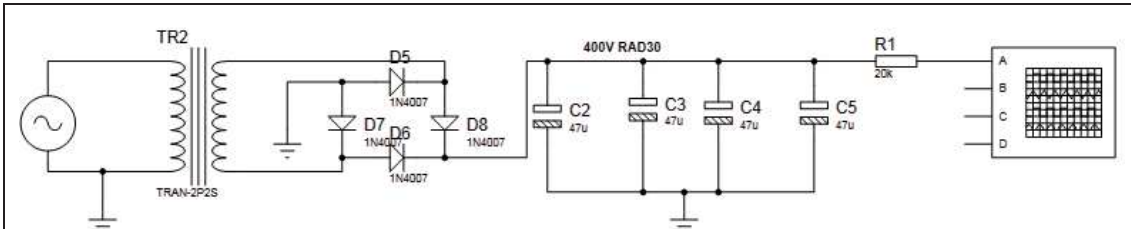


Figura 40. Circuito para el rectificador de 300 Volts en el programa ISIS de Proteus.

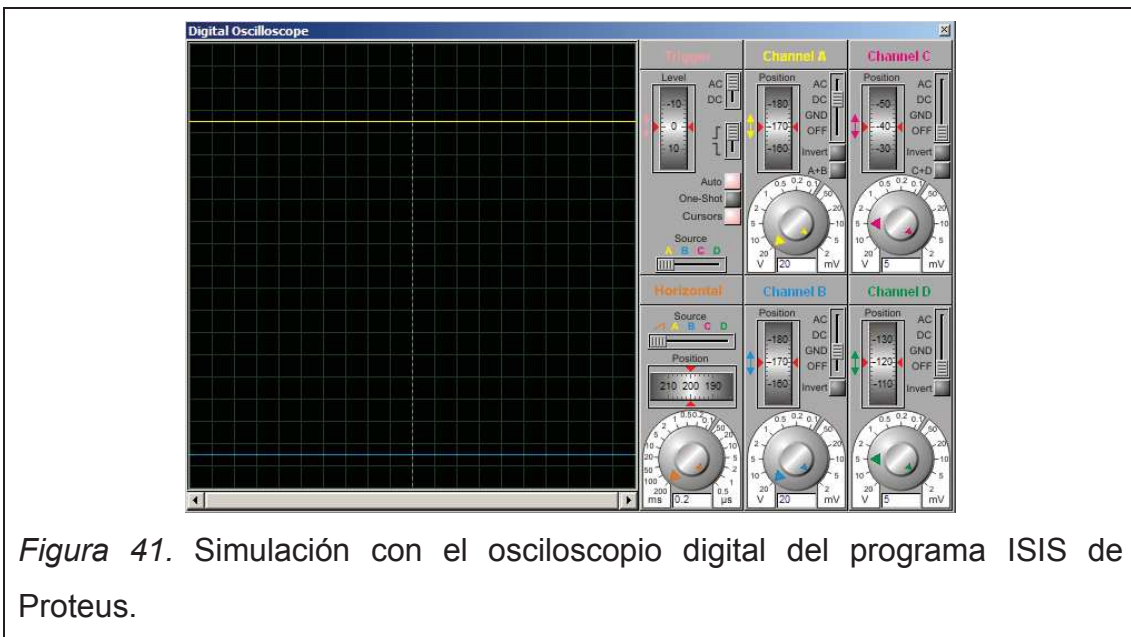
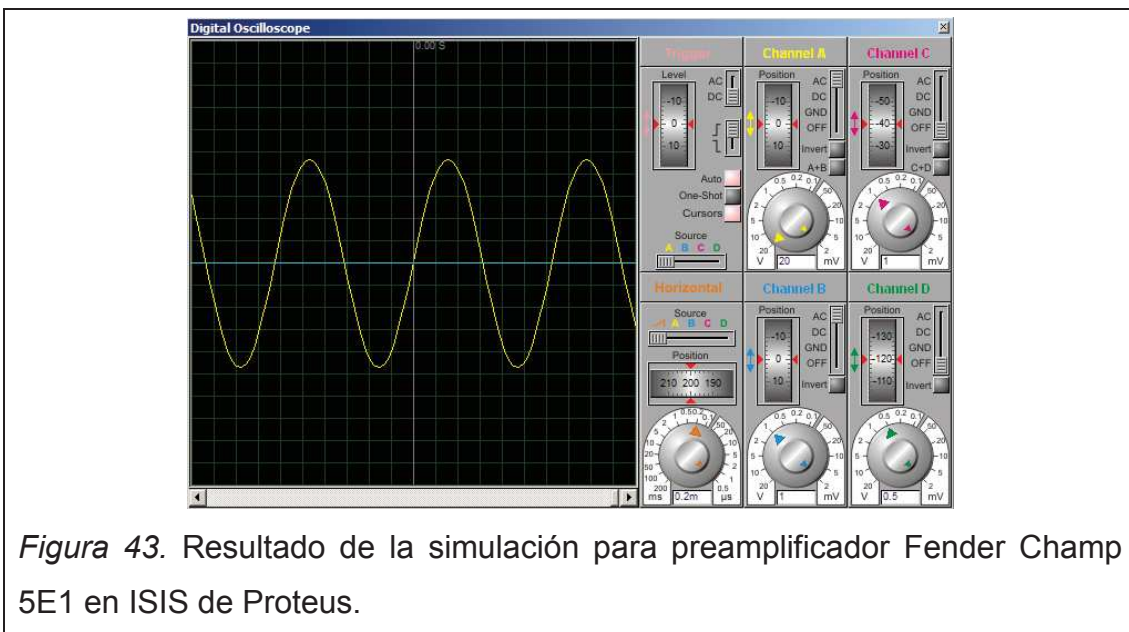
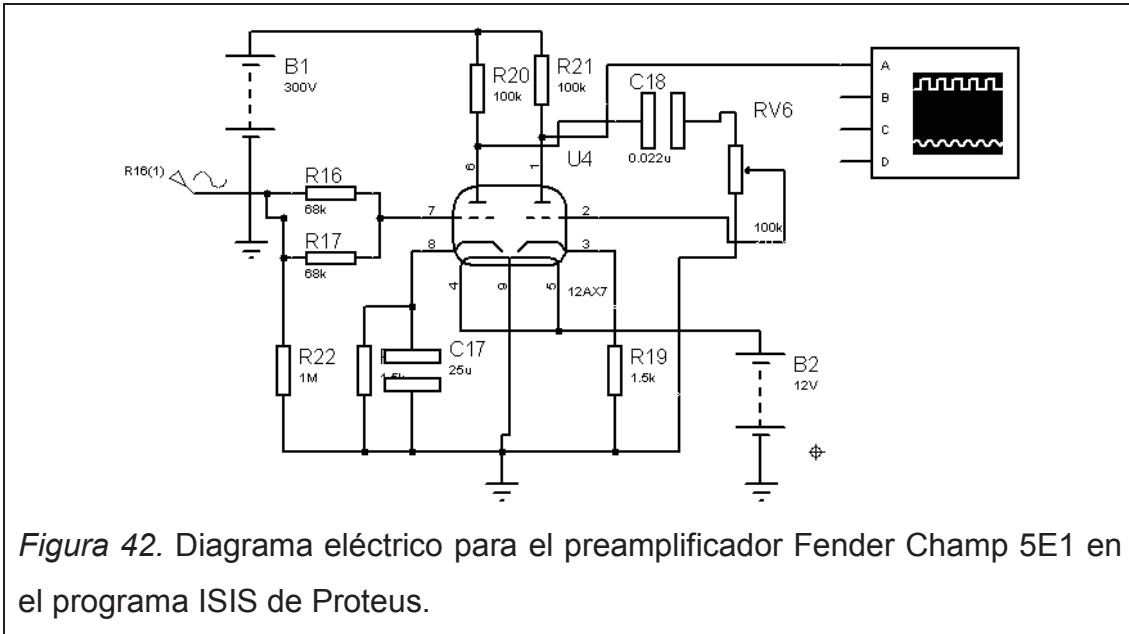
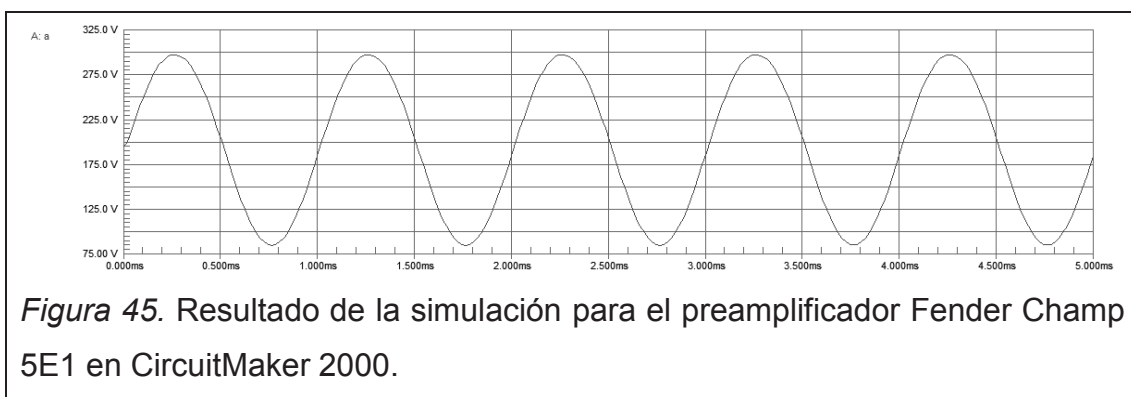
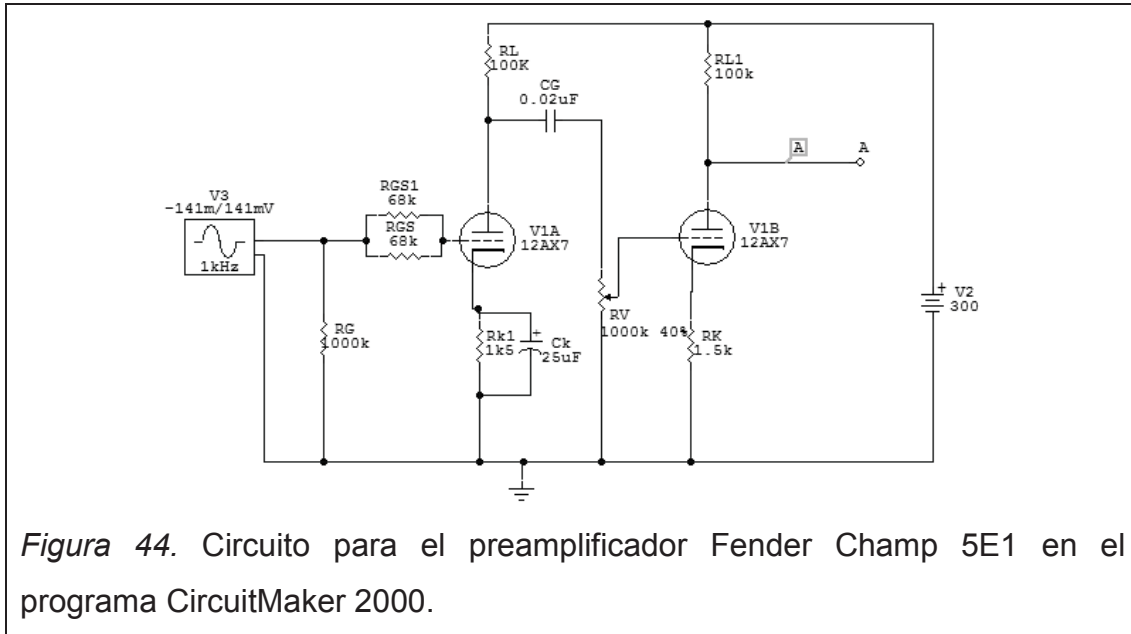


Figura 41. Simulación con el osciloscopio digital del programa ISIS de Proteus.

2.2.2 Simulación preamplificador Fender Champ 5E1

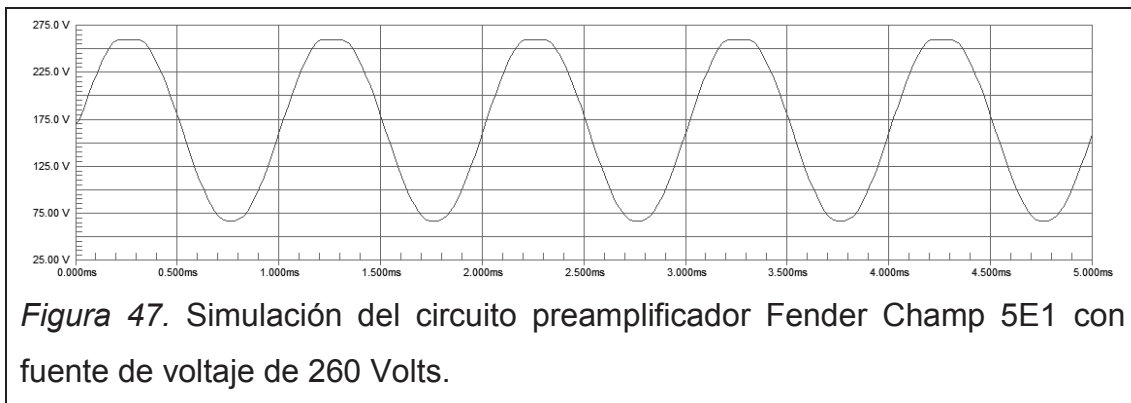
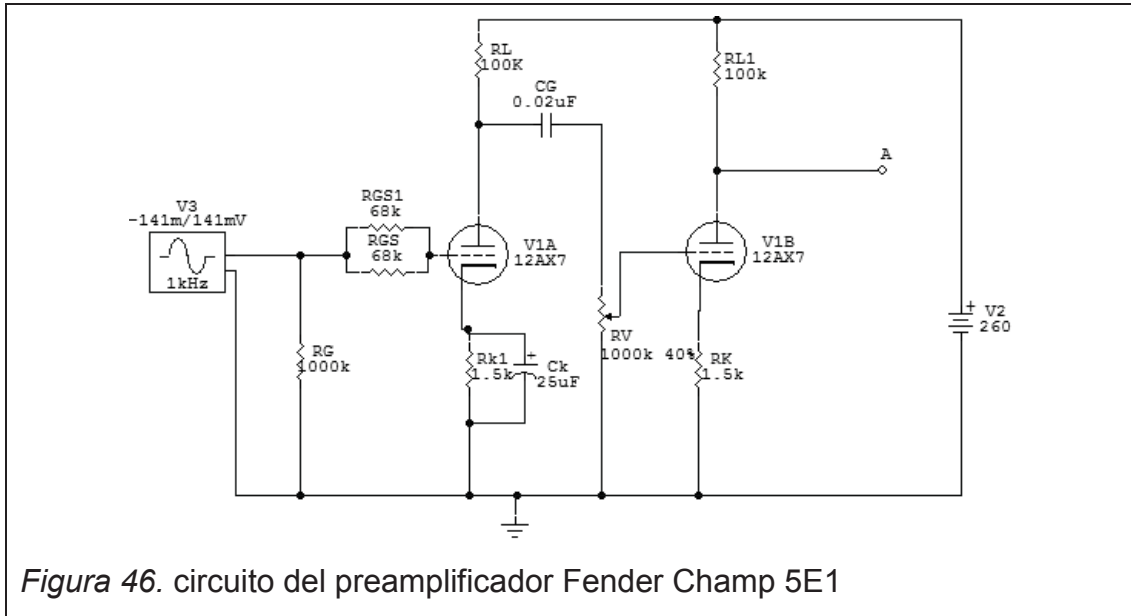
Pese a que las etapas de rectificación son necesarias y ya fueron simuladas, no se las toma en cuenta en la simulación del preamplificador con el objetivo de simplificar un poco el diagrama en el simulador. En esta simulación se reemplazan por baterías de voltaje constante, las cuales cumplen la misma función.

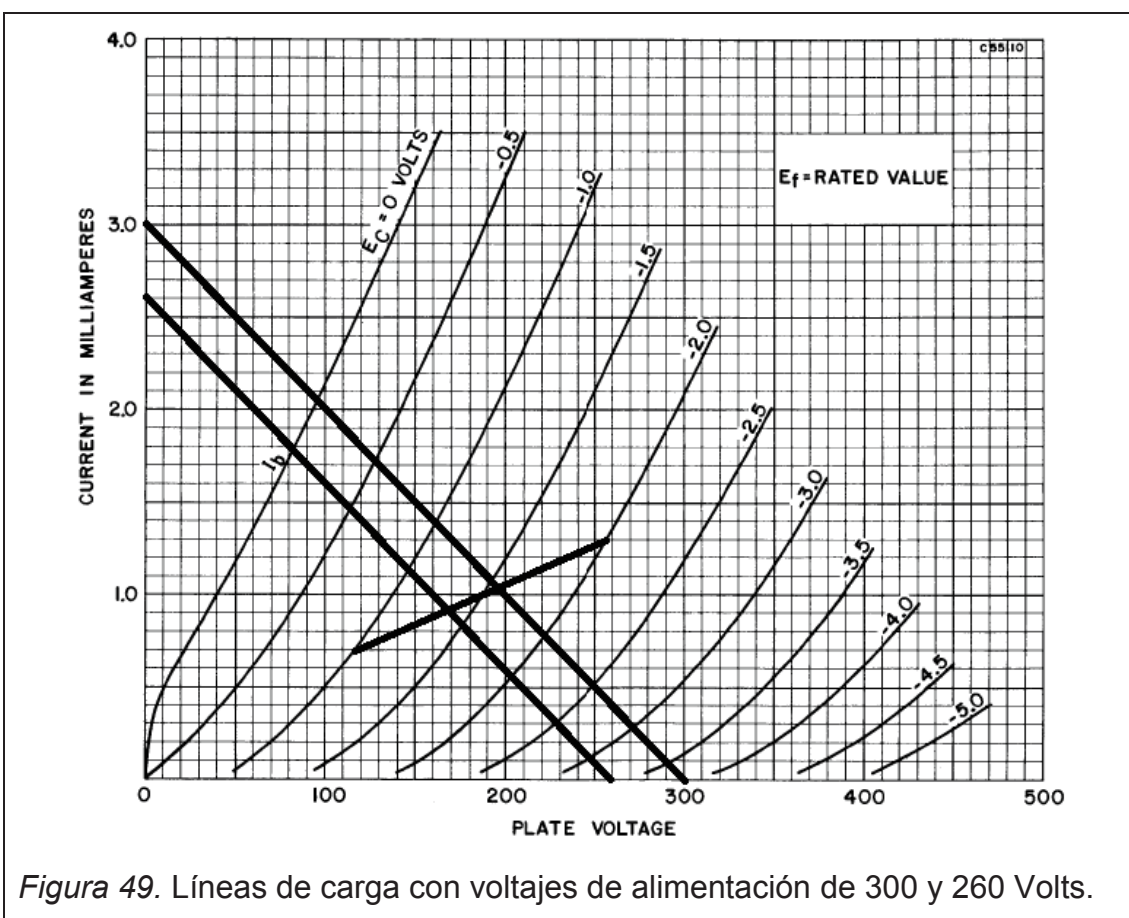
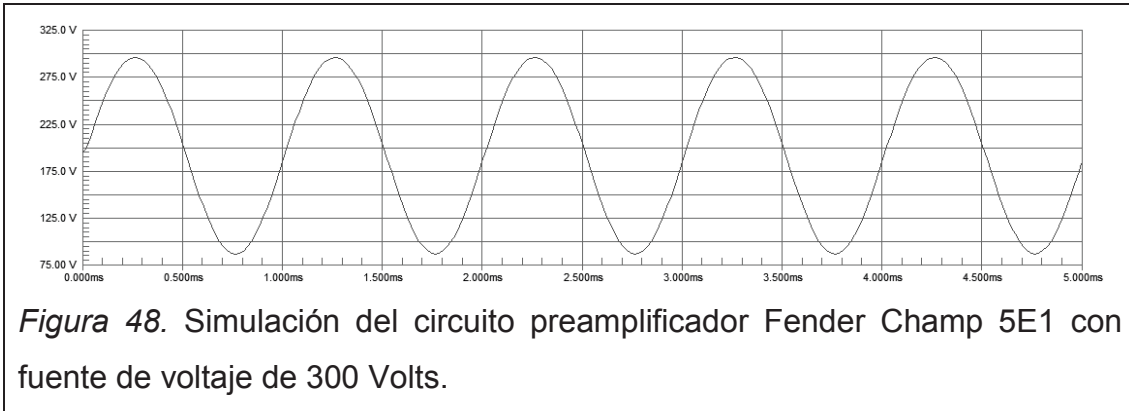




Para simular este diseño se utiliza una fuente de voltaje constante de 300 Volts pero el diseño original establece 260 Volts. A continuación se muestra cómo influye la variación de este voltaje en el circuito del preamplificador.

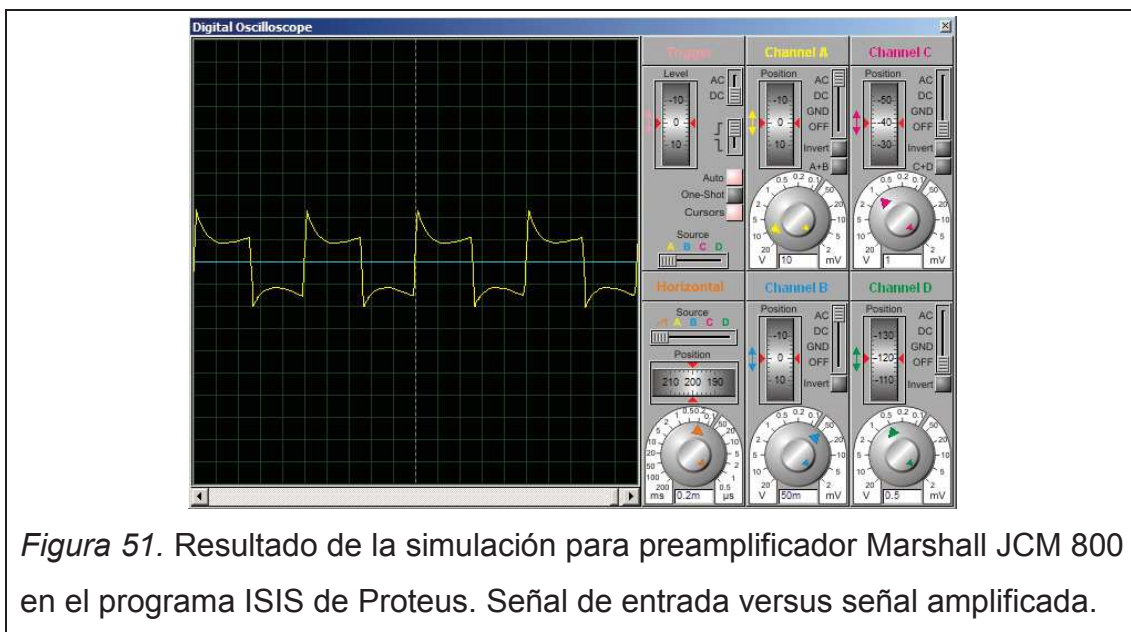
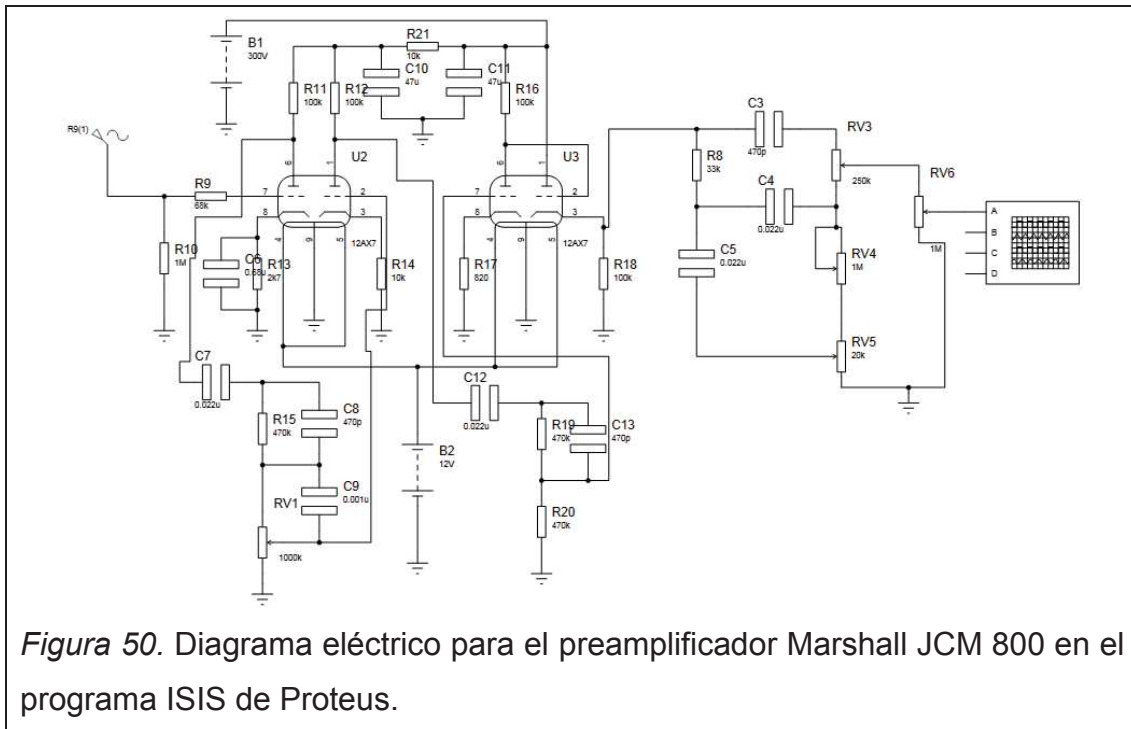
2.2.2.1 Variación en fuente de voltaje en el circuito del preamplificador Fender Champ 5E1

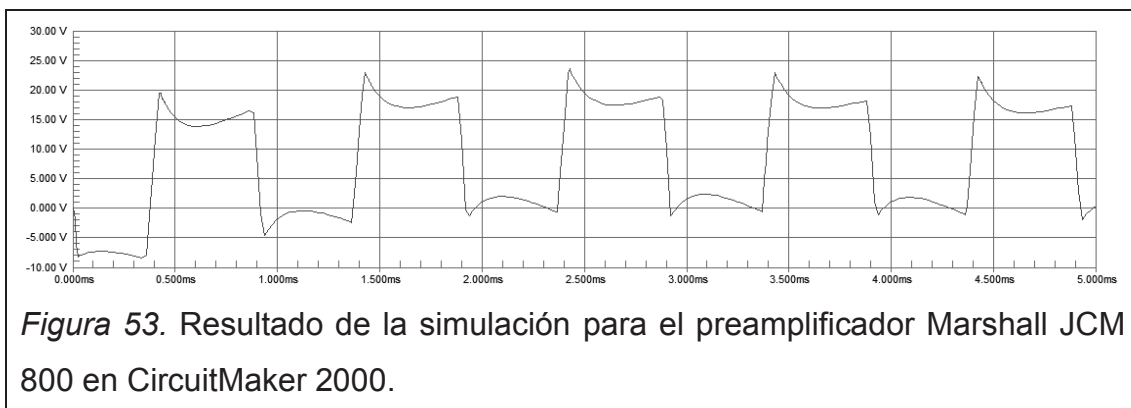
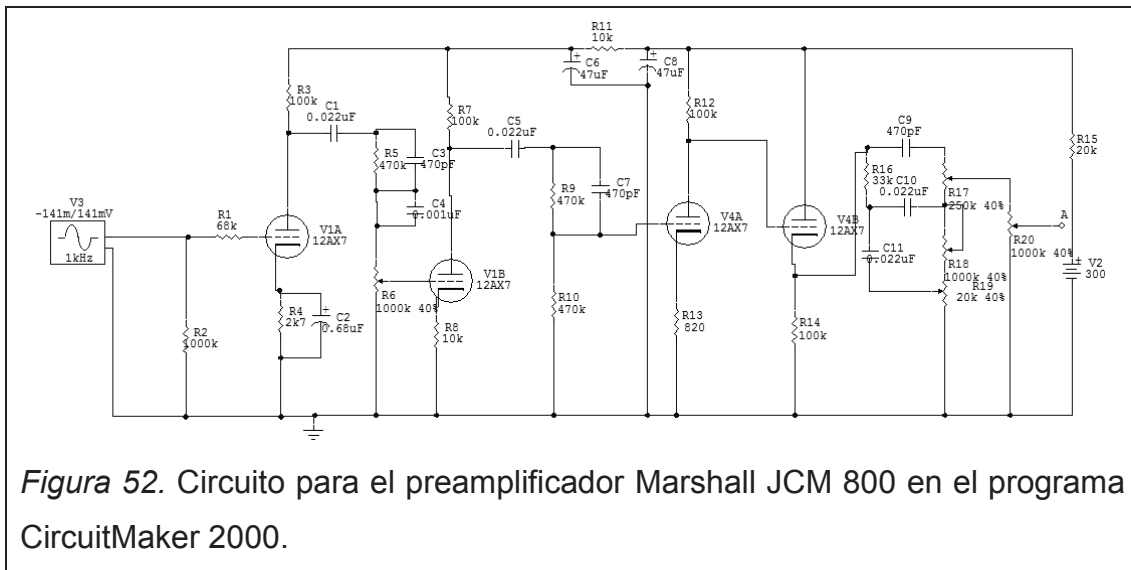




Con una alimentación de 260 Volts se obtiene un menor rango de amplificación que con una alimentación de 300 Volts. Esto se debe a que al alterar la fuente las líneas de carga y el punto de polarización se desplazan y como resultado se obtiene lo presentado en la simulación, donde se observa que no solo altera la amplitud sino que además modifica ligeramente la forma de onda.

2.2.3 Simulación preamplificador Marshall JCM 800





2.2.4 Simulación circuito preamplificador final

Para el diseño final se parte del preamplificador Marshall JCM 800, que presenta el circuito más grande y completo, debido a que en este preamplificador se incluye la etapa de ecualización. Es por eso que resulta conveniente partir de este diseño y completar el esquema adhiriéndole circuitería necesaria para cumplir el objetivo.

2.2.4.1 Diseño y simulación del circuito preamplificador final

El primer paso para el diseño final es la unificación de los circuitos preamplificadores, y buscar la manera más fácil de interconectarlos, tratando de que estos compartan componentes o que tengan circuitos en común para simplificar el diseño.

El principal problema al unir los circuitos es que los dos diseños no poseen circuitos iguales que puedan ser comunes en nuestro diagrama final, sin embargo se puede considerar el hecho de que el preamplificador Fender Champ 5E1 no posee la etapa de ecualización en su topología. Entonces a continuación se simula el comportamiento de circuito al unir la etapa de ecualización al Fender Champ 5E1.

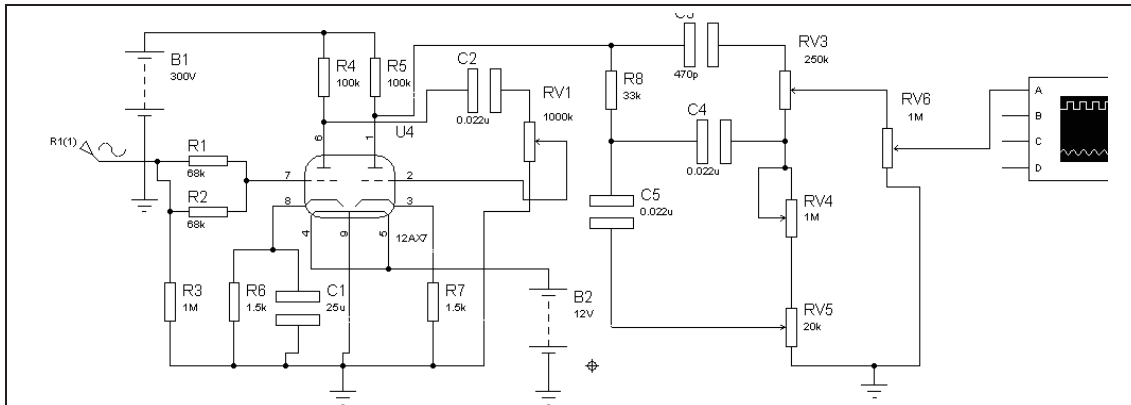


Figura 54. Diagrama eléctrico para el preamplificador Fender Champ 5E1 con etapa de ecualización en el programa ISIS de Proteus.

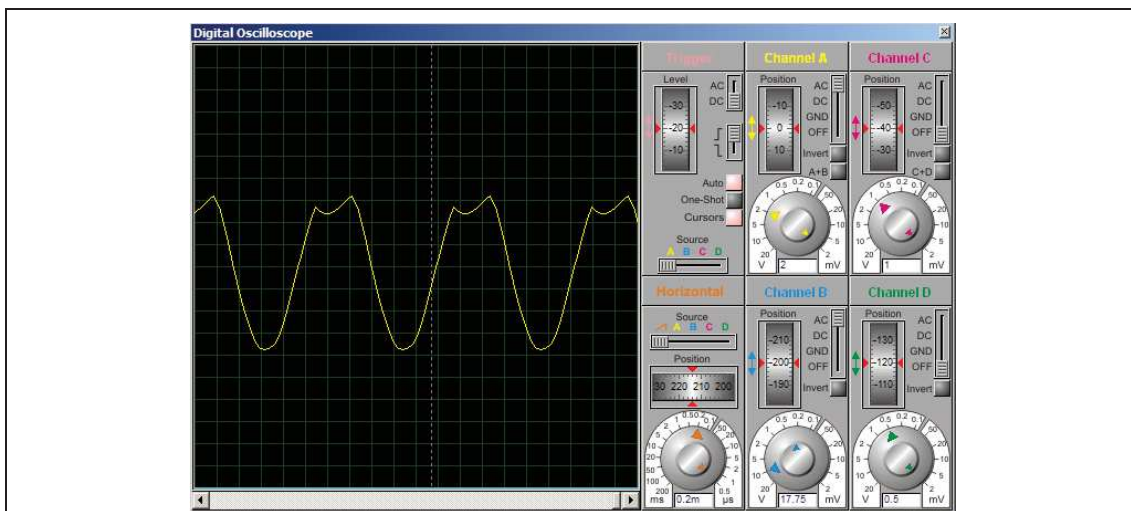
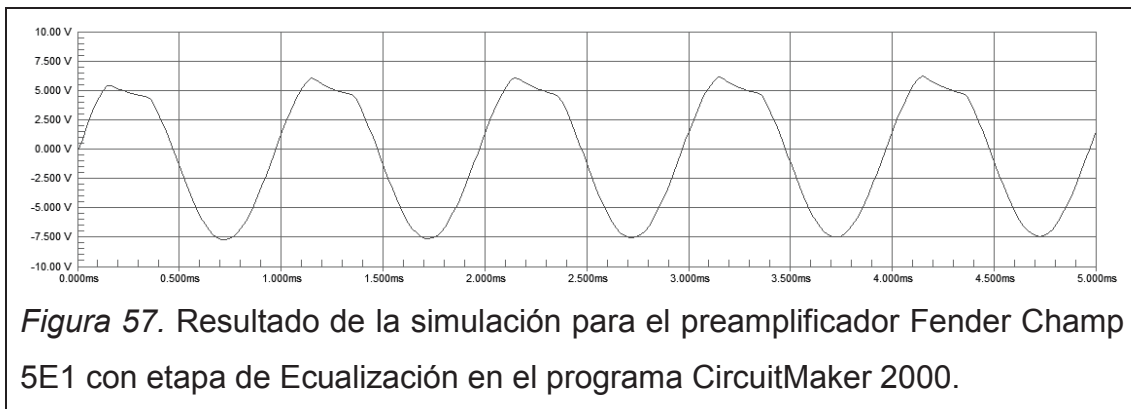
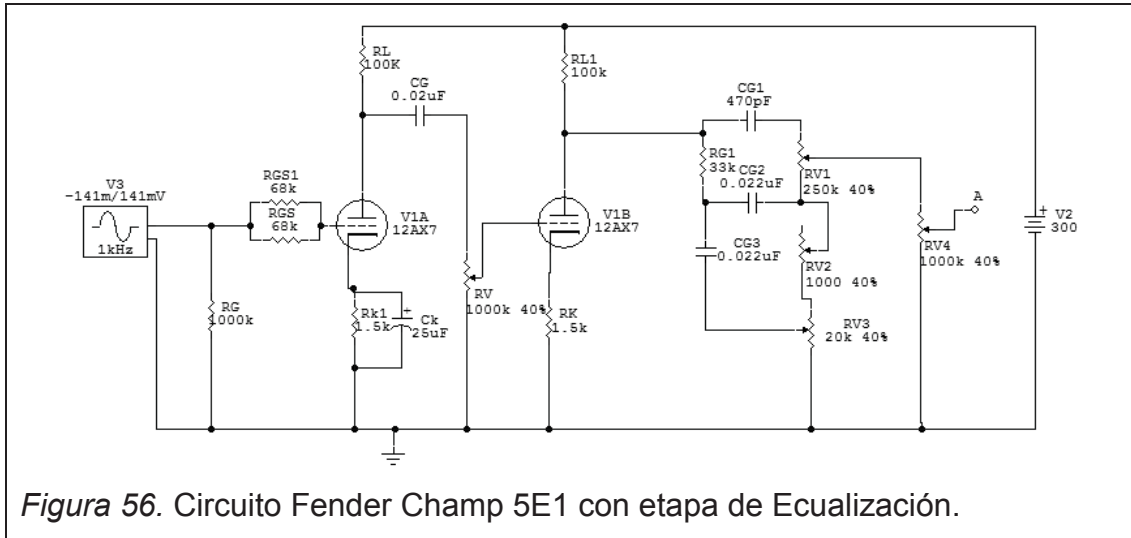


Figura 55. Resultado de la simulación para preamplificador Fender Champ 5E1 con etapa de ecualización en el programa ISIS de Proteus. Señal de entrada versus señal amplificada.



El circuito combinado del Fender Champ 5E1 con el ecualizador del Marshall JCM 800, muestra como resultado un recorte en la forma de onda, similar al que presenta el Marshall JCM 800; es así que se considera esta característica como propia de la etapa de ecualización.

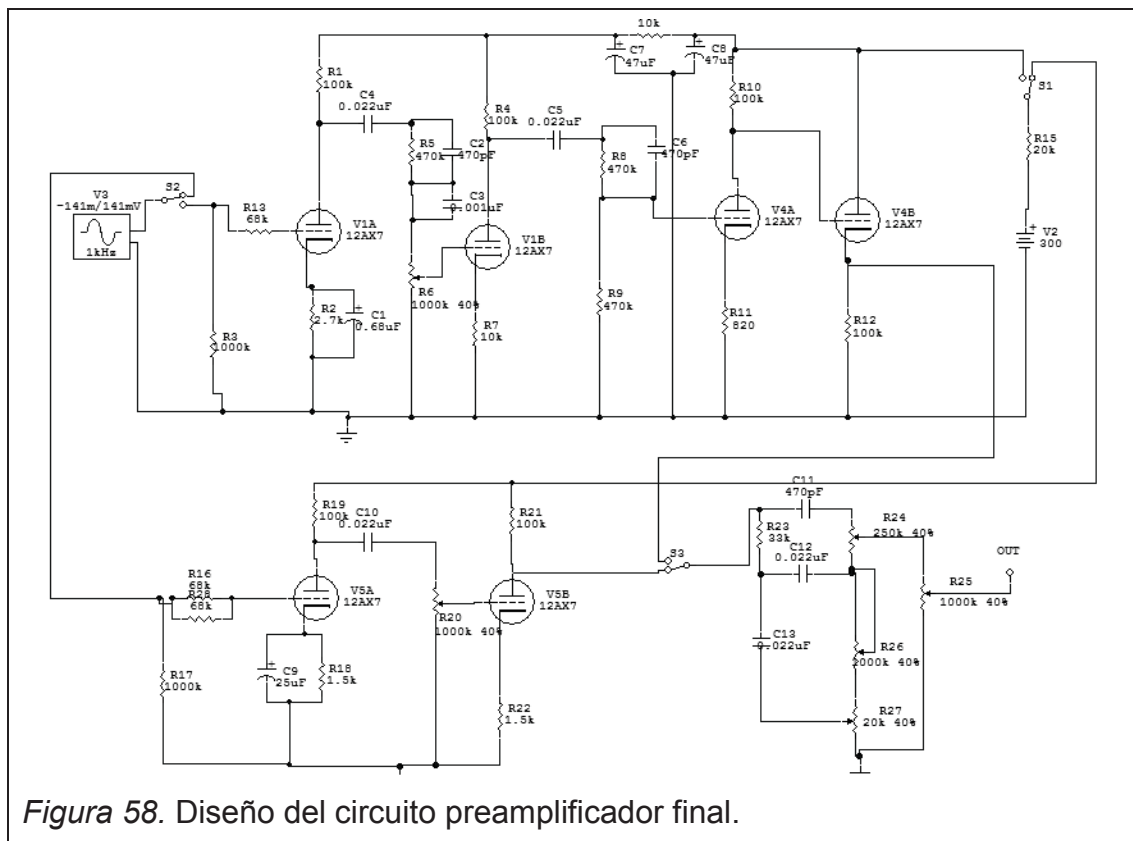
Una vez solucionado el problema que presenta el compartir la etapa de ecualización de los dos preamplificadores, se continúa con la búsqueda de un diseño que no solo permita unificar los circuitos sino que además permita conmutar de manera fácil entre los amplificadores.

Para la experimentación se acude una vez más al programa de simulación CircuitMaker 2000, en este lo que se intenta es simular un circuito que unifique los dos preamplificadores.

Una solución simple de implementar es el uso de interruptores para conmutar entre las diferentes etapas del circuito preamplificador; estos interruptores se establecen como ruteadores de señal, permitiendo así que cambie el flujo de la señal y pase por otras etapas.

Para el circuito final se ubica los interruptores en puntos estratégicos para reducir el uso de estos componentes. Los lugares seleccionados para unir al circuito de forma global son en la entrada para la selección del preamplificador ya sea el Champ 5E1 o el JCM 800; otro previo a la etapa de ecualización, este con el fin de compartir esta etapa del circuito y al igual que el anterior para seleccionar de que preamplificador se obtiene la señal. Y finalmente dos interruptores para sendas fuentes alimentación. (Figura 58).

Con la implementación del interruptor que alimenta las resistencias de los ánodos después de la resistencia de 20k se soluciona el problema de la fuente de alimentación de 300 Volts a 263 Volts. Que es similar al que se necesitaba originalmente para el preamplificador Fender Champ 5E1.



2.2.4.2 Simulación del circuito preamplificador final en el programa ISIS de Proteus

Para la simulación completa de preamplificador en la que se incluye las etapas de rectificación y ecualización compartida el programa CircuitMaker 2000 ya no resulta útil, es así que se utiliza el programa ISIS de Proteus para la simulación del diseño completo.

Si bien ya se mencionó con anterioridad el rectificador para las resistencias en los ánodos va a ser el mismo para los dos preamplificadores. En el apartado 2.2.2.1, se muestra como el alterar la línea de carga, influye directamente en la amplitud de la primera etapa de amplificación.

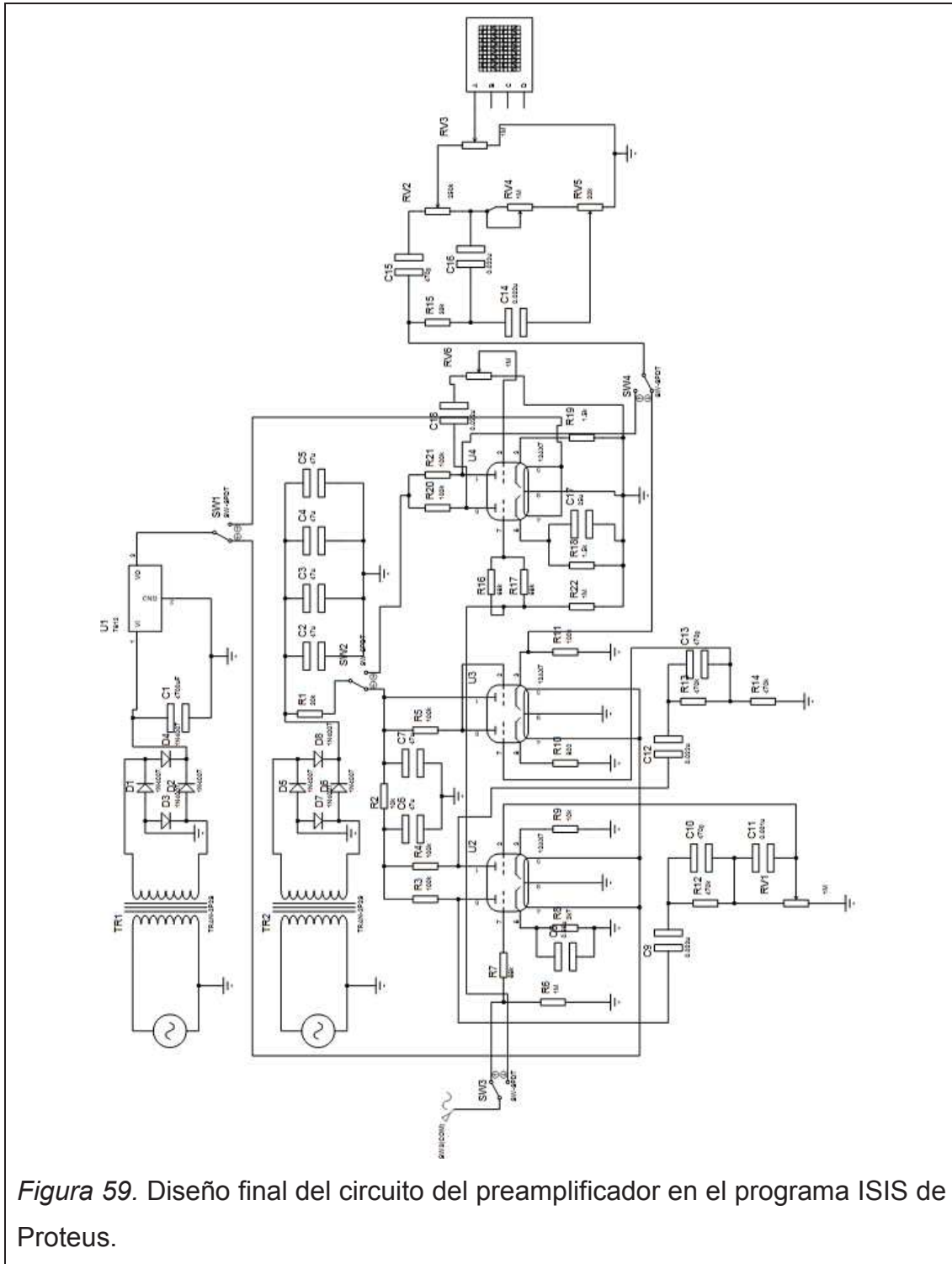


Figura 59. Diseño final del circuito del preamplificador en el programa ISIS de Proteus.

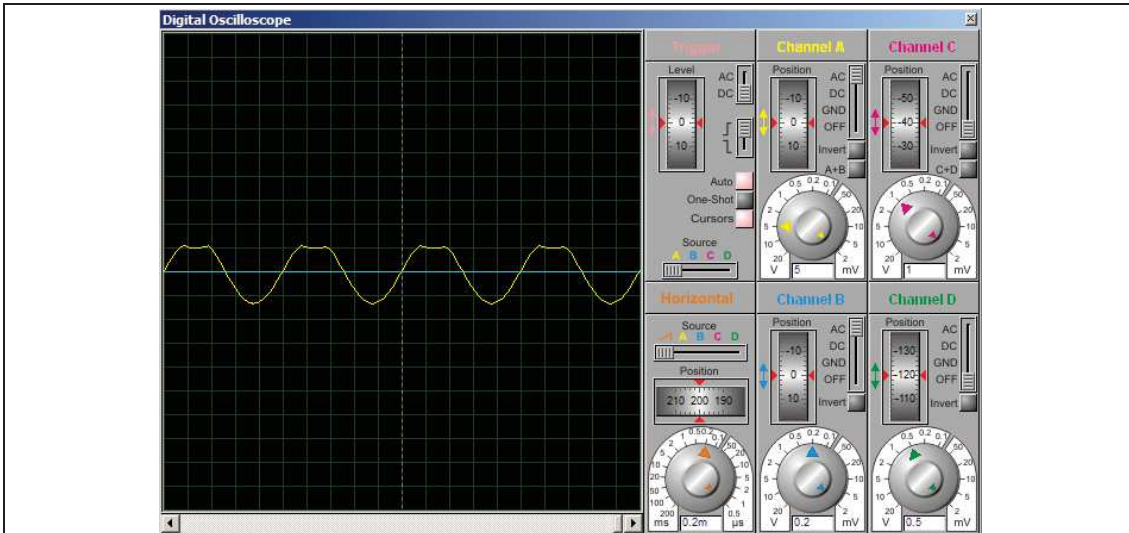


Figura 60. Resultado de la simulación para preamplificador final, seleccionando al preamplificador Fender Champ 5E1 en el programa ISIS de Proteus.

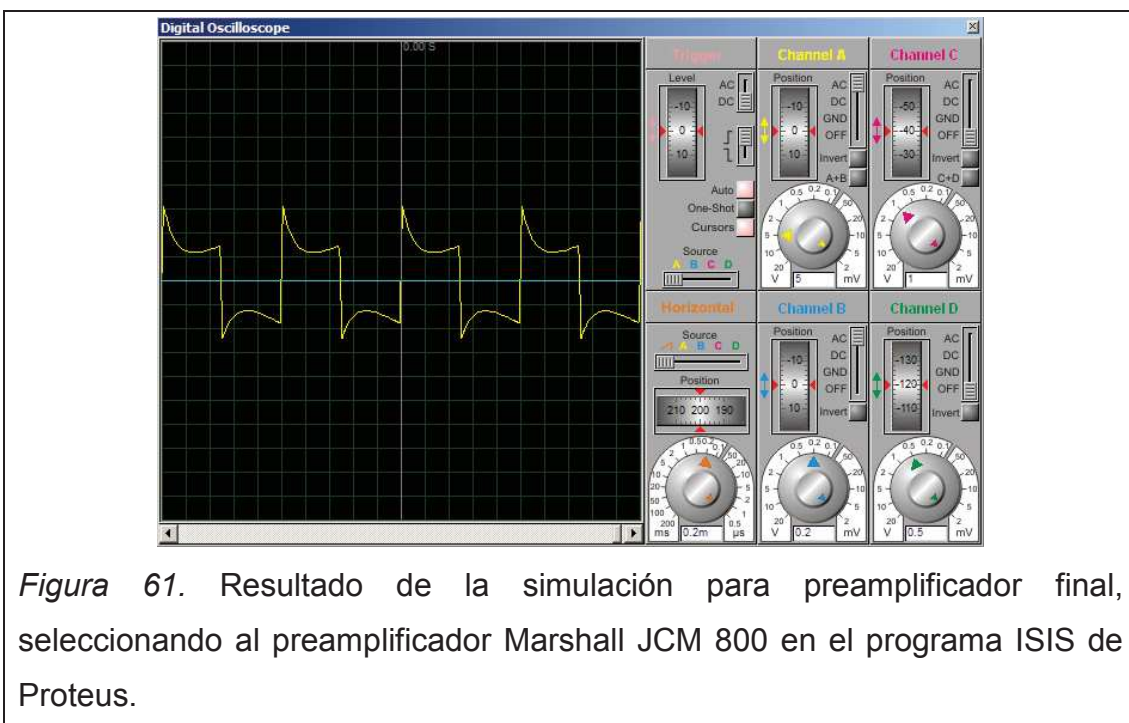


Figura 61. Resultado de la simulación para preamplificador final, seleccionando al preamplificador Marshall JCM 800 en el programa ISIS de Proteus.

2.3 Proceso de ensamblaje

2.3.1 Equipos y materiales

Con los diagramas establecidos en la simulación se tiene una idea más clara de los materiales a usarse. Pese a que se cuenta con los valores exactos de los componentes, es recomendable comprar el doble de componentes o a su vez adquirir uno o dos componentes adicionales para la implementación, con la finalidad de no tener que volver a comprar componentes en caso de que se dañen.

Tabla 6. Equipos y materias para el desarrollo del preamplificador.

| Elemento | Característica | Cantidad |
|-----------------|----------------------|----------|
| Enchufe | 3 puntas | 1 |
| Transformador A | 120 V a 12 V @ 1/2A | 2 |
| Transformador B | 120 V a 240 V @ 1/2A | 1 |
| Resistencia | 820 @ 1/2W | 2 |
| Resistencia | 2,7k @ 1/2W | 2 |
| Resistencia | 10k @ 1/2W | 2 |
| Resistencia | 33k @ 1/2W | 2 |
| Resistencia | 68k @ 1/2W | 4 |
| Resistencia | 100k @ 1/2W | 6 |
| Resistencia | 470 @ 1/2W | 2 |
| Resistencia | 470k @ 1/2W | 2 |
| Resistencia | 1M @ 1/2W | 3 |
| Resistencia | 1,5K @ 1/2W | 4 |
| Resistencia | 10k @ 1W | 2 |
| Resistencia | 20k @ 1W | 2 |
| Potenciómetro | 22k | 2 |
| Potenciómetro | 250k | 2 |
| Potenciómetro | 1M | 5 |
| Diodo | 1N4007 | 10 |
| Capacitor | 100pF | 2 |

| | | |
|----------------------------|-------------|---|
| Capacitor | 470pF | 5 |
| Capacitor | 0,001uF | 2 |
| Capacitor | 0,022uF | 8 |
| Capacitor | 0,68uF | 2 |
| Capacitor | 25uF | 2 |
| Capacitor | 47uF 350 V | 8 |
| Capacitor | 4700uF 25 V | 2 |
| Rectificador | 7812 | 2 |
| Tubo | 12AX7 | 5 |
| Entrada desbalanceada | | 1 |
| Salida desbalanceada | | 1 |
| <i>Switch</i> | 6 pines | 4 |
| <i>Protoboards</i> | | 2 |
| Cable UTP | 4m | 1 |
| Soquets de tubos | 12AX7 | 3 |
| Disipador de calor | | 1 |
| Estaño | | 1 |
| Cautín | | 1 |
| Pasta para soldar | | 1 |
| Juego de pinzas y alicates | | 1 |
| Osciloscopio | | 1 |
| Generador de ondas | | 1 |
| Multímetro | | 1 |

En el mercado ecuatoriano muchos de los componentes no se los encuentra en un solo sitio, inclusive hay componentes como los transformadores amplificadores que no son comunes, razón por la cual para su obtención se acude a técnicos especializados que fabrican estos componentes de manera artesanal.

Adquirir algunos equipos resulta bastante costoso por lo que se resulta útil usar los equipos de laboratorio con los que cuenta la universidad.

2.3.2 Implementación en *proto*board

En paralelo a la simulación de circuitos se realiza el montaje en *proto*board. Al igual que en el software se implementa por partes verificando que funcione perfectamente, para finalmente unir cada una de las etapas, completando el circuito final.

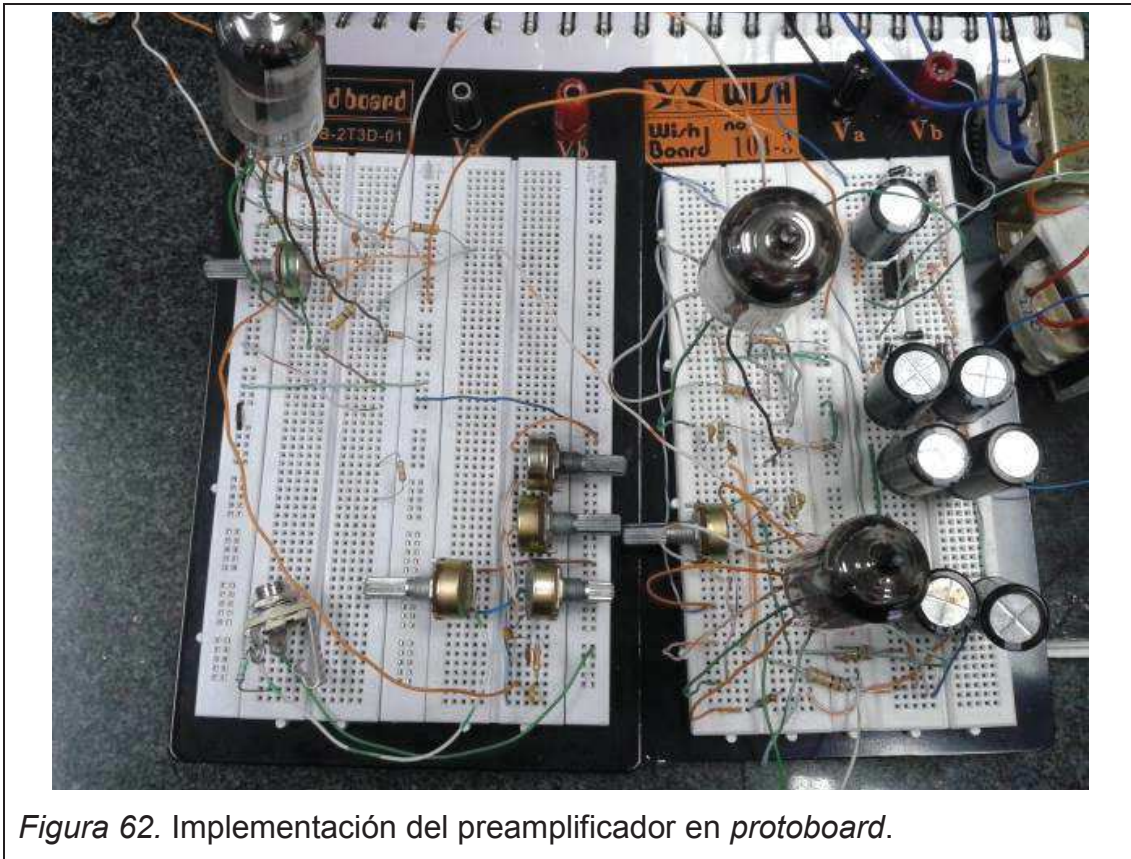


Figura 62. Implementación del preamplificador en *proto*board.

En la imagen anterior se muestra el preamplificador ya montado sobre el *proto*board. Se tiene dos *proto*boards y cada uno se encuentra dividido por dos galletas, es decir se cuenta con cuatro galletas en total, aprovechando el diseño de los *proto*boards de derecha a izquierda se implementa los circuitos en cuatro etapas. La primera galleta (derecha) posee los rectificadores de 12 y 300 Volts DC. En la segunda galleta se encuentra el preamplificador Marshall JCM 800, en la tercera la etapa de ecualización y finalmente en la última galleta se tiene el preamplificador Fender Champ 5E1.

Se realiza una pequeña prueba con el circuito para ver cómo se encuentra funcionando. La prueba consiste en conectar el generador de ondas como señal de entrada y observar el resultado en el osciloscopio.

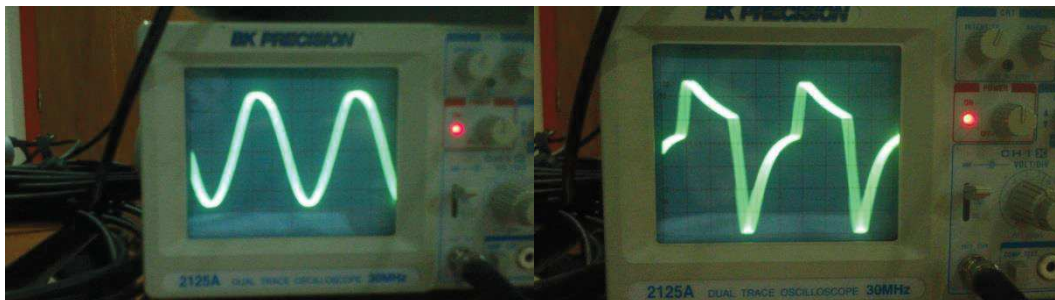


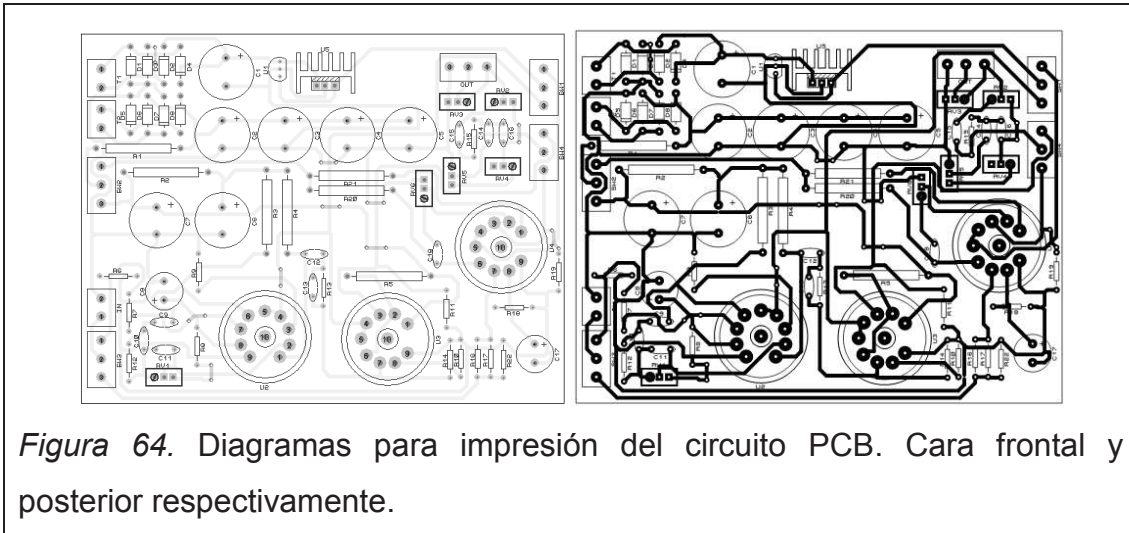
Figura 63. Resultados del amplificador implementado en *protoboard*.

Al no ser este la implementación final, y ser el circuito armado en *protoboard* un paso intermedio, no se analiza completamente los resultados, y se considera satisfactoria la prueba si se obtiene la señal amplificada.

2.3.3 Implementación del circuito en PCB

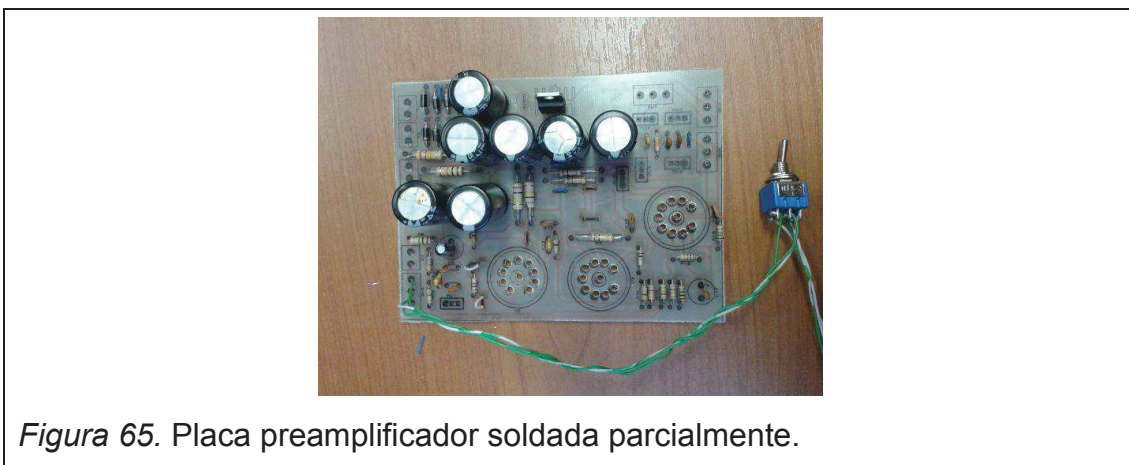
La elaboración de la placa PCB es realizada por un técnico especializado, para lo cual es necesario poseer el circuito completo en un programa simulador. En el mercado ecuatoriano se tiene como formato estándar entregar la simulación del circuito en el programa ISIS de Proteus para poder diseñar el PCB.

Dentro del programa de simulación Proteus se cuenta con otro programa que trabaja en conjunto con el ISIS llamado ARES el cual permite visualizar el PCB y realizar correcciones antes de su impresión.



En el anexo 4 se puede observar los diagramas para impresión ampliados

Una vez listo el diseño de la placa se realiza el montaje de los componentes. Una de las ventajas que presenta la impresión de los circuitos en PCB es que viene claramente rotulado y listo para soldar. (Figura 65).



Las partes más difíciles de soldar son los tubos al vacío; y debido a la complejidad del circuito y con la finalidad de mantener el orden del circuito se establece un código de colores para los cables que se conectan a los sockets de las válvulas.

En base a la figura 66, se establece la tabla 7 que indica cómo funciona el código de colores implementado.

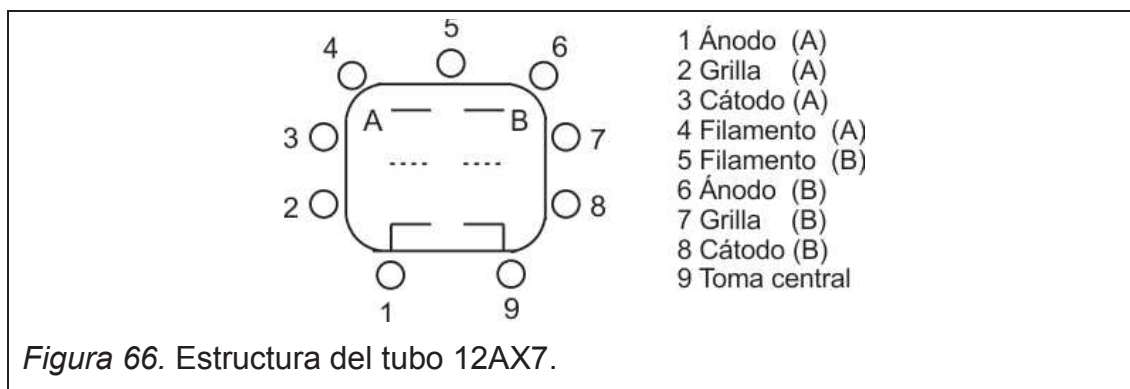


Tabla 7. Código de colores implementado para los tubos 12AX7.

| Terminal | Color |
|--------------|--|
| Ánodo | Rojo |
| Grilla | Colores fríos (azul, gris, verde, violeta) |
| Cátodo | Naranja |
| Filamento | Amarillo |
| Toma central | Negro |

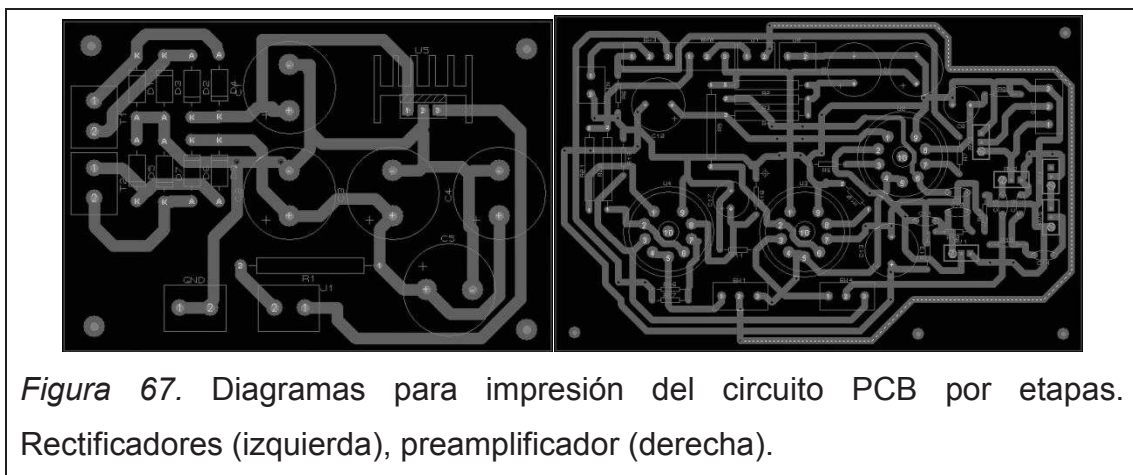
Otro criterio importante que se toma en cuenta durante el montaje es usar interruptores dobles o de seis pines, con la finalidad de reducir los interruptores de cuatro a dos. Agrupando así las señales de voltaje constante en uno y las señales de audio en otro; es decir, en el diseño final se tiene un interruptor para conmutar entre un preamplificador u otro, y otro interruptor para seleccionar la entrada y salida. Sin embargo es posible considerar que un mecanismo que controle a los cuatro simultáneamente sería ideal para el circuito.

Con el circuito ensamblado se realizan pruebas de continuidad en todo el circuito, pero se observa que mientras se soldaba los componentes y debido a la manipulación hay pistas del circuito que se encontraban deterioradas. Se continúa con pruebas de continuidad cuyo resultado es que existen algunas pistas que no conducen electricidad y otras que conducen corrientes parasitas al conectar los rectificadores. Además debido a las pequeñas lesiones que

tienen algunas pistas hay etapas que ni siquiera funcionan correctamente como es el caso de las válvulas, de las cuales solo se prende una de ellas.

Para corregir estos problemas se realiza un reimpresión de la placa, pero esta vez tomando en cuenta nuevos factores para el diseño. Como lo son: el separar las etapas de rectificación de las etapas de amplificación, reordenar del circuito PCB para separar las pistas de audio de las de alta tensión e incrementar el ancho de las pistas.

Como resultado se obtiene dos nuevas placas que se muestran en la figura 67.



En el anexo 5 se encuentran los diagramas ampliados.

Finalmente se suelda, se conecta y enciende el preamplificador ensamblado y se comprueba que funcionen todas sus etapas, para realizar las mediciones correspondientes.



Figura 68. Placa etapa de rectificación soldada.



Figura 69. Placa etapa de amplificación soldada.



Figura 70. Preamplificador ensamblado.

2.3.4 Funcionamiento del preamplificador

Previo al análisis de resultados resulta conveniente realizar pruebas de funcionamiento del preamplificador.

Para esto se realiza una medición con un tono puro en el preamplificador construido. Se utiliza un generador de ondas que entrega una señal senoidal con un voltaje efectivo de 100 mili Volts, que es una señal promedio que entregan los micrófonos de una guitarra; y un osciloscopio conectados en la entrada y salida del dispositivo respectivamente. Obteniendo los siguientes resultados.

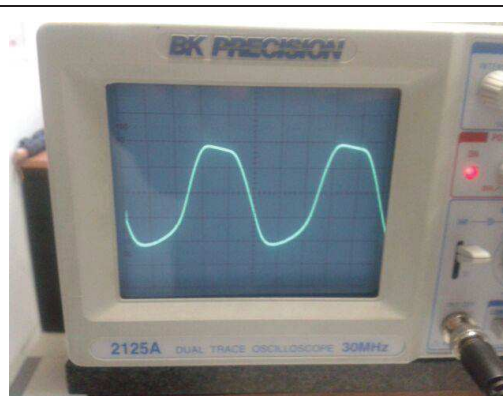


Figura 71. Forma de onda entregada por el preamplificador Fender Champ 5E1.

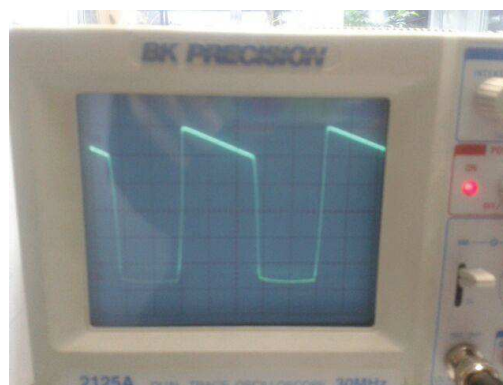


Figura 72. Forma de onda entregada por el preamplificador Marshall JCM800.

Se observa que los resultados son similares a los entregados por el simulador. Corroborando así que el preamplificador construido está funcionando de manera óptima.

Sin embargo un generador de ondas no presenta las mismas características de impedancia que una guitarra eléctrica por lo cual se conecta una guitarra eléctrica al dispositivo para evaluar su funcionamiento.

El resultado al conectar la guitarra es satisfactorio pero al cambiar repetidas veces de amplificador, se tiene algo de ruido en la señal del Fender Champ 5E1, lo cual no sucede con la señal del Marshal JCM800.

Debido a que no se tiene pruebas suficientes que determinen cuál es la fuente que genera ruido se cambia de guitarra, sin embargo se obtiene el mismo resultado. Descartando la posibilidad de que sea la fuente la generadora del ruido se realiza una prueba más. En esta ocasión se conecta a la salida una consola Alesis y a la salida de esta, unos parlantes M-Audio AV40 para determinar si el ruido inducido es apreciable auditivamente. Como resultado de este experimento se tiene que el ruido si es apreciable auditivamente, pero durante la prueba el ruido desaparece al cabo de varios minutos de uso. Pese a que es un inconveniente en el momento de usar el preamplificador, se lo pasa por alto ya que el problema no es persistente y sale de los objetivos planteados para este proyecto de tesis.

3 Evaluación de resultados

3.1 Cálculo y medición de parámetros técnicos del preamplificador

No existe un método para el cálculo o una referencia de parámetros medidos para calificar un preamplificador como lo hay para otros dispositivos, para los cuales existe una ficha técnica; sin embargo existen varios parámetros que se podrían medir, de los cuales únicamente dos resultan útiles tanto para diseño como para aplicación de un preamplificador: respuesta en frecuencia e impedancia.

3.1.1 Respuesta en frecuencia

El parámetro respuesta de frecuencia es el primer parámetro que se analiza. Para esto se utiliza una de las calculadoras que presenta “Richard Kuehnel” en su página web para el diseño de preamplificadores. (<http://www.ampbooks.com/home/amplifier-calculators/cathode-capacitor/>, última revisión el 1 de septiembre 2014).

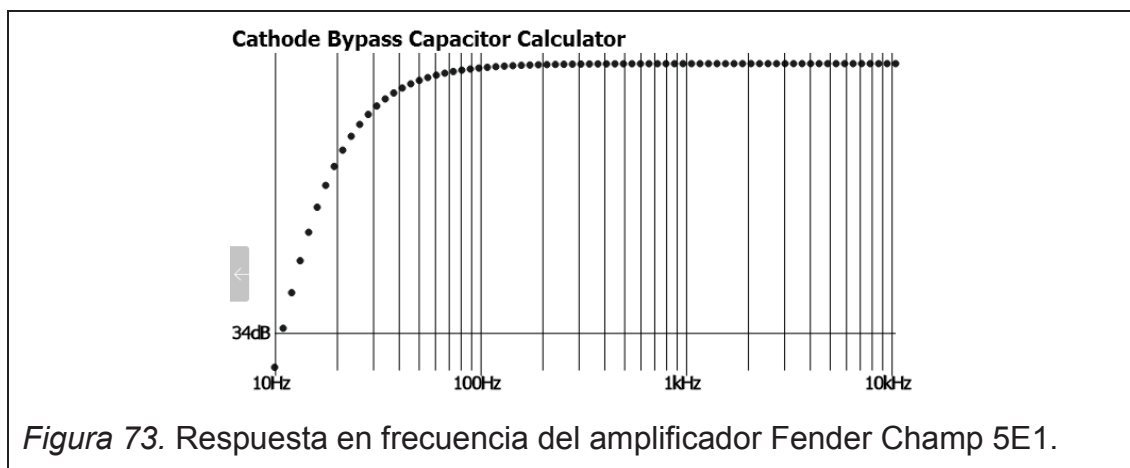


Figura 73. Respuesta en frecuencia del amplificador Fender Champ 5E1.

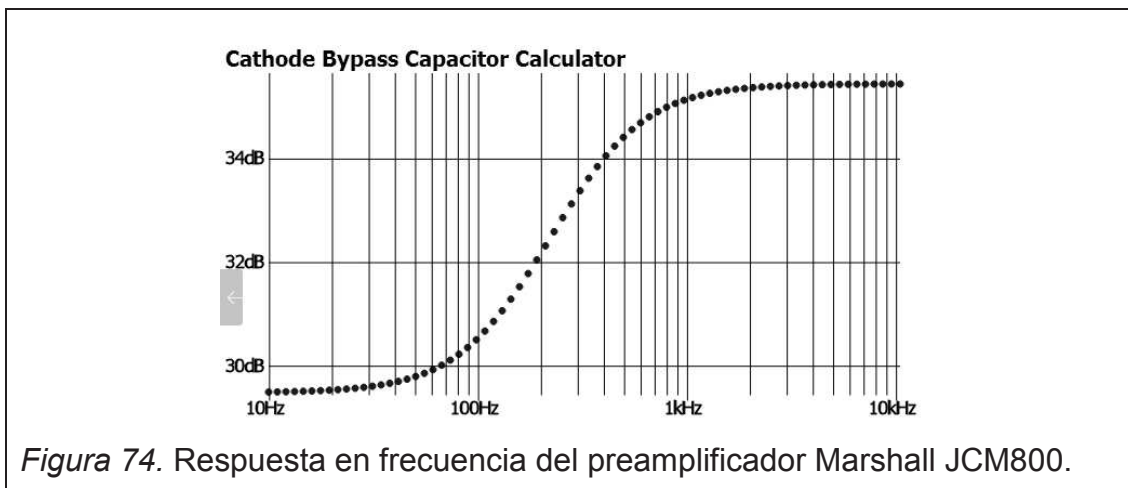


Figura 74. Respuesta en frecuencia del preamplificador Marshall JCM800.

Los gráficos anteriormente expuestos indican la respuesta en frecuencia de cada preamplificador, determinada por la primera etapa de amplificación.

Para la evaluación experimental de la respuesta en frecuencia de los preamplificadores se utiliza un analizador de espectro. Para la medición se plantea una pequeña cadena compuesta por una fuente generadora de ruido blanco conectada en la entrada del preamplificador, conectado a una interfaz de audio MBox mini a una computadora. El programa que se utiliza es el Pro Tools LE 8 cargado con el analizador de espectro del paquete Waves. Obteniendo los siguientes resultados.



Figura 75. Respuesta en frecuencia ruido blanco en el analizador de espectro.



Se observa que los resultados son muy similares a los encontrados por medio de la calculadora, sin embargo las variaciones que existen se deben a que la calculadora únicamente considera la primera etapa de amplificación y en el analizador de espectro se encuentra la señal resultante que pasa por toda la circuitería del preamplificador. Así también se observa que la tendencia de las curvas de espectro son similares a las encontradas por la calculadora, siendo mucho más plana la respuesta del Fender Champ 5E1 que la del Marshall JCM800.

Como complemento a la respuesta en frecuencia, se realiza un análisis de la etapa de ecualización. De manera muy similar a la utilizada para medir la repuesta en frecuencia, se emplea ruido blanco para esta prueba, pero esta

vez se manipulan los potenciómetros de la etapa de ecualización y de igual manera se exponen los resultados que presenta el análisis de espectro.





Figura 80. Respuesta en frecuencia del ecualizador para el potenciómetro de 1M Ω en el preamplificador Fender Champ 5E1.



Figura 81. Respuesta en frecuencia del ecualizador para el potenciómetro de 250k Ω en el preamplificador Marshall JCM800.



Figura 82. Respuesta en frecuencia del ecualizador para el potenciómetro de 22k Ω en el preamplificador Marshall JCM800.



El análisis de espectro muestra que los potenciómetros de ecualización funcionan en los siguientes rangos:

Tabla 8. Respuesta en frecuencia de los ecualizadores.

| | 1M Ω | 22k Ω | 250k Ω |
|-----------------------------|-------------|-----------------|---------------|
| Fender Champ 5E1 | <60 Hz | 400 Hz> | 125> |
| Marshall JCM800 | <260 Hz | 800 Hz -6000 Hz | 1000Hz> |

En la tabla anterior los valores de los potenciómetros de 1M Ω , 22k Ω y 250k Ω , se encuentran asociados a frecuencias bajas, medias y altas respectivamente.

3.1.2 Impedancia

La impedancia en cualquier dispositivo electrónico es muy difícil de calcular debido a que se debe considerar las resistencias, capacitancias y reactancias internas de cada componente, sin embargo es posible determinar la impedancia de todo el preamplificador de forma experimental.

Para la medición de la impedancia se realiza un barrido de frecuencias con ayuda de un generador de ondas, partiendo en los 31.5 Hz hasta los 16k Hz tomando datos en cada banda de octava, con un voltaje de entrada de 100 mV. Con ayuda de un multímetro se toma los voltajes de salida del preamplificador

dos veces una con una resistencia de carga conocida y otra sin resistencia de carga. Se tabulan los datos y se calcula la impedancia mediante la siguiente ecuación:

$$Z = R_L \left(\frac{V_s}{V_L} - 1 \right) \quad \text{Ecuación 17}$$

Dónde:

R_L = Resistencia de carga (1000 Ω).

V_s = Voltaje de salida.

V_L = Voltaje de entrada.

Z = Resistencia igual a la impedancia de salida.

Tabla 9. Datos voltajes de salida del preamplificador Fender Champ 5E1.

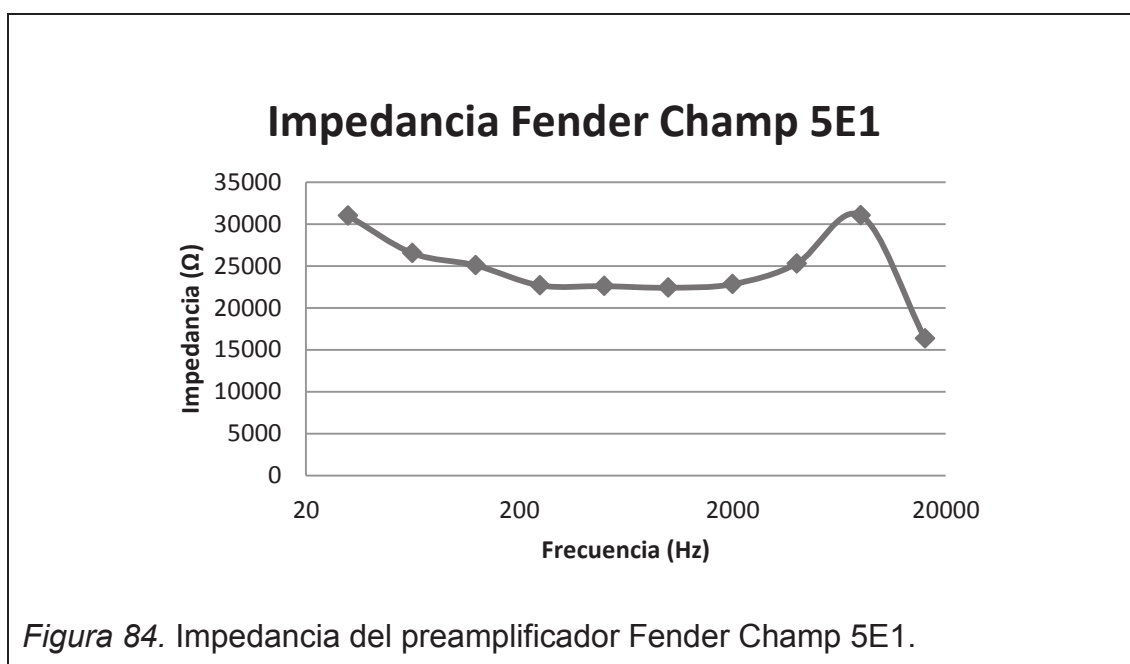
| Fender Champ 5E1 | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Frecuencia (Hz) | V_s (V) | V_L (V) | Z (Ω) |
| 31,5 | 1,6 | 0,05 | 31000 |
| 63 | 3,8 | 0,138 | 26536 |
| 125 | 6,7 | 0,257 | 25070 |
| 250 | 9 | 0,38 | 22684 |
| 500 | 10,5 | 0,445 | 22596 |
| 1000 | 11 | 0,47 | 22404 |
| 2000 | 11,2 | 0,47 | 22830 |
| 4000 | 11,3 | 0,43 | 25279 |
| 8000 | 10,6 | 0,331 | 31024 |
| 16000 | 3,4 | 0,196 | 16347 |

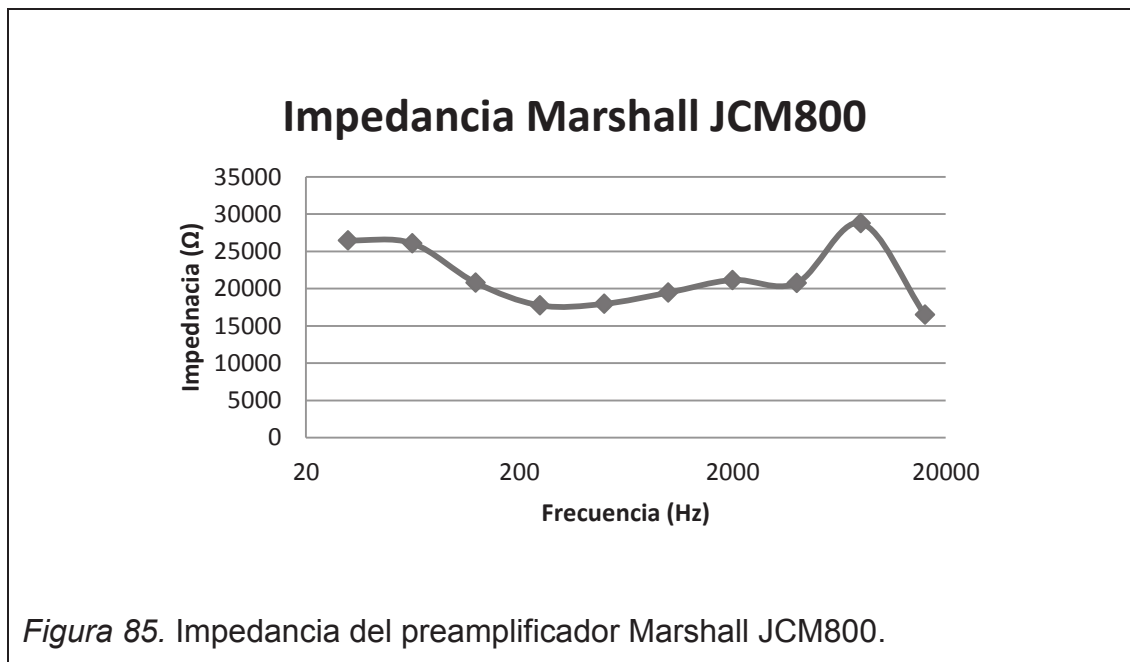
Tabla 10. Datos voltajes de salida del preamplificador Marshall JCM800.

| Marshall JCM800 | | | |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Frecuencia (Hz) | V_s (V) | V_L (V) | Z (Ω) |
| 31,5 | 4,48 | 0,163 | 26485 |

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 63 | 4,44 | 0,164 | 26073 |
| 125 | 9 | 0,413 | 20792 |
| 250 | 12,64 | 0,674 | 17754 |
| 500 | 15,2 | 0,802 | 17953 |
| 1000 | 16 | 0,782 | 19460 |
| 2000 | 15,6 | 0,704 | 21159 |
| 4000 | 13,7 | 0,63 | 20746 |
| 8000 | 13,7 | 0,46 | 28783 |
| 16000 | 4,6 | 0,263 | 16490 |

A manera de complemento se grafica los datos de impedancia en función de la frecuencia.





Se observa que la impedancia de los preamplificadores no es igual para todo el rango de frecuencias. Teniendo mayor impedancia para frecuencias bajas y para frecuencias altas.

3.2 Comparación entre preamplificadores

Pese a que se considera un análisis importante el comparar los preamplificadores con sus homólogos, resulta muy difícil, debido a que en el mercado ecuatoriano no se los consigue con facilidad. Y resulta un problema aún más grave el hecho de que el amplificador Fender Champ 5E1 ya no se lo fabrica hoy en día.

Sin embargo, si se tuviese la posibilidad de encontrarlos, la metodología para compararlos seria medir de manera similar la impedancia y respuesta en frecuencia y estos datos compararlos con los obtenidos anteriormente para cada preamplificador.

Por otro lado, si resulta posible comprar los preamplificadores entre ellos. Con los parámetros medidos anteriormente se establecen las siguientes tablas y grafico comparativos:

Tabla 11. Comparación respuesta en frecuencia de los preamplificadores.

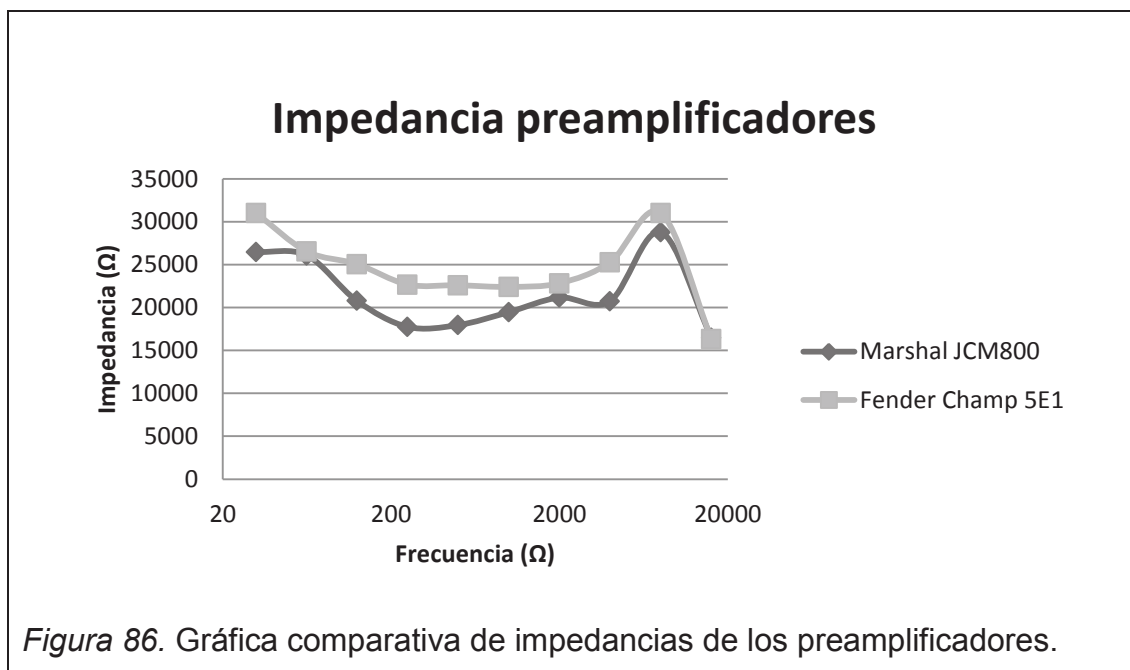
| | Respuesta en frecuencia |
|------------------|--------------------------------|
| Champ 5E1 | Desde los 40 Hz |
| JCM800 | Desde los 400 Hz |

Para la respuesta en frecuencia se considera los datos obtenidos por la calculadora, ya que es aquí en donde actúa el primer filtro para el resto de etapas del preamplificador.

Tabla 12. Comparación respuesta en frecuencia de la etapa de ecualización.

| Frecuencias | Champ 5E1 | JCM800 |
|--------------------|------------------|---------------|
| Bajas | <60 Hz | <260 Hz |
| Medias | >400 Hz | 800-6000 Hz |
| Altas | >125 Hz | <1000 Hz |

Se observa que la etapa de ecualización no responde de igual manera para los dos preamplificadores. En el Fender Champ 5E1 los potenciómetros de frecuencias medias y altas funcionan como filtros pasa altos, con diferentes frecuencias de corte, mientras que para el Marshall JCM800 se encuentra mejor marcado los rangos sobre los cuales trabaja el ecualizador.



En el gráfico anterior se muestra las curvas de impedancia de los dos preamplificadores, en donde se observa que se tiene un rango bastante estable para frecuencias que van desde los 250 a los 4k Hz.

Si bien en la mayor parte de equipos no se define a la impedancia mediante un gráfico, sino por un único valor, se intenta estandarizar este valor con el de otros equipos de audio tomando el valor de 1k Hz como el valor de impedancia para el equipo. Que en este caso vendría a ser 22404 Ω para el Fender Champ 5E1 y 19460 Ω para el Marshall JCM800.

3.3 Evaluación estética del prototipo

Después de realizar las mediciones técnicas, es conveniente realizar una evaluación estética del prototipo con personas especializadas, que puedan juzgar el funcionamiento del dispositivo mediante el uso del preamplificador.

Las entrevistas se realizan a tres músicos y sonidistas reconocidos en el medio local. Para realizar la entrevista se cuenta con dos guitarras, la de cada guitarrista y una segunda la cual es constante durante la entrevista. El cambio de guitarras es utilizado para establecer posibles variaciones en la impedancia de entrada en el preamplificador. Para el resto de preguntas planteadas se

adhiera al preamplificador a la cadena electroacústica del entrevistado. Finalmente se compara grabaciones para el preamplificador JCM 800 con similares calibraciones de ganancia y ecualización.

Las entrevistas mencionadas se las puede observar en el apartado anexo 7.

4 Análisis económico

A continuación se detalla la distribución de recursos (tiempo y dinero) necesarios para la puesta en marcha de este proyecto.

4.1 Descripción de ítems

En la siguiente tabla se lista el tiempo de trabajo empleado en el proyecto.

Tabla 13. Tiempo de trabajo empleado.

| Horas empleadas | Condiciones |
|-----------------|----------------------------|
| 420 | Días laborables |
| 8 | Promedio de trabajo diario |

En función del tiempo empleado y las diferentes etapas con las que cuenta el proyecto se establecen los cálculos económicos.

- **Investigación teórica**

Aquí se considera el tiempo empleado en investigación bibliográfica, estudio de mercado, toma de apuntes, cálculos necesarios para empezar con el proyecto.

- **Consultoría**

Mientras se realiza el trabajo de investigación e implementación se acude en varias ocasiones a diferentes técnicos y especialistas por consultas y recomendaciones, durante el desarrollo del proyecto hasta la implementación.

- **Simulación de los circuitos electrónicos**

Hace referencia al tiempo utilizado aprender a usar los programas simuladores, la implementación del circuito y la experimentación hasta obtener el diseño final del preamplificador.

- **Tiempo de tramitación para importación de materiales bibliográficos y componentes electrónicos**

Hace referencia al tiempo empleado para poder conseguir materiales necesarios para el desarrollo del proyecto, los cuales no era posible encontrarlos dentro del país, por lo que era necesario impórtalos.

- **Implementación y mediciones**

Aquí incluye el tiempo empleado en las pruebas realizadas en *protoboard* y las mediciones realizadas durante la elaboración y al terminar el circuito anteriormente simulado.

- **Ensamble del prototipo**

Se considera al tiempo que toma el realizar el ensamblaje final, el diseño y la elaboración del circuito en PCB, el tiempo que toma soldar la placa, el diseño y finalmente la elaboración de la caja que porta el circuito.

- **Evaluación estética**

Para esta etapa se considera el tiempo empleado en realizar las entrevistas a las personas encargadas de evaluar el prototipo.

- **Componentes electrónicos**

Indica todos los materiales eléctricos para la elaboración del circuito para el *protoboard* y para el prototipo final.

- **Material de papelería**

Gastos varios de libros, papel, impresiones, esferográficos, materiales de oficina, entre otros artículos necesarios durante la elaboración del proyecto.

Tabla 14. Detalle económico por etapas del proyecto.

| Descripción | Horas | Valor unitario | Valor total |
|--|-------|----------------|-------------|
| Investigación teórica | 160 | \$ 8,00 | \$ 1.280,00 |
| Consultoría | 10 | \$ 10,00 | \$ 100,00 |
| Simulación de los circuitos electrónicos | 60 | \$ 8,00 | \$ 480,00 |
| Tiempo de tramitación para importación de materiales bibliográficos y componentes electrónicos | 40 | \$ 8,00 | \$ 320,00 |
| Implementación y mediciones | 80 | \$ 8,00 | \$ 640,00 |
| Ensamble del prototipo | 30 | \$ 8,00 | \$ 240,00 |

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|---------|--------------------|
| Evaluación estética | 40 | \$ 8,00 | \$ 320,00 |
| Componentes electrónicos | Varios detallados en la tabla 16 | | \$ 270,85 |
| Material de papelería | Varios | | \$ 400,00 |
| Total | | | \$ 4.050,85 |

4.2 Detalle de componentes electrónicos iniciales

A continuación se detalla los componentes que se compraron al iniciar el proyecto.

Tabla 15. Detalle económico de componentes electrónicos iniciales.

| Elemento | Característica | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|-----------------|-------------------------|----------|-----------------|----------|
| Enchufe | 3 puntas | 1 | \$ 1,20 | \$ 1,20 |
| Transformador A | 120 V a 12 V @ 1/2A | 2 | \$ 5,50 | \$ 11,00 |
| Transformador B | 120 V a 240 V @ 1/2A | 1 | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| Resistencia | 820 @ 1/2W | 2 | \$ 0,20 | \$ 0,40 |
| Resistencia | 2,7k @ 1/2W | 2 | \$ 0,20 | \$ 0,40 |
| Resistencia | 10k @ 1/2W | 2 | \$ 0,20 | \$ 0,40 |
| Resistencia | 33k @ 1/2W | 2 | \$ 0,20 | \$ 0,40 |
| Resistencia | 68k @ 1/2W | 4 | \$ 0,20 | \$ 0,80 |
| Resistencia | 100k @ 1/2W | 6 | \$ 0,20 | \$ 1,20 |
| Resistencia | 470 @ 1/2W | 2 | \$ 0,20 | \$ 0,40 |
| Resistencia | 470k @ 1/2W | 2 | \$ 0,30 | \$ 0,60 |
| Resistencia | 1M @ 1/2W | 3 | \$ 0,30 | \$ 0,90 |
| Resistencia | 1,5K @ 1/2W | 4 | \$ 0,30 | \$ 1,20 |
| Resistencia | 10k @ 1W | 2 | \$ 0,40 | \$ 0,80 |

| | | | | |
|-----------------------|-------------|----|----------|------------------|
| Resistencia | 20k @ 1W | 2 | \$ 0,40 | \$ 0,80 |
| Potenciómetro | 22k | 2 | \$ 0,35 | \$ 0,70 |
| Potenciómetro | 250k | 2 | \$ 0,35 | \$ 0,70 |
| Potenciómetro | 1M | 5 | \$ 0,50 | \$ 2,50 |
| Diodo | 1N4007 | 10 | \$ 0,35 | \$ 3,50 |
| Capacitor | 100pF | 2 | \$ 0,15 | \$ 0,30 |
| Capacitor | 470pF | 5 | \$ 0,15 | \$ 0,75 |
| Capacitor | 0,001uF | 2 | \$ 0,10 | \$ 0,20 |
| Capacitor | 0,022uF | 8 | \$ 0,10 | \$ 0,80 |
| Capacitor | 0,68uF | 2 | \$ 0,20 | \$ 0,40 |
| Capacitor | 25uF | 2 | \$ 0,20 | \$ 0,40 |
| Capacitor | 47uF 350 V | 8 | \$ 2,50 | \$ 20,00 |
| Capacitor | 4700uF 25 V | 2 | \$ 1,50 | \$ 3,00 |
| Rectificador | 7812 | 2 | \$ 1,20 | \$ 2,40 |
| Tubo | 12AX7 | 5 | \$ 18,00 | \$ 90,00 |
| Entrada desbalanceada | | 1 | \$ 0,45 | \$ 0,45 |
| Salida desbalanceada | | 1 | \$ 0,45 | \$ 0,45 |
| <i>Switch</i> | 6 pines | 4 | \$ 1,20 | \$ 4,80 |
| <i>Protoboards</i> | | 2 | \$ 25,00 | \$ 50,00 |
| Cable UTP | 4m | 1 | \$ 4,00 | \$ 4,00 |
| Soquets de tubos | 12AX7 | 3 | \$ 7,00 | \$ 21,00 |
| Disipador de calor | | 1 | \$ 0,50 | \$ 0,50 |
| Estaño | | 1 | \$ 5,00 | \$ 5,00 |
| Cautín | | 1 | \$ 15,00 | \$ 15,00 |
| Pasta para soldar | | 1 | \$ 3,50 | \$ 3,50 |
| Total | | | | \$ 270,85 |

4.3 Detalle de componentes electrónicos del circuito final

A diferencia del cuadro anterior en este se listan los materiales únicos y necesarios para ensamblar el prototipo final, sin considerar la experimentación.

Tabla 16. Detalle de componentes electrónicos del circuito final.

| Elemento | Característica | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|-----------------|-------------------------|-----------------|------------------------|--------------|
| Enchufe | 3 puntas | 1 | \$ 1,20 | \$ 1,20 |
| Transformador A | 120 V a 12 V @ 1/2A | 1 | \$ 5,50 | \$ 5,50 |
| Transformador B | 120 V a 240 V @ 1/2A | 1 | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| Resistencia | 820 @ 1/2W | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Resistencia | 2,7k @ 1/2W | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Resistencia | 10k @ 1/2W | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Resistencia | 33k @ 1/2W | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Resistencia | 68k @ 1/2W | 3 | \$ 0,20 | \$ 0,60 |
| Resistencia | 100k @ 1/2W | 4 | \$ 0,20 | \$ 0,80 |
| Resistencia | 470 @ 1/2W | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Resistencia | 470k @ 1/2W | 1 | \$ 0,30 | \$ 0,30 |
| Resistencia | 1M @ 1/2W | 2 | \$ 0,30 | \$ 0,60 |
| Resistencia | 1,5K @ 1/2W | 2 | \$ 0,30 | \$ 0,60 |
| Resistencia | 10k @ 1W | 1 | \$ 0,40 | \$ 0,40 |
| Resistencia | 20k @ 1W | 1 | \$ 0,40 | \$ 0,40 |
| Potenciómetro | 22k | 1 | \$ 0,35 | \$ 0,35 |
| Potenciómetro | 250k | 1 | \$ 0,35 | \$ 0,35 |
| Potenciómetro | 1M | 4 | \$ 0,50 | \$ 2,00 |
| Diodo | 1N4007 | 8 | \$ 0,35 | \$ 2,80 |
| Capacitor | 100pF | 1 | \$ 0,15 | \$ 0,15 |
| Capacitor | 470pF | 3 | \$ 0,15 | \$ 0,45 |
| Capacitor | 0,001uF | 1 | \$ 0,10 | \$ 0,10 |
| Capacitor | 0,022uF | 6 | \$ 0,10 | \$ 0,60 |
| Capacitor | 0,68uF | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Capacitor | 25uF | 1 | \$ 0,20 | \$ 0,20 |
| Capacitor | 47uF 350 V | 6 | \$ 2,50 | \$ 15,00 |

| | | | | |
|-----------------------|-----------------|---|----------|------------------|
| Capacitor | 4700uF 25 V | 1 | \$ 1,50 | \$ 1,50 |
| Rectificador | 7812 | 1 | \$ 1,20 | \$ 1,20 |
| Tubo | 12AX7 | 3 | \$ 18,00 | \$ 54,00 |
| Entrada desbalanceada | | 1 | \$ 0,45 | \$ 0,45 |
| Salida desbalanceada | | 1 | \$ 0,45 | \$ 0,45 |
| Switch | 6 pines | 2 | \$ 1,20 | \$ 2,40 |
| Cable UTP | 4m | 1 | \$ 4,00 | \$ 4,00 |
| Soquets de tubos | 12AX7 | 3 | \$ 7,00 | \$ 21,00 |
| Disipador de calor | | 1 | \$ 0,50 | \$ 0,50 |
| Estaño | | 1 | \$ 5,00 | \$ 5,00 |
| Cautín | | 1 | \$ 15,00 | \$ 15,00 |
| Pasta para soldar | | 1 | \$ 3,50 | \$ 3,50 |
| PCB | Fibra de vidrio | 1 | \$ 18,00 | \$ 18,00 |
| Caja metálica | | 1 | \$ 25,00 | \$ 25,00 |
| Total | | | | \$ 205,60 |

Se eliminan componentes extras utilizados en la experimentación como, resistencias, capacitores y *protoboards*, pero se le añade el costo de los PCB y la caja metálica.

4.4 Consideraciones sobre el análisis económico

Muchos equipos necesarios como generador de ondas, osciloscopio, multímetro, juego de pinzas y alicates no están considerados en el análisis económico debido a que se utilizaron los equipos de laboratorio de la Universidad de las Américas.

Debido a que la investigación, la simulación y el análisis del trabajo son considerados como responsabilidad del investigador no son considerados como un costo para el proyecto, por lo tanto el costo definitivo es de \$ 910.85.

Tabla 17. Costo definitivo

| Descripción | Precio |
|--------------------------|------------------|
| Ensamble del prototipo | \$ 240 |
| Componentes electrónicos | \$ 270.85 |
| Material de papelería | \$ 400 |
| Total | \$ 910.85 |

Si al costo definitivo le restamos los gastos de experimentación obtenemos el costo único de implementación el cual sería de \$ 845.60.

Tabla 18. Costo único de implementación.

| Descripción | Precio |
|----------------------------|------------------|
| Costo definitivo | \$ 910.85 |
| Gastos de experimentación. | \$ -65.25 |
| Total | \$ 845.60 |

4.5 Comparación costo beneficio en el mercado

Si bien el preamplificador tiene un costo elevado de investigación, resulta útil el comparar el costo de elaboración del preamplificador y compararlo con el precio de sus homólogos en el mercado.

Tabla 19. Comparación de precios de amplificadores y preamplificadores en el mercado.

| Dispositivo | Precio | Observaciones |
|--------------------------|-------------------|---|
| Fender Champ 5E1 | \$ 1600 - \$ 3000 | Disponibles únicamente usados. Incluyen etapa de potencia |
| Marshall JCM 800 | \$ 2400 | Incluye etapa de potencia. |
| Preamplificador emulador | \$ 845 | Únicamente preamplificador. |

El elaborar un preamplificador como el planteado en el proyecto es un 72% y 65% más económico que sus competidores respectivamente. Sin embargo hay que considerar que los otros dispositivos cuentan con la etapa de amplificación por lo cual son más costos.

Otro punto importante a considerar es que en el Ecuador el precio de los amplificadores originales incrementaría de un 30 a 40 % más si consideramos los gastos de importación.

5 Proyecciones del proyecto

- Elaborar una etapa de potencia para este preamplificador, es el siguiente paso para completar la cadena electroacústica.
- El establecer características eléctricas del preamplificador y así también los métodos para medir estas características, ya que actualmente no existen y tampoco se los considera en el mercado.
- Para futuras investigaciones implementar este preamplificador “mixto” en la etapa de potencia de un JCM 800. Resultaría sencillo debido a que el diseño planteado está basado en el JCM 800 original.
- El crear un preamplificador con diferentes ecualizadores, ver como contribuyen y determinar el idóneo para este tipo de preamplificadores.
- Programar el circuito en otras plataformas de simulación. La medición y el cálculo de los parámetros eléctricos servirían para generar un algoritmo más complejo y preciso en futuras investigaciones.
- Revisión reducción de ruido sobre los preamplificadores implementados, si bien presentó problemas en esta investigación, el proyecto más próximo para continuar con este proyecto es la reducción de ruido en preamplificadores.
- En preamplificadores de alta ganancia como en el Marshall JCM800, estudiar la distorsión intencional que generan y establecer nuevas posibilidades.

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- El diseño y construcción de un preamplificador a válvulas para guitarra con dos diferentes calidades tonales es completamente viable.
- Es posible establecer un solo circuito eléctrico que permite la emulación de dos diferentes preamplificadores. Compartiendo circuitería tal como lo es la etapa de rectificación y ecualización.
- La simulación mediante software no solo facilita el comprender como funciona la circuitería, sino también simplifica el análisis, la experimentación y la construcción.
- La implementación y ensamblaje del circuito eléctrico es factible, sin embargo es una etapa que lleva mucho tiempo, cerca del cincuenta por ciento del tiempo de todo este proyecto fue destinado para el ensamblaje.
- La medición de parámetros técnicos del preamplificador no es del todo posible, actualmente no existen un referente que establezca las características técnicas que debe poseer de un preamplificador y tampoco metodologías de medición para características. Sin embargo impedancia y respuestas en frecuencias, son parámetros que pueden ser considerados, a partir de esta investigación.
- Pese a que la comparación de los preamplificadores originales y emulados eran considerados indispensables en la investigación, el mercado ecuatoriano está limitado por la escases de estos dispositivos y la demanda que presentan estos dispositivos. Por lo tanto el comparar eléctricamente los dispositivos resulta complicado, considerando las variables tiempo y dinero que implica realizar estas mediciones. Por otro lado el comparar psicoacústicamente es posible mediante grabaciones.
- Las diferencias en frecuencias medias y en graves del preamplificador son las principales características del preamplificador construido, como lo indican las percepciones de los especialistas entrevistados. Si bien no es exactamente igual el sonido del preamplificador JCM800 al original,

tienen sus similitudes, sin embargo debido a las apreciables diferencias, se habla de un nuevo preamplificador con un nuevo sonido.

- Pese a que el preamplificador no cuenta con etapa de potencia, si puede ser añadido a cualquier etapa de amplificación y funcionar.
- La etapa de ecualización influye directamente en la forma de onda resultante, es apreciable tanto en simulaciones como en el osciloscopio los aportes que realiza el ecualizador en los diferentes preamplificadores.
- La etapa de ecualización pese a ser una etapa compartida en los diferentes preamplificadores, no comparte las mismas frecuencias de corte, es decir el realce o atenuación de frecuencias no va a ser el mismo dependiendo del preamplificador que esté funcionando.
- En el Ecuador resulta económico el diseño y ensamblaje de dispositivos electroacústicos, sin embargo las políticas de importación dificultan el conseguir los materiales necesarios para la implementación.

6.2 Recomendaciones

- El estudio de mercado es muy importante a la hora de empezar la fabricación de un proyecto de este tipo, abarata costos y tiempo, sobretodo en el mercado ecuatoriano que es un medio bastante pequeño el de la electrónica.
- En el mercado ecuatoriano muchos de los componentes no se los encuentra en un solo sitio, inclusive hay componentes como los transformadores amplificadores que no son comunes y por lo tanto difíciles de encontrar, es por eso que para conseguir estos componentes es recomendable acudir a técnicos especializados que fabrican estos componentes de manera artesanal.
- Realizar un análisis por etapas resulta útil realizarlo cuando se realizan las pruebas en *protoboard*. Pese a que toma más tiempo realizar estas mediciones, contribuyen para el diseño final del preamplificador.
- Implementar código de colores resulta útil y evita muchas confusiones tanto en pruebas como en el ensamblaje final.

- Al momento de entrevistar se obtiene una mejor apreciación psicoacústicas al introducir el preamplificador en la cadena electroacústica conocida, partiendo desde la fuente que en este caso es la guitarra eléctrica.

REFERENCIAS

- MARSHALL AMPLIFICATION. (1 de Octubre de 2014). *MARSHALL AMPLIFICATION*. Recuperado el 1 de Octubre de 2014, de MARSHALL AMPLIFICATION:
<http://www.marshallamps.com/history/made-in-england>
- Dr Tube*. (01 de octubre de 2014). Recuperado el 01 de Octubre de 2014, de Dr Tube: <http://www.drtube.com/library/schematics/69-marshall-schemas#JCM800>
- Allen, D. (28 de Noviembre de 2010). *Fender 5E1 Tweed Champ*. Recuperado el 28 de Marzo de 2014, de Fender 5E1 Tweed Champ Project Page: <http://tknives.com/classact/tweedchamp.html>
- Álvarez, J. A. (marzo de 2012). *ASÍ FUNCIONA*. Recuperado el 5 de noviembre de 2013, de <http://www.asifunciona.com/>
- Blencowe, M. (2009). *Designing Valve Preamps for Guitar and Bass* (Segunda ed.). York, United Kingdom.
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, España: UPC.
- COLOMBO, A. (6 de agosto de 2012). *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco*. Recuperado el 6 de noviembre de 2013, de Facultad de Ingeniería:
<http://www.ing.unp.edu.ar/electronica/asignaturas/ee016/>
- Costas Soto, R. (19 de noviembre de 2008). *Departamete de Tecnología Electronica Universidad de Vigo*. Recuperado el 7 de noviembre de 2013, de Convertidores AC/DC:
<http://www.dte.uvigo.es/recursos/potencia/ac-dc/archivos/diodo.htm>
- Fender. (1 de Octubre de 2014). *Fender Musical Instruments* . Recuperado el 1 de Octubre de 2014, de Fender Musical Instruments :
<http://www.fender.com/es-ES/history/>
- Jones, M. (2004). *Building Valve Amplifiers* (Primera ed.). Oxford, England: Newnes.
- Kuehnel, R. (2009). *Vacuum Tube Circuit Design: Guitar Amplifier Preamps* (Segunda ed.). Seattle, United States of America: Amp Books LLC.
- Midge, M. &. (1 de Abril de 2008). *Mhuss*. Recuperado el 28 de Marzo de 2014, de Mhuss: <http://mhuss.com/MyJCM/>

- Miyara, F. (2004). *Acustica y Sistemas de Sonido*. Rosario, Argentina: UNR Editora.
- Miyara, F. (7 de junio de 2006). *FCEIA*. Recuperado el 22 de septiembre de 2013, de LABORATORIO DE ACÚSTICA Y ELECTROACÚSTICA: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/audio/electroac.pdf>
- Montecinos, B. (s.f.). *ELECTRONICA DE SEMICONDUCTORES*. Recuperado el 5 de noviembre de 2013, de <http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/apuntes/capacitores/capacitores.htm>
- Pittman, A. (2004). *The Tube Amp Book*. China: Backbeat Books.
- Rumsey, F., & Mc Cormick, T. (2009). *Introducción al Sonido y la Grabación*. Madrid, España: IORTV.
- Villamar Villareal, J. J. (2011). *Diseño y construcción de un preamplificador para micrófono con tecnología de tubos catódicos*. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas.
- Zattola, T. (1995). *Vacuum Tube Guitar And Bass Amplifier Theory*. New York, USA: The Bold Strummer.

ANEXOS

Anexo 1

Glosario

Biasing.- Polarización, en el texto hace referencia al punto de polarización.

Drive.- En una de las entrevistas hace referencia al *gain*.

Gain.- Hablando en términos eléctricos, hace referencia a la multiplicación. Esta es una propiedad propia del circuito más no del sonido.

Mastering.- Etapa de producción musical posterior a la mezcla.

Overdrive.- Se refiere a cómo la válvula maneja la forma de onda. Clípeo visible en la forma de onda suave o moderada, que se traduce como el sonido propio de la válvula.

Tip-Sleeve.- Punta y manga. Hace referencia a las partes de las cuales se compone un conector TS.

Protoboard.- Placa de pruebas.

Vintage.- Viejo. Término utilizado en audio para equipos o sonido clásicos.

Anexo 2

Diagramas varios de los preamplificadores Marshall JCM 800 y Fender Champ 5E1

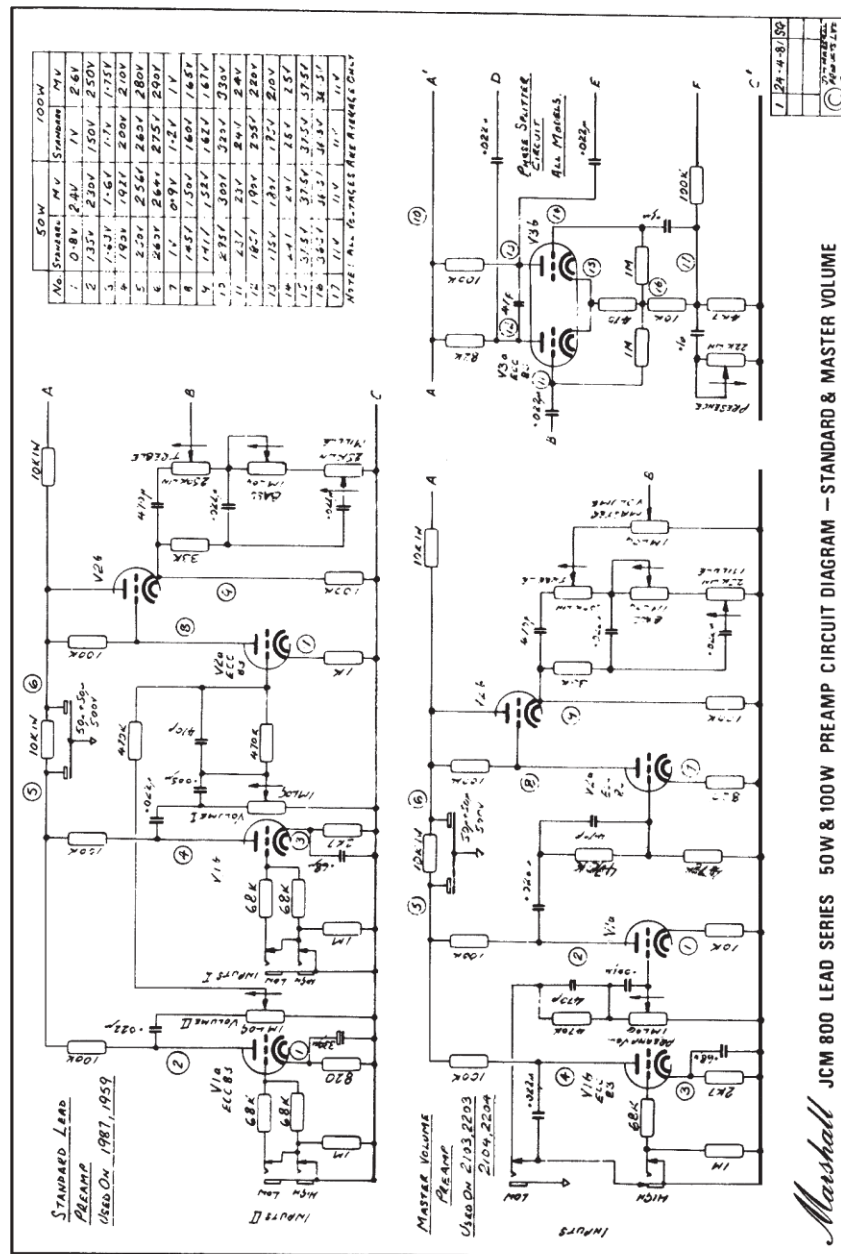


Figura 87. Diagrama eléctrico preamplificador Marshall JCM 800.

Recuperado el 01 de septiembre del 2014 de <http://www.drtube.com/schematics/marshall/jcm800pr.gif>

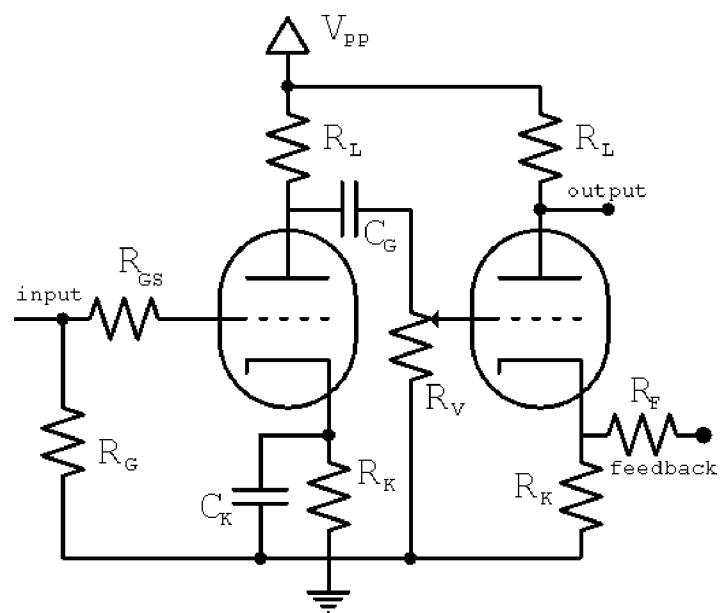


Figura 88. Diagrama eléctrico preamplificador Fender Champ 5E1.

Recuperado el 14 de abril del 2014 de <http://www.ampbooks.com/home/classic-circuits/fender-champ-5e1-preamp/>

FENDER "CHAMP-AMP" SCHEMATIC MODEL 5E1

H-EE

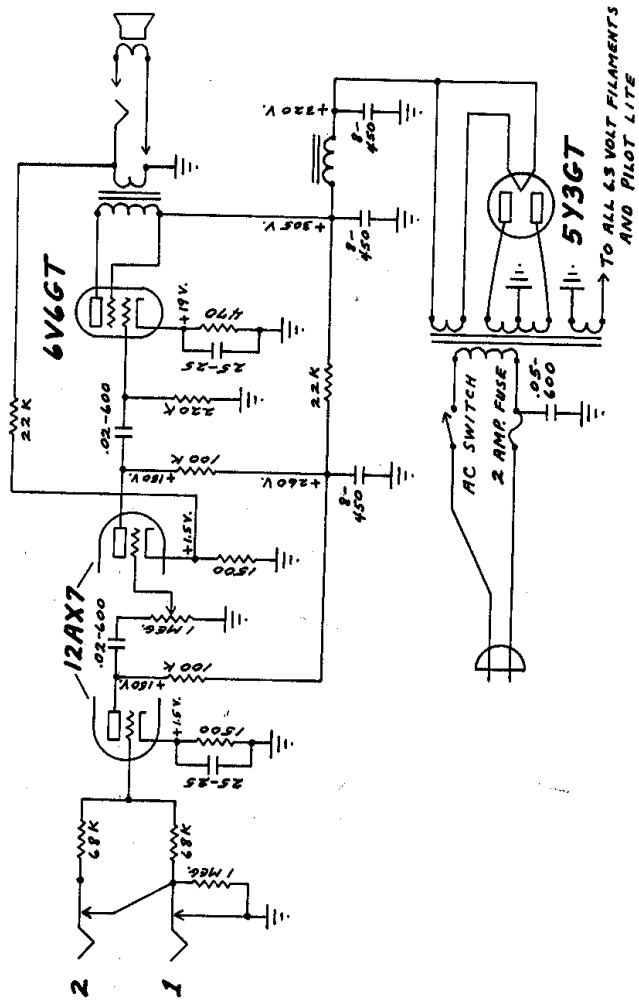
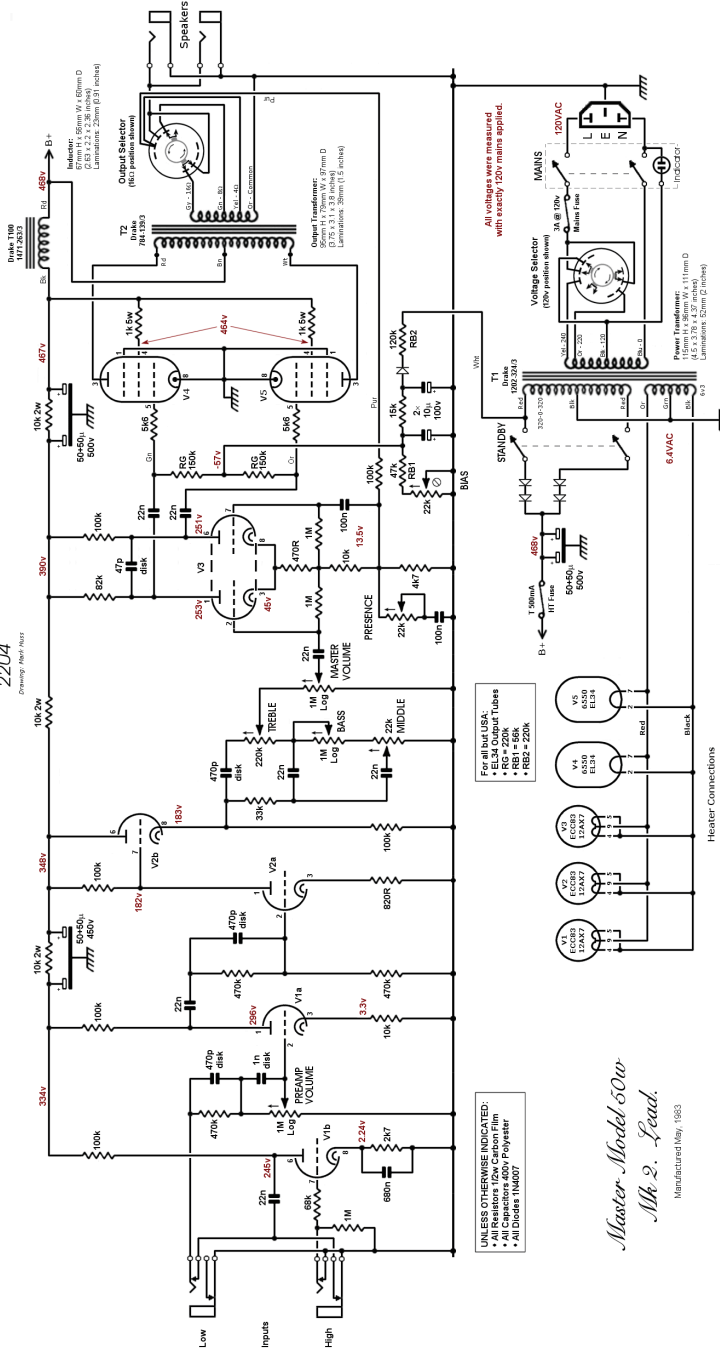


Figura 89. Diagrama eléctrico Fender Champ 5E1

Recuperado el 12 de marzo del 2014 de
<http://tknives.com/classact/tweedchamp.html>

**JCM 800
LEAD SERIES
2204**
Changing Head Noise



UNLESS OTHERWISE INDICATED:
• All resistors are 1% tolerance
• All capacitors are 400V Polyester
• All Diodes 1N4007

For all but USA:
• Output Tubes
• RB1 = 65k
• RB2 = 220k

*Master Model 50w
Mk 2. Lead.*
Manufactured May, 1983

Figura 90. Diagrama eléctrico preamplificador Marshall JCM 800.
Recuperado el 12 de marzo del 2014 de <http://mhuss.com/MyJCM/>

Anexo 3

Especificaciones Técnicas del tubo 12AX7



engineering data service

SYLVANIA
12AX7
6AX7

MECHANICAL DATA

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Bulb | T-6½ |
| Base | E9-1, Small Button 9-Pin |
| Outline | 6-2 |
| Banding | 9A |
| Cathode | Coated Unipotential |
| Mounting Position | Any |

ELECTRICAL DATA

HEATER CHARACTERISTICS

| | 6AX7 | 12AX7 |
|--|----------|----------------|
| Heater Voltage Series/Parallel | 6.3/3.15 | 12.6/6.3 Volts |
| Heater Current Series/Parallel | 300/600 | 150/300 Ma |
| Heater Warm-up Time ^{1, 4} | 11 | Seconds |
| Heater-Cathode Voltage (Design Center Values) | | |
| Heater Negative with Respect to Cathode | | 200 Volts Max. |
| Total DC and Peak | 200 | |
| Heater Positive with Respect to Cathode | | 100 Volts Max. |
| DC | 100 | |
| Total DC and Peak | 200 | 200 Volts Max. |

DIRECT INTERELECTRODE CAPACITANCES

| | Section 1 ² | | Section 2 ² | |
|-----------------------------|------------------------|------------|------------------------|------------|
| | Shielded ³ | Unshielded | Shielded ¹ | Unshielded |
| Grid to Plate | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 µpf |
| Input (g to h+k) | 1.8 | 1.6 | 1.8 | 1.6 µpf |
| Output (p to h+k) | 1.9 | 0.46 | 1.9 | 0.34 µpf |

RATINGS (Design Center Values) Each Section

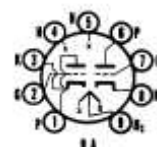
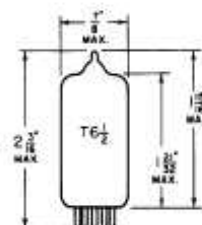
| | |
|------------------------------------|----------------|
| Plate Voltage | 300 Volts Max. |
| Plate Dissipation | 1.0 Watt Max. |
| Positive DC Grid Voltage | 0 Volts Max. |
| Negative DC Grid Voltage | -50 Volts Max. |

CHARACTERISTICS AND TYPICAL OPERATION

| Class A ₁ Amplifier — Each Section | | | |
|---|--------|-------------|--|
| Plate Voltage | 100 | 250 Volts | |
| Grid Voltage | -1 | -2 Volts | |
| Plate Current | 0.5 | 1.2 Ma | |
| Plate Resistance | 80,000 | 62,500 Ohms | |
| Transconductance | 1250 | 1600 µmhos | |
| Amplification Factor | 100 | 100 | |

QUICK REFERENCE DATA

The Sylvania Type 12AX7 is a miniature high- μ twin triode having separate cathodes. It is designed for service as an audio voltage amplifier or phase inverter. The center tapped heater of the Type 12AX7 permits operation on 12.6 or 6.3 volts. The 12AX7 is identical to the 6AX7 except for heater characteristics. The 6AX7 employs a 600 Ma heater and controlled heater warm-up time for use in series string television receivers.



SYLVANIA ELECTRIC PRODUCTS INC.

RADIO TUBE DIVISION
EMPORIUM, PA.

Prepared and Released By The
TECHNICAL PUBLICATIONS SECTION
EMPORIUM, PENNSYLVANIA

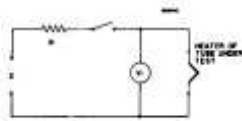
SEPTEMBER 1955

PAGE 1 OF 4

NOTES:

1. Heater Warm-up Time is defined as the time required in the circuit shown below for the voltage across the heater terminals to increase from zero to the heater test voltage (V1). The conditions used in conjunction with the test circuit depend upon the rated heater voltage and current of the tube under test.

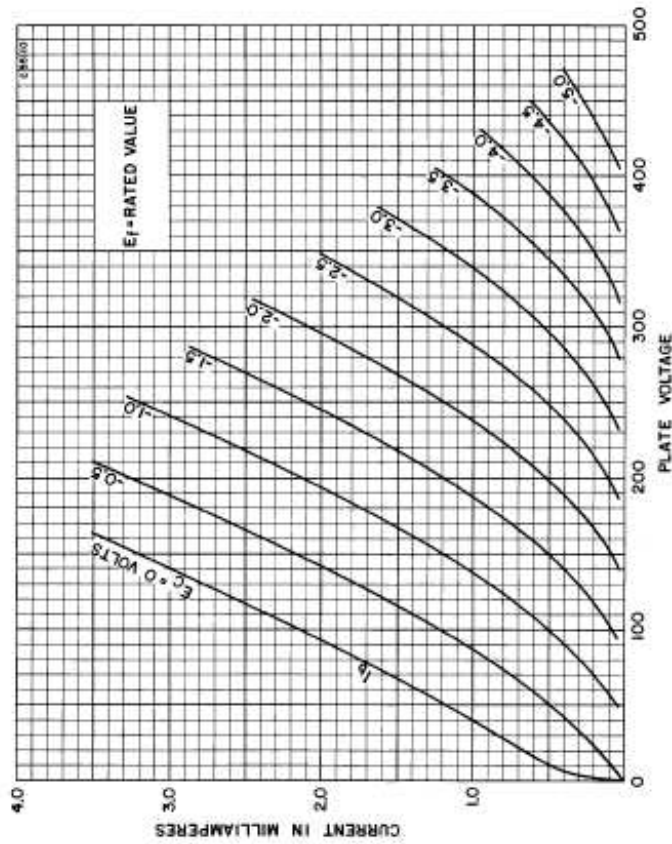
For this type: E = 12.5 Volts, R = 15.8 Ohms, V1 = 2.5 Volts.



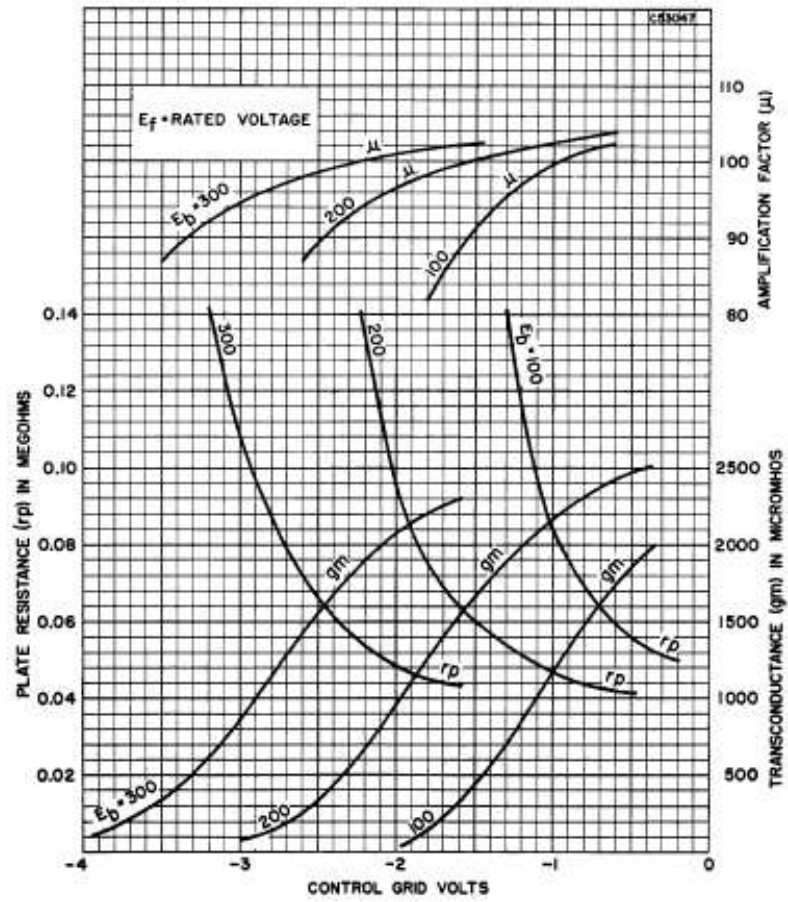
E — Applied Voltage, RMS or DC
 R — Total Series Resistance
 V1 — Heater Test Voltage, RMS or DC
 (80% Rated Heater Voltage)

2. Section No. 1 connects to Pins 6, 7 and 8.
- Section No. 2 connects to Pins 1, 2 and 3.
3. External shield No. 315 connected to cathode of section under test.
4. Controlled Heater Warm-up Time applies to parallel connection only.

**AVERAGE PLATE CHARACTERISTICS
 EACH SECTION**



AVERAGE TRANSFER CHARACTERISTICS
EACH SECTION



Anexo 4

Diagramas para PCB del circuito preamplificador.

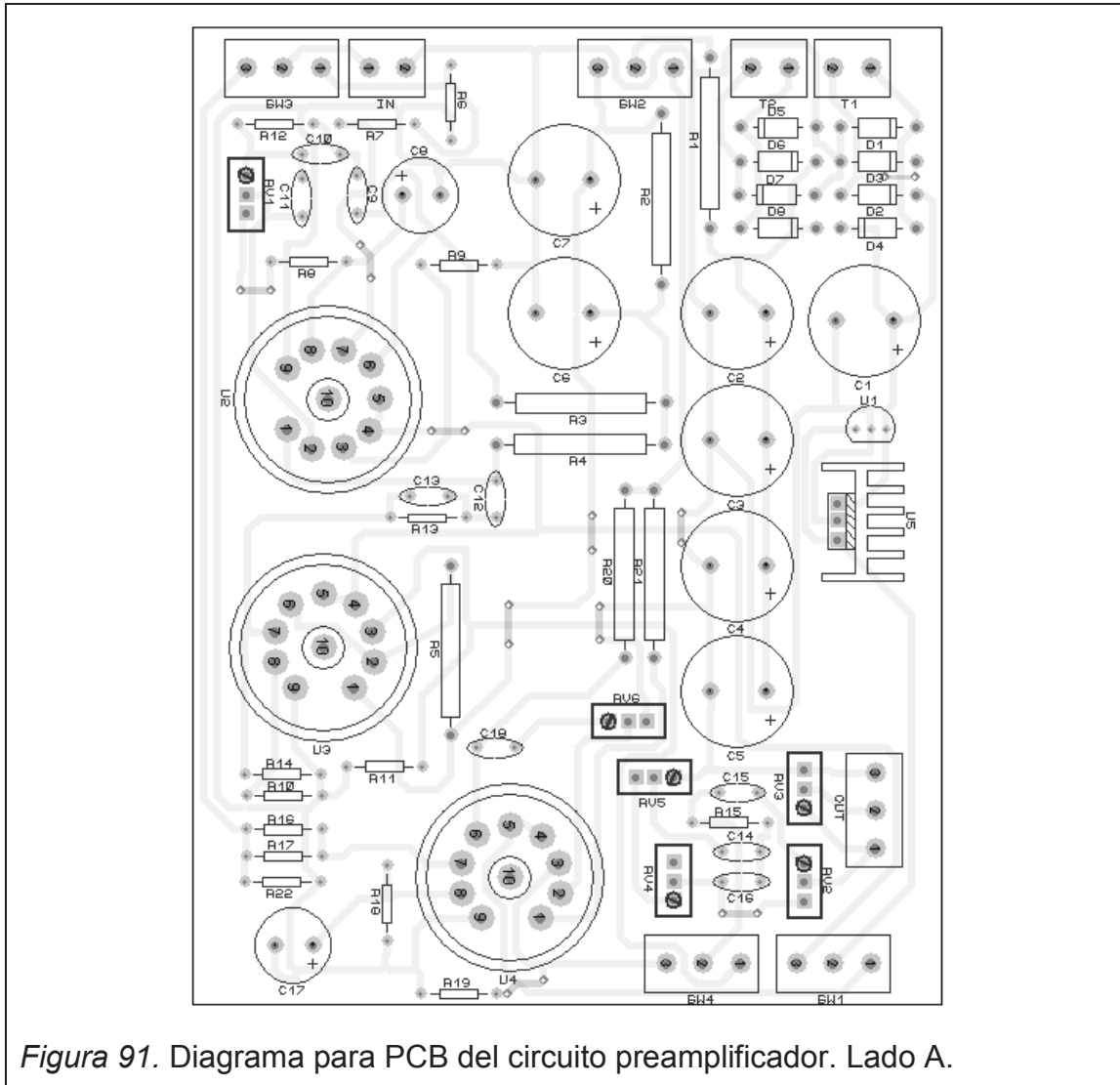


Figura 91. Diagrama para PCB del circuito preamplificador. Lado A.

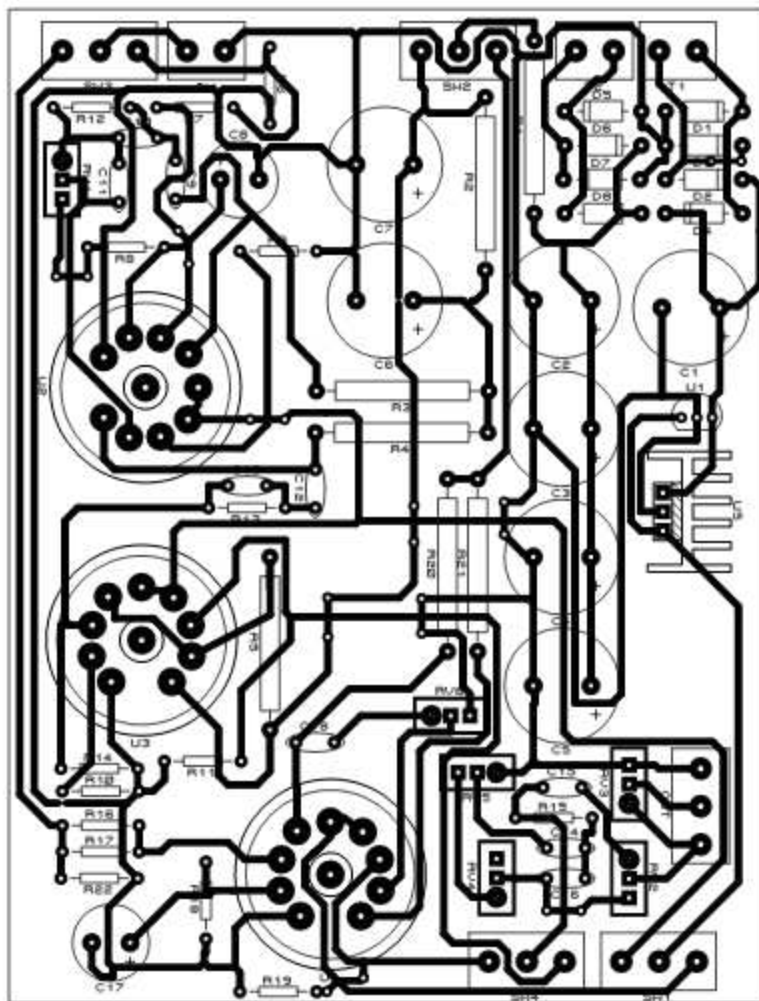


Figura 92. Diagrama para PCB del circuito preamplificador. Lado B.

Anexo 5

Diagramas para PCB por etapas de amplificación.

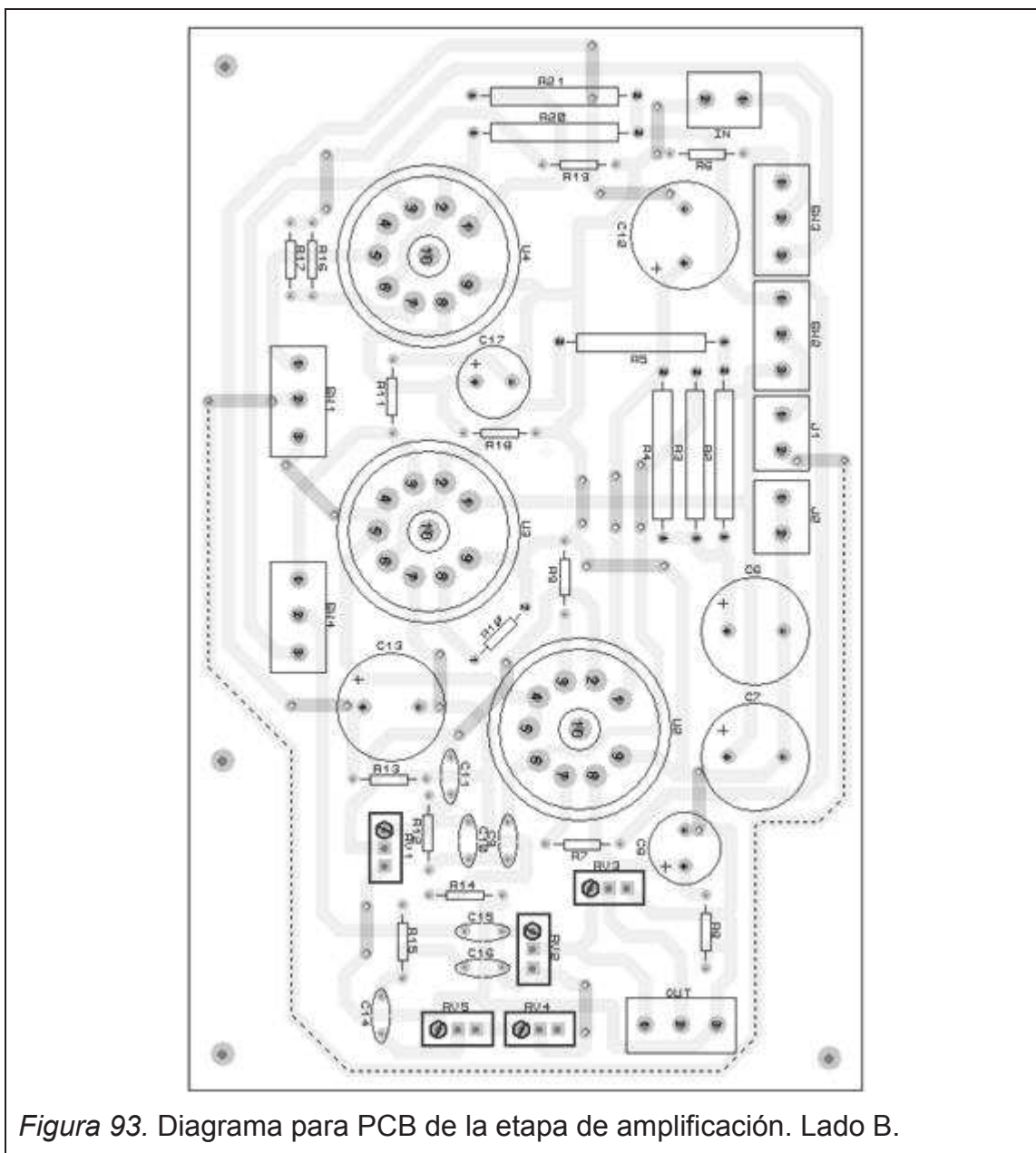


Figura 93. Diagrama para PCB de la etapa de amplificación. Lado B.

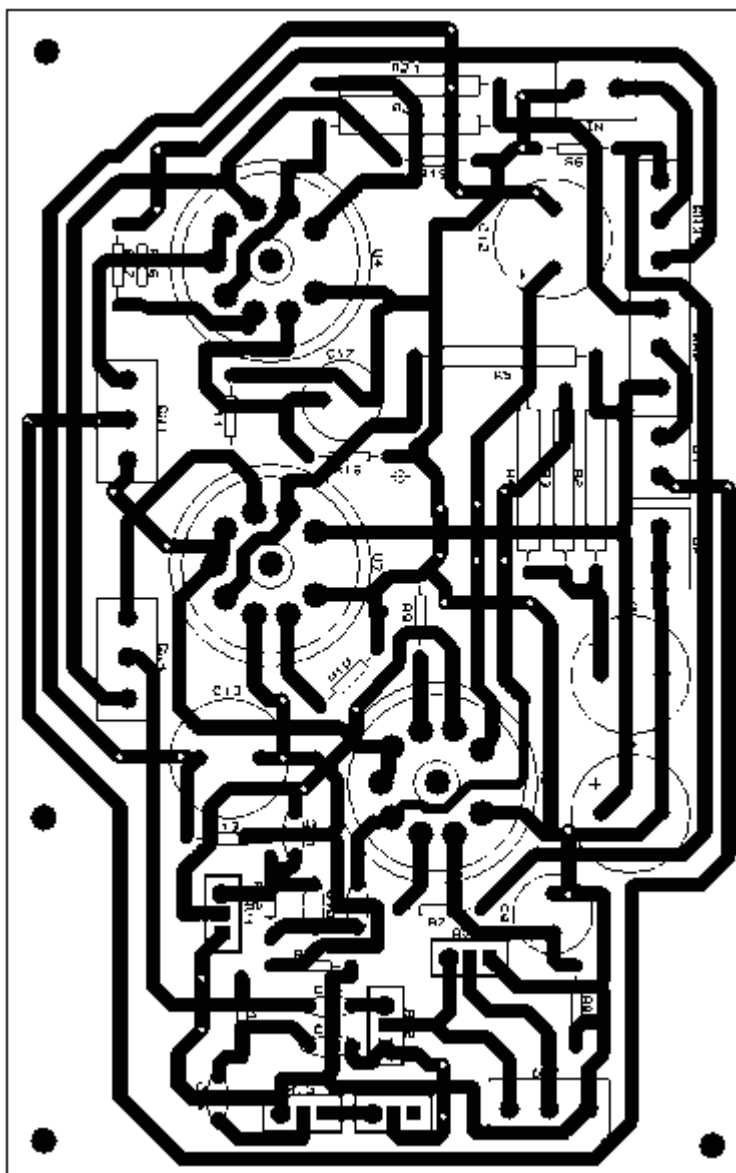


Figura 94. Diagrama para PCB de la etapa de amplificación. Lado A

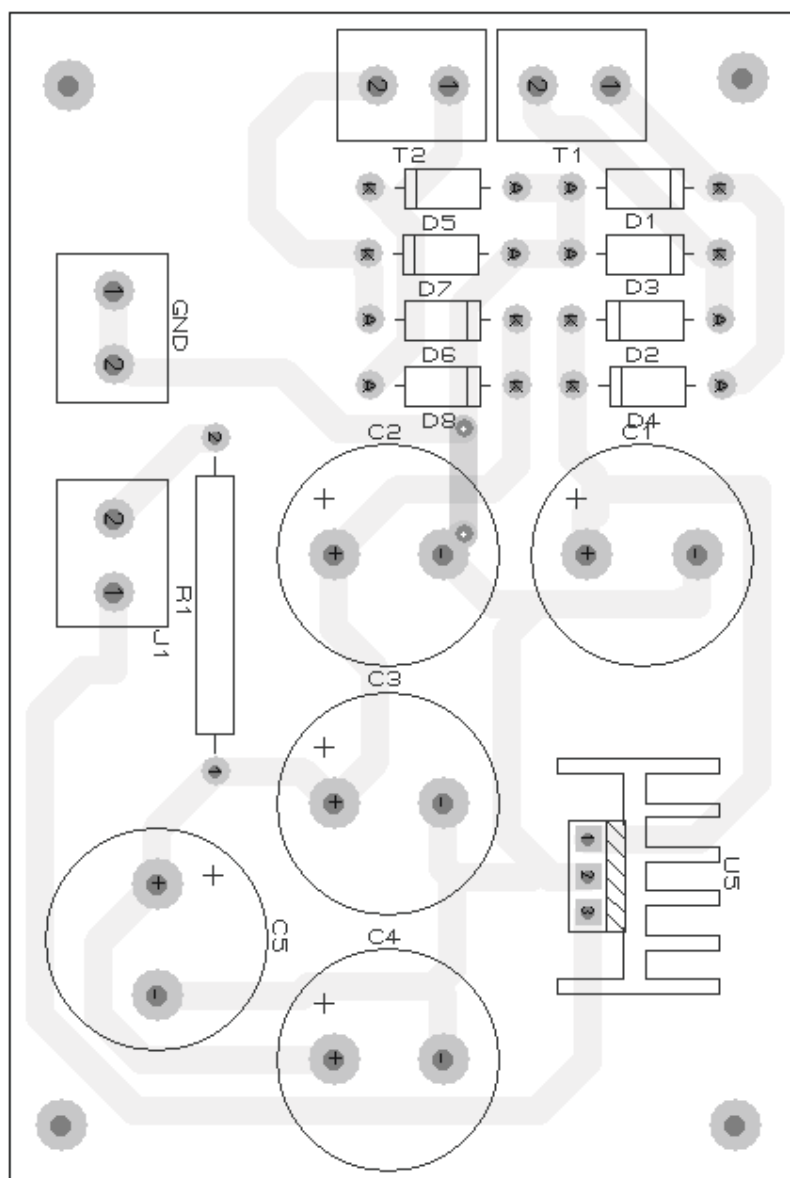
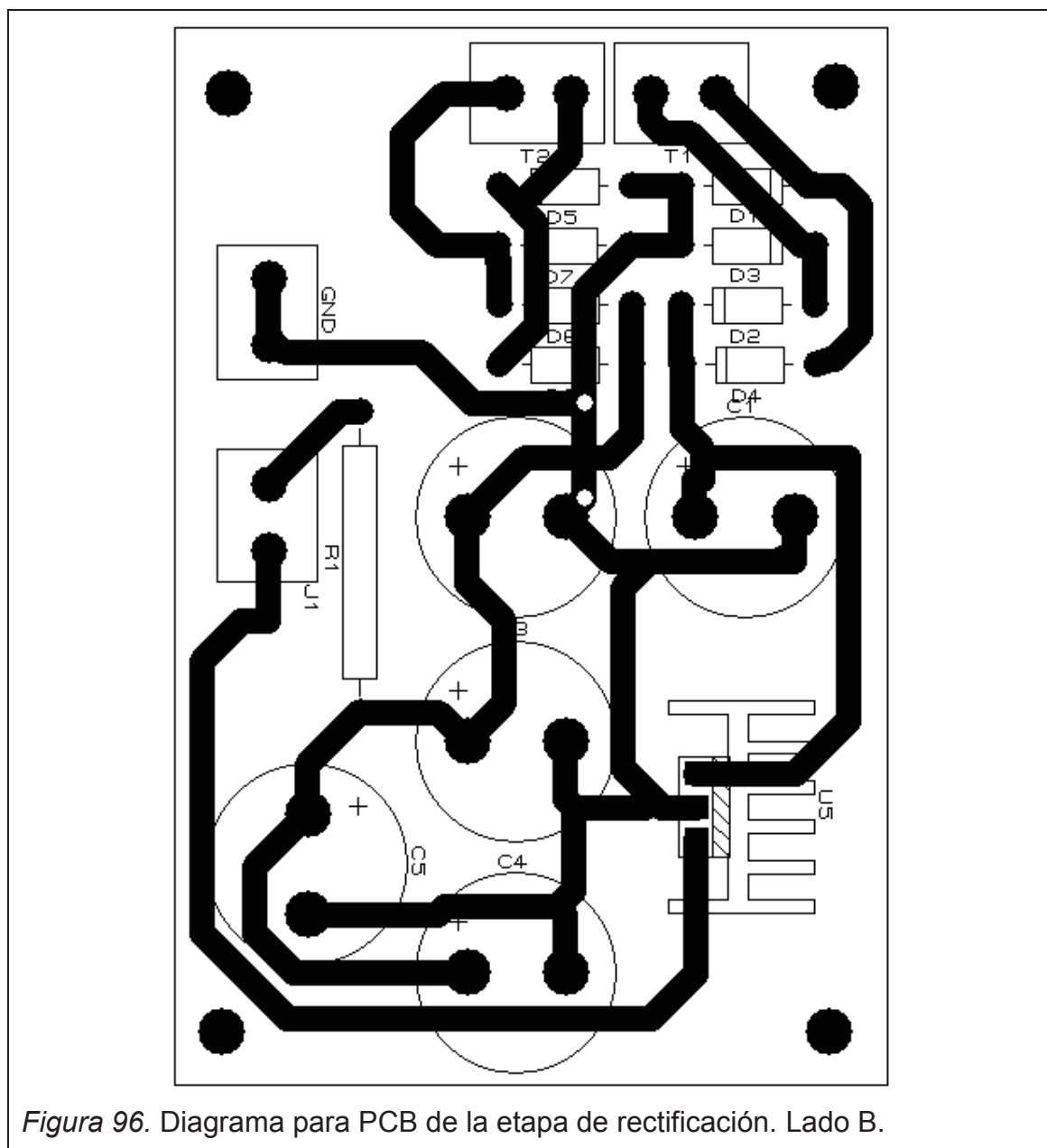


Figura 95. Diagrama para PCB de la etapa de rectificación. Lado A.



Anexo 6

Líneas de carga por etapas de los preamplificadores

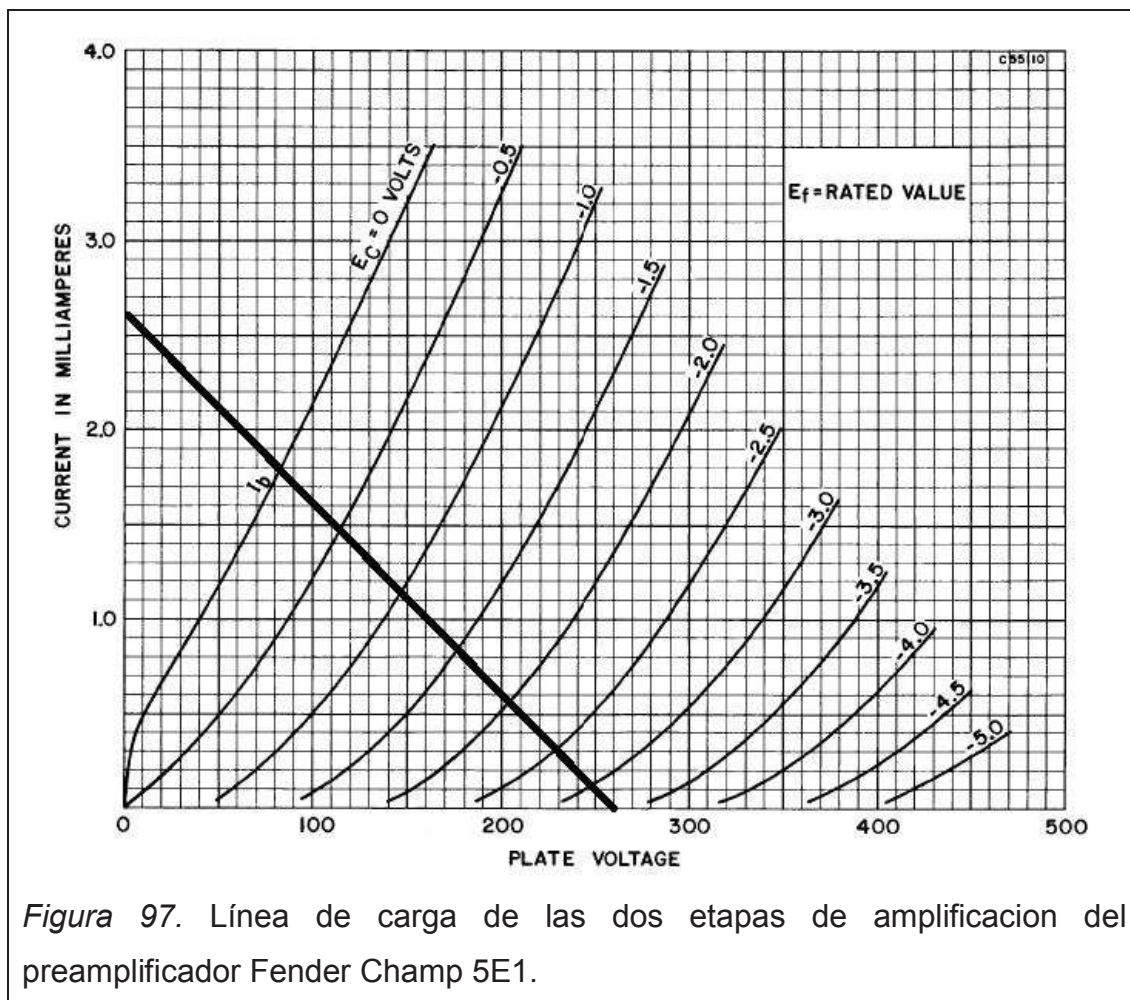


Figura 97. Línea de carga de las dos etapas de amplificación del preamplificador Fender Champ 5E1.

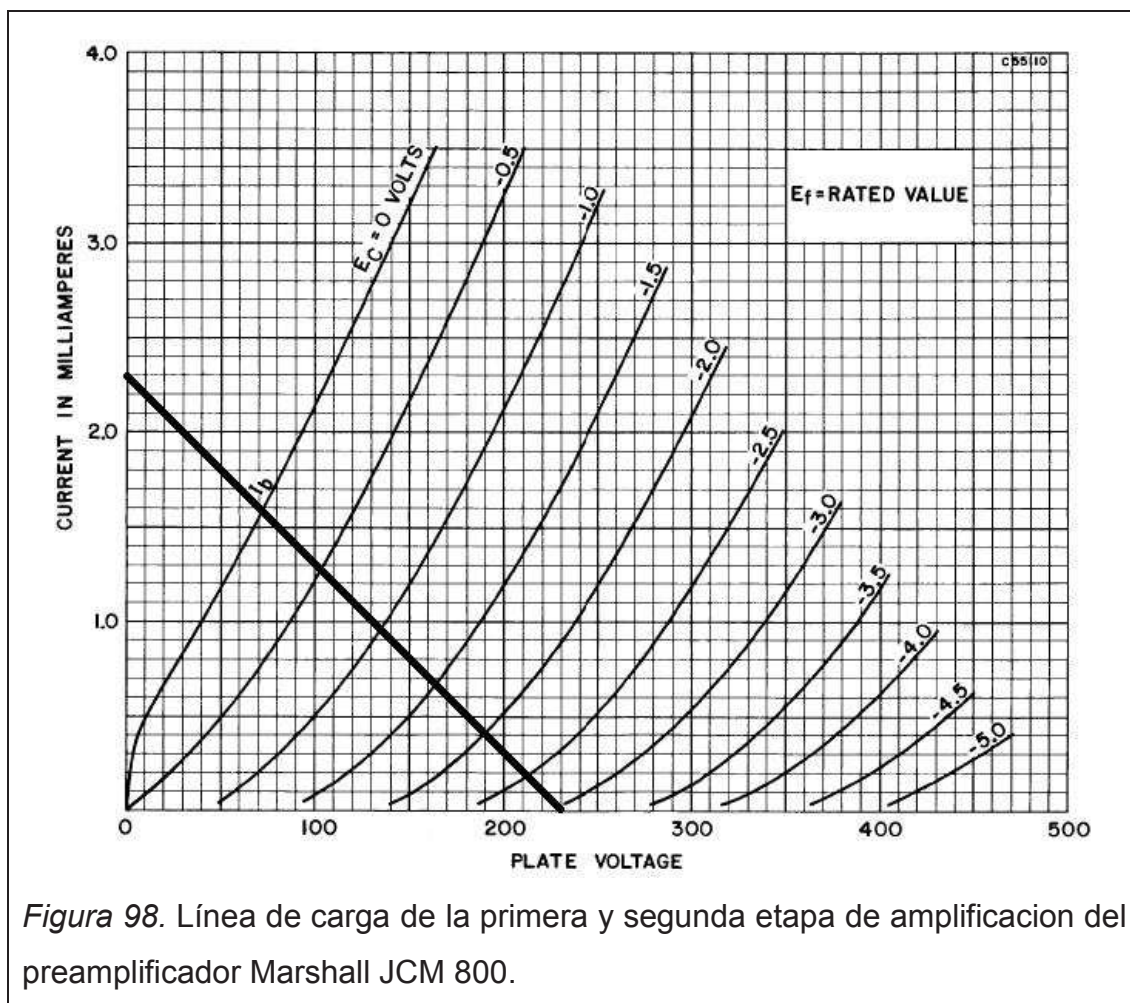


Figura 98. Línea de carga de la primera y segunda etapa de amplificación del preamplificador Marshall JCM 800.

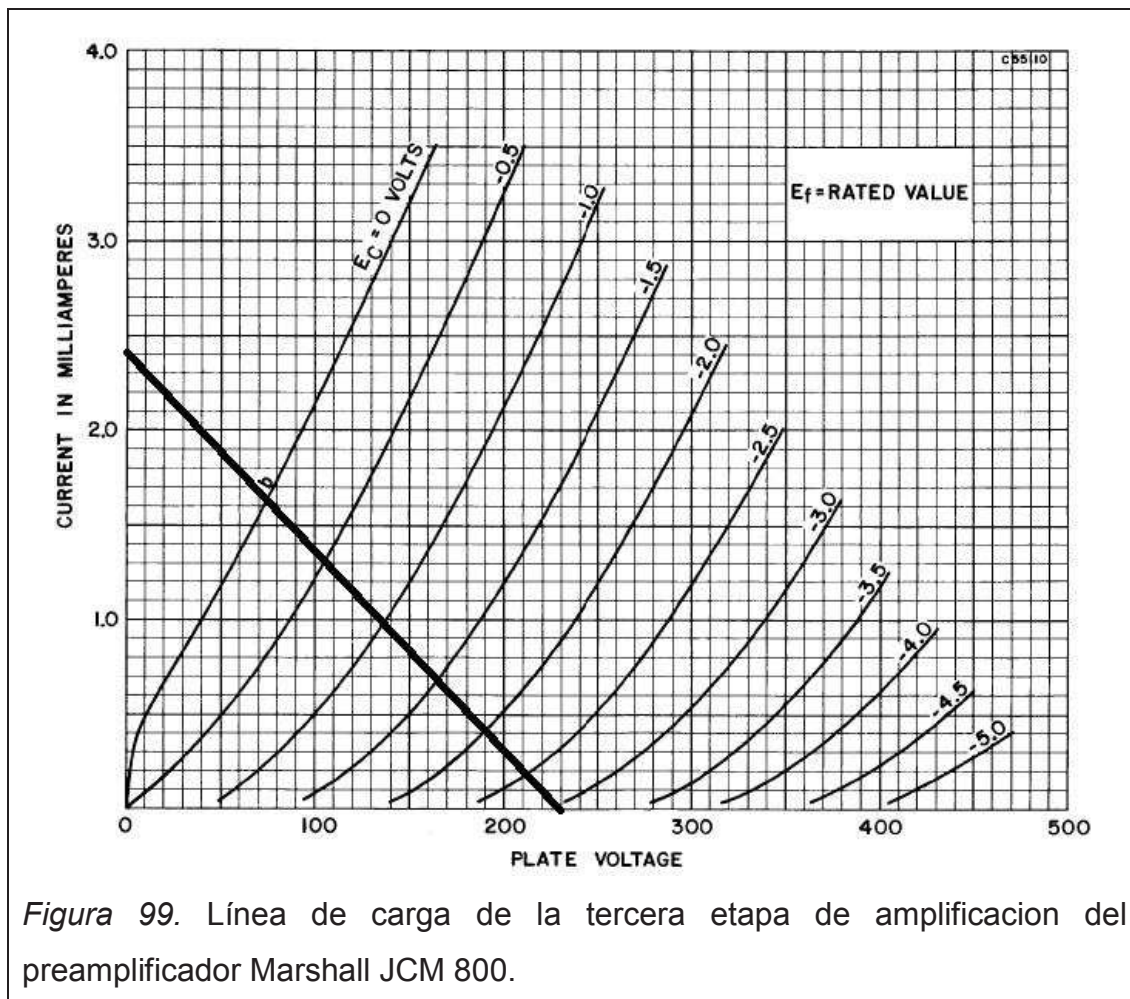


Figura 99. Línea de carga de la tercera etapa de amplificación del preamplificador Marshall JCM 800.

No se cuenta con una línea de carga para la cuarta etapa de amplificación debido a que esta se encuentra conectada de diferente forma, para poder cumplir otra función.

Anexo 7

Entrevistas

Entrevistado: Alfredo Carvajal



Figura 100. Entrevista Alfredo Carvajal.

Entrevistador: Jhonatan López

Háblanos un poco acerca de ti

Mi nombre es Alfredo Carvajal, soy músico y propietario del estudio de grabación “Mi Estudio”, ex docente de la UDLA en algunas de las carreras y actualmente me desempeño como profesor de grabación y sonido en el Instituto de Artes Visuales Quito.

Cuéntanos un poquito como músico y guitarrista. ¿Con qué tipo de amplificadores o preamplificadores has trabajado?

Mi experiencia es que soy como medio novato, porque hago esto recién desde el año 83. Y he probado la mayoría de amplificadores y preamplificadores, entre válvulas, transistores y digitales. He utilizado mucho los sonidos Fender y de Marshall, talvez por el exceso de graves nunca me ha gustado Mesa Boogie, pero soy más hacia Fender y hacia Marshall. Como músico también he utilizado amplificadores y preamplificadores de válvulas para bajo en Ampeg NTC2, NTC4; y en Marshall casi toda la línea del 800 y 900, el 2000, el plexi,

los JTM y muchos de los que se están utilizando hasta la actualidad como los JMP.

¿Cuál crees que es la principal diferencia entre válvulas y transistores?

Que en el momento en que le damos más “*gain*” en la etapa del preamplificador, realmente la distorsión se produce al momento en que la onda es tan grande que los preamplificadores ya no pueden trabajar el tamaño de la senoide, entonces se comienzan a realizar cortes en la senoide. La diferencia real es que cuando se maneja la cantidad de “*gain*”, la señal muy alta de la senoide, con transistores principalmente no pasa toda la onda y tienen que cortar, y ahí se produce la distorsión. Pero la diferencia en cambio con los “pre” de válvulas es que el corte no se realiza de una manera tan brusca sino que también conserva el corte casi redondo, antes de llegar a un corte antes que la onda sea cuadrada por completo.

¿Qué prefieres utilizar válvulas o transistores?

Mil veces válvulas, para lo que yo toco. Pero hay personas que de pronto si necesitan un poco más de frecuencias agudas para algunos otros tipos de música. Por ejemplo uno de los preamplificadores que no es de válvulas y que es un estándar mundial para sonidos limpios es el Roland JC120, que es un amplificador de transistores, no es de válvulas, y se sigue utilizando muchísimo como un estándar mundial para hacer cosas limpias y con chorus, y es transistores. Para la música que yo toco y los sonidos que a mí me gustan siempre he preferido el sonido a válvulas.

¿Crees que existe un mercado; existe alguna demanda aquí en el Ecuador?

En el Ecuador es muy difícil, aquí la gente se conforma con tener dos pedales de la Boss y listo; les da igual. Poco a poco se ha ido descubriendo los preamplificadores en pedal, como por ejemplo los producidos por la SansAmp y por la MXR, que hace aproximadamente unos, que será, unos ocho o diez años nadie tenía la menor idea de que eran en ese tipo de pre. Cuando a fines de los

90's e inicio de este siglo se comenzó a utilizar cosas en rack, la gente recién se dio cuenta que existía eso y existe eso más de cuarenta años; recién comenzaron a ver si es que el rack es de tubos, si el rack sirve para esto o sirve para lo otro, pero aquí en el Ecuador por razones económicas y peor con el gobierno que tenemos le veo muy difícil que la gente quiera invertir en ese tipo de cosas. Mucha gente prefiere comprarse un MXR o un SansAmp y con eso ya tienen un preamplificador súper bueno que no es de tubos, pero simula bastante bien hacia los tubos. Yo sigo utilizando un SansAmp un PCA1 de válvulas del 92 en rack y un Ada P2 también en rack, como pre en tubos.

¿Cuál es la principal diferencia que tu encuentras en un preamplificador Marshall y un Fender?

Los preamplificadores son casi iguales, el primer Marshall el JTM45, fueron copiados de un Fender Bassman estándar, entonces la tecnología en las válvulas eran iguales. ¿Cuál era la diferencia? Que en el tercero o cuarto tubo dependiendo del tipo de amplificador si era de 100 vatios o de 50. Lo que hizo James Marshall fue cambiar la etapa de ganancia del tubo para ganar un poco más de distorsión. Es decir lo que hacía era darle mayor voltaje a uno de los tubos y lograr con eso más distorsión. Pero la diferencia básica era que casi siempre en Fender se encontraban tubos Fender 12AX7 y los tubos que se utilizaban en Marshall eran ECC83, pero no por una diferencia de sonido sino porque en Inglaterra era difícil conseguir los 12AX7. De ahí en las salidas Fender seguía utilizando como sonido clásico de ellos pero para el "out" 6L6, mientras que en Marshall en casi todos los amplificadores comenzaron utilizando los KT88, después se cambiaron a EL34 y en muchos de los amplificadores actuales, se están utilizando 5881.

En cuanto a la aplicación que tienen por marcas, en Marshall. ¿Cuál es la principal aplicación? y en Fender ¿cuál es la principal aplicación? por géneros musicales.

Eso depende de cada músico. Fender es mucho más limpio en el canal que se llama clean que un Marshall, es más fácil llevarle a "overdrive" a un Marshall,

que llevarle a un *overdrive* a un Fender. El Fender tiene otro tipo de circuitería que hace que la distorsión de un Fender sea más limpia, sin tanto "*gain*" como lo tiene un Marshall. Pero también depende del tipo de Marshall que sea, porque hay algunos Marshall como el JTM60 que tiene un drive bajito, que llega a ser solamente "*overdrive*" y no llega a ser distorsión, pero así también tienes el JCM800 el "beast", que es de Kerry King, que tiene incluido dentro un ecualizador de la Boss, un G7, y el quinto tubo de ese se sobrecarga y da mucha más cantidad de distorsión. En cambio Fender utiliza la circuitería, por más grande que sea el amplificador, sigue manteniendo como más limpia toda la señal; porque el sistema de "*overdrive*" mantiene controlados los voltajes para evitar que el Fender sature demasiado.

Listo! Probemos entonces.

Guitarra #1: Vogel PRV



Figura 101. Guitarra Vogel PRV

Recuperado el 04 de Octubre del 2014 de
<http://www.vogelguitars.com/project-fourcol.html>

Preamplificador Fender Champ 5E1.

Preguntas:

1. Se siente variación al modificar la ecualización.

Si No

2. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre Nivel Ruido Otros: _____

3. Para los distintos rangos en frecuencia sobre el cual actúa el ecualizador

Graves

Pobre Medio Drástico

Medios

Pobre **Medio** Drástico

Agudos

Pobre Medio Drástico

4. Existe variación en el timbre al modificar la ganancia

Si No

Observación: El cambio es medio

5. Contribuye el preamplificador en la cadena electroacústica utilizada

Si No

En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre Nivel **Ruido** Otros: _____

Comentarios:

“El cambio no es tan drástico como en los Fender antiguos, no tienes la distorsión completa que se utiliza ahora pero, ese era el sonido que tenían los Fender antiguos.”

“Tiene un drive, no un overdrive que puede ser utilizado bastante bien.”

“Lo que si me molesta es que tiene ruido”

Guitarra #2: Dean Dave Mustaine.



Preamplificador Fender Champ 5E1

Preguntas:

1. ¿Existe variación al usar las diferentes guitarras?

Si **No**

2. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre Nivel **Ruido** Otros: _____

3. Se siente variación al modificar la ecualización.

Si **No**

4. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre Nivel **Ruido** Otros: _____

5. Para los distintos rangos en frecuencia sobre el cual actúa el ecualizador

Graves

Pobre Medio Drástico

Medios

Pobre **Medio** Drástico

Agudos

Pobre Medio Drástico

6. Existe variación en el timbre al modificar la ganancia

Si No

7. Contribuye el preamplificador en la cadena electroacústica utilizada

Si No

8. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** Ruido Otros: _____

Comentarios:

El preamplificador hace su trabajo.

Guitarra #2: Dean Dave Mustaine.**Preamplificador Marshall JCM800****Preguntas:**

1. Se siente variación al modificar la ecualización.

Si **No**

2. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** Ruido Otros: _____

3. Para los distintos rangos en frecuencia sobre el cual actúa el ecualizador

Graves

Pobre Medio Drástico

Medios

Pobre **Medio** Drástico

Agudos

Pobre **Medio** Drástico

4. Existe variación en el timbre al modificar la ganancia

Si **No**

5. Contribuye el preamplificador en la cadena electroacústica utilizada

Si **No**

6. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** Ruido Otros: _____

Comentarios:

“Los bajos no se sienten, medios y brillos están bien”

Comparación de las grabaciones:

¿Se parecen las grabaciones presentadas? ¿En que se parecen?

Si **No**

Si, los controles responden, pero al comparar con el estándar los medios son exagerados. Graves y agudos si se mantienen, no tienen mucha diferencia.

Observaciones de la entrevista:

Es el único entrevistado que realiza la prueba del Fender Champ 5E1 con dos guitarras, sugiere el cambio únicamente para tener un sonido conocido como referencia.

Entrevistado: Hernán “Nacho” Freire Calderón

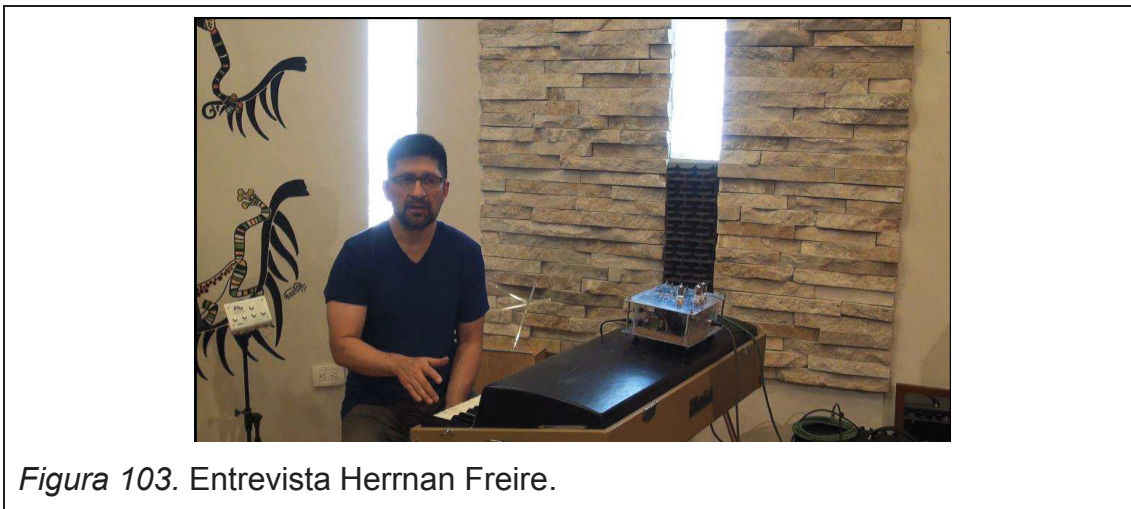


Figura 103. Entrevista Herrnan Freire.

Entrevistador: Jhonatan López

Háblanos un poco de ti

Mi nombre es Nacho Freire, soy ingeniero en sonido trabajo aquí en “Graba” estudio, el estudio tiene alrededor de unos 18 años ya funcionando aquí en Quito, tiempo en el cual hemos hecho un sinnúmero de proyectos musicales, cine también para video y proyectos musicales de diferentes géneros, que van básicamente, lo que hemos hecho aquí es rock, pop, reggae, algo de jazz, últimamente hemos tenido la gratisimas experiencias trabajando en otro géneros como por ejemplo la chicha, como por ejemplo bachatas, bueno descubriendo ese mundo que ha sido muy interesante, la música nacional es increíble.

¿Has trabajado anteriormente con equipos de tubos?

Sí. Bueno, he sido un gran fan de todo lo que es equipos analógicos, y dentro de los analógicos obviamente los tubos, ¿por qué los tubos?, porque bueno dependiendo de cuanto le satures al tubo el sonido va a variar, entonces me gusta muchísimo lo que es la distorsión armónica que los tubos te pueden dar, dependiendo del tubo dioide, trioides y todos esos. El tipo de saturación que genera los tubos es algo que gusta a mucha gente, entre ellos a mí. ¿Qué

más?, el único pero es que hay que cuidarlos y que tal vez en el mercado no haya los repuestos a la mano como para cambiarlos como se debería, tal vez una vez al año, dependiendo de que tanto uso tengas.

Bien, ya nos dijiste que te gustan los tubos. No sé si has escuchado transistores también, yo sé que sí, entonces ¿cuál crees que es la principal característica con los transistores y los tubos, diferencias o por qué usar los unos o por qué usar los otros?

Haber transistores les encuentro que el sonido es un poquito menos bullicioso, hay menos ruido y es un poquito menos cálido, refiriéndome a cálido que los tubos uno puede generar u obtener un sonido con contenido de medio y medios graves más abundante, entonces esa es la principal diferencia que he encontrado.

Te comento un poquito de los resultados de mi investigación y fue que ese contenido de medio y graves a los que tú les llamas, es netamente distorsión por intermodulación. En los tubos es la única herramienta en la que puedes obtener sumando notas musicales, o hablando un poco más en ingeniería en frecuencias y obtener por intermodulación una octava mas debajo de una nota musical, es interesante el encontrar esto.

Tal vez una paleta de sabores que están a tu disposición, pero por ejemplo unos equipos, los pocos equipos de tubos que tengo yo, tengo unos ecualizadores "Pultec", que son "vintage" clásicos de los propios y por ejemplo la distorsión la distorsión armónica que tienes para los agudos es tan dulce es tan sutil, ¡es increíble!, mas no los graves, con los graves debes de tener cuidado, entonces muchas veces uno de los usos que le doy a esos ecualizadores, que es una pareja pareada, es para "mastering", entonces como tengo otro ecualizador que es a transistores, también para *mastering*, entonces combino las dos cosas, entonces para graves si no los quiero tan acentuados me voy con los transistores, pero si quiero unos agudos increíbles son los tubos.

Si, también como dices, depende, en guitarras generalmente es apreciado eso el querer obtener a veces más graves, que quiere muchas veces los guitarristas; pero como tú dices existen otros dispositivos como ecualizadores que hacen esas cosas. Definitivamente la distorsión por intermodulación y la armónica, que es la que enriquece también los agudos.

Y también que logras tener cuando ya le saturas realmente al tubo, comienza a comprimir, eso también es un plus, un colorcito más que está a tu disposición.

Claro, una cosa que no lo consigues con transistores.

Con guitarras especialmente. ¿Cuál es el gusto, la preferencia en los guitarristas?

Sí, yo creo q estadísticamente pasa eso, la mayoría de guitarristas que he conocido prefieren la saturación, la coloración y la posible compresión que un tubo te da y también dependiendo del proyecto que tengas, porque tal vez tienes algún tipo de sonido que no va, algún tipo de propuesta que no es muy beneficiado por estas características del tubo, entonces se van hacia el otro lado los transistores. Pero la tendencia global de los guitarristas es la preferencia por un tubo. Es lo que he visto.

¿Como ves a futuro un proyecto de electroacústica aquí en el Ecuador?

Increíble, porque no hacer aquí, porque no tener una nueva propuesta sónica aquí, preamplificadores hechos a tubos, porque no tener un compresor hecho a tubos, porque no tener un micrófono con tubos, increíble, es una rama que no esta tan presente tal vez, o hay mucho frenos como para incurrir ahí pero hermosísimo tener nosotros nuestras propias cosas no; como lo hacen en Argentina, en Colombia, que hay algunos "luthiers electrónicos", que son reconocidos a nivel mundial. Sin ir muy lejos también Rupert Neve, ascendencia argentina, bueno vivió toda su vida en otro lado, donde tuvo la oportunidad de estar de frente con la última tecnología y de tener todos los medios como para investigar, entonces por qué no también en Ecuador como

lo han hecho en Colombia; hay una persona que hace compresores, ecualizadores para calidad mastering, en Argentina también. Punga, Pungar! Creo q se llama. Ah!, hay otro argentino que conocí que radica en España; Kahayan que hace equipos de tubos increíbles y son equipos de boutique, son muy costosos. Entonces acá también podríamos, ¿Por qué no? Con el tiempo, investigar, sacar yo que se un pre, luego será un compresor, luego será un amplificador más grande.

Algún otro comentario, o algo que te interese conocer del proyecto.

Bueno lo que te comentaba es que me encanta el hecho que se vea todo. Es decir una construcción un poquito más... hay una propuesta ahí, todo en vidrio, pero bueno tal vez convenga tener una placa metálica por otras razones. Pero se le ve genial da ganas de meterle mano enseguida.

Listo!, escuchémosle.

Medios

Pobre **Medio** Drástico

Agudos

Pobre **Medio** Drástico

5. Existe variación en el timbre al modificar la ganancia

Si No

6. Contribuye el preamplificador en la cadena electroacústica utilizada

Si No

7. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** **Ruido** Otros: _____

Comentarios:

“El cambio en medios es mayor que en los bajos”

“Le siento a los medios más como un Hi-Pass”

“Me gustaría que haya más separación entre medios y agudos”

Guitarra #2: Primer American Classic 2001/ Epiphone Archtop



Preamplificador Marshall JCM800.

Preguntas:

1. ¿Existe variación al usar las diferentes guitarras? (Para esta pregunta se cambió a una guitarra Epiphone Archtop)

Si **No**

2. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** Ruido Otros: _____

3. Se siente variación al modificar la ecualización.

Si **No**

4. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** Ruido Otros: _____

5. Para los distintos rangos en frecuencia sobre el cual actúa el ecualizador

Graves

Pobre **Medio** Drástico

Medios

Pobre Medio **Drástico**

Agudos

Pobre **Medio** Drástico

6. Existe variación en el timbre al modificar la ganancia

Si No

7. Contribuye el preamplificador en la cadena electroacústica utilizada

Si No

8. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** **Ruido** Otros: _____

Comentarios:

“Me gustaría que el cambio en bajos tenga más”

“Los bajos y altos me quedan debiendo”

“La distorsión se carga en medios y graves, pero me gusta”

“Me gustaría que como mejora, será el ruido, y en los ecualizadores que tengan más rango para modificar”

Comparación de las grabaciones:

¿Se parecen las grabaciones presentadas? ¿En que se parecen?

Si No

Suenan súper parecido, mucho más grave el sonido en el tuyo.

Observaciones de la entrevista:

Ninguna

Entrevistado: Xavier Müller



Figura 106. Entrevista Xavier Müller.

Entrevistador: Jhonatan López

Háblanos un poco de ti. ¿Cuál es tu nombre? ¿Dónde trabajas?

Soy Xavier Müller, trabajo aquí en “Graba” estudio, soy ingeniero de sonido, guitarrista y tecladista.

En tu experiencia, a lo largo de tu trayectoria como ingeniero de sonido y músico, ¿Qué características encuentras en los tubos y los transistores?

Bueno, en cuanto a pre amplificación es un tema más de calidez, de sonido, y en cuestión así como amplificadores de guitarra, es ya llevarle a la distorsión y la saturación, y creo q la distorsión de tubos no tiene comparación. Han tratado e emular eso por años y no lo han logrado, y la tecnología es lo más antiguo que hay, y se sigue usando es por esa calidez y ese sonido único, súper digerible casi orgánico.

En cuanto a tubos versus transistores, ¿Cuál te gusta más?, ¿Qué te gusta más del uno que te gusta más del otro?

De transistores la verdad no me gusta. Hay bastantes preamps de distorsión de transistores que no es tan bonita como la de tubos, pero i tiene una claridad indiscutible los transistores. Si es que quieres una captación de sonido súper nítido no te vas a ir con tubos, porque le vas a calentar de cierta forma el sonido. Pero i estas buscando eso te vas por ese lado, y es como que cada uno tiene su cualidad diferente, su construcción diferente, su precio diferente, su calentamiento diferente (risas), y eso ya es cuestión de gustos y colores.

¿En el Ecuador cómo ves proyectos de electroacústica?

Ahorita está nulo, en cero, me acuerdo que en los ochentas había un poco más de novedad. Me acuerdo de "Parra" sonido hacían un montón de cosas, amplificadores pedales y como que desapareció eso, y la industria acá de la electrónica de audio esta en cero, estamos en cero. Y siendo una cosa tan chévere y tan creativa porque cada uno manipulando los componentes, puede hacer cosas únicas, patentar cosas únicas solo es cuestión de meterse a experimentar, pero se necesita el incentivo billetístico.

Listo, escuchemos entonces.

Guitarra #1: Primer American Classic 2001**Preamplificador Fender Champ 5E1.****Preguntas:**

1. Se siente variación al modificar la ecualización.

Si **No**

2. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** **Ruido** **Otros: _____**

3. Para los distintos rangos en frecuencia sobre el cual actúa el ecualizador

Graves

Pobre **Medio** **Drástico**

Medios

Pobre **Medio** **Drástico**

Agudos

Pobre **Medio** **Drástico**

4. Existe variación en el timbre al modificar la ganancia

Si **No**

5. Contribuye el preamplificador en la cadena electroacústica utilizada

Si **No**

6. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** **Ruido** **Otros: _____**

Comentarios:

“Para mi está claro y tiene su particularidad”

“Lo que le veo es que están medio frágiles los tubitos ahí afuera, deberías hacerle unas tapitas o unas rejitas”

Guitarra #2: Primer American Classic 2001 / Epiphone Archtop

Preamplificador Marshall JCM800.

Preguntas:

1. ¿Existe variación al usar las diferentes guitarras? (Cambio a una Epiphone Archtop en esta pregunta.)

Si No

2. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** Ruido Otros: _____

3. Se siente variación al modificar la ecualización.

Si No

4. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre Nivel Ruido Otros: _____

5. Para los distintos rangos en frecuencia sobre el cual actúa el ecualizador

Graves

Pobre Medio Drástico

Medios

Pobre Medio **Drástico**

Agudos

Pobre **Medio** Drástico

6. Existe variación en el timbre al modificar la ganancia

Si No

7. Contribuye el preamplificador en la cadena electroacústica utilizada

Si No

8. En caso de responder si a la pregunta anterior, ¿en qué aspecto contribuye?

Timbre **Nivel** **Ruido** Otros: ____ **Calidez** ____

Comentarios:

“Como rocanrolero que soy me falta distorsión, esta chévere el drive pero me falta un poquito más del *drive*”

“Es sorprendente como cambia la percepción del ecualizador con esta otra guitarra, sobre todo en medios y de graves, supongo que esta guitarra tiene más de esa información”

Comparación de las grabaciones:

¿Se parecen las grabaciones presentadas? ¿En que se parecen?

Si No

Mucho más grave en el clon, en algunos.

Observaciones de la entrevista:

El entrevistado hizo una pequeña prueba con la guitarra Epiphone Archtop, manipulando la ecualización y ganancia.

Anexo 8

Fotografías

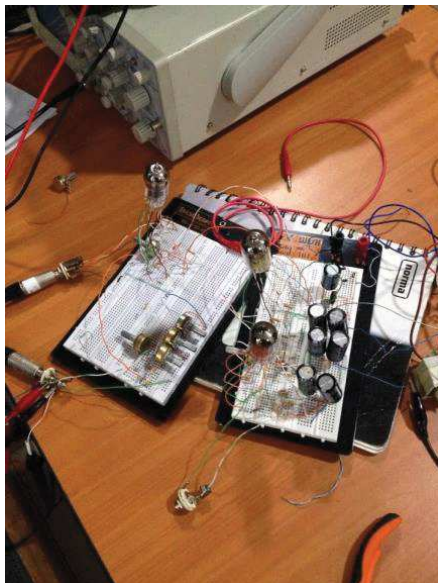


Figura 107. Circuito montado en protoboard.



Figura 108. Pruebas de funcionamiento con el circuito armado en protoboard.



Figura 109. Equipos de medición.



Figura 110. Mediciones de prueba.



Figura 111. Grabación de preamplificadores originales y emulados.



Figura 112. Preamplificador ensamblado vista frontal.



Figura 113. Preamplificador construido vista lateral.



Figura 114. Preamplificador construido vista superior.