



**PROTOTIPO COMPRESOR DE AUDIO ANÁLOGO Y VÚMETRO
CON CALIBRACIÓN PARA GRABACIÓN PROFESIONAL**

JUAN SEBASTIÁN BETANCUR POSADA



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ENVIGADO - ANTIOQUIA
2014**

**PROTOTIPO COMPRESOR DE AUDIO ANÁLOGO Y VÚMETRO CON
CALIBRACIÓN PARA GRABACIÓN PROFESIONAL**

JUAN SEBASTIÁN BETANCUR POSADA

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Ingeniero Electrónico

**Asesor
Rolando Agudelo Álvarez
Ingeniero Electrónico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ENVIGADO - ANTIOQUIA
2014**

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Envigado, 11 de Noviembre de 2014

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a la Primera Fuente y Centro del Universo, que hace verdadera la maravillosa experiencia de la vida.

A mi padre Guillermo León Betancur Hincapié que me motivó y me patrocinó para incursionar en el mundo de la ingeniería.

A mi madre María Bertha Posada Ruiz que me apoyó incondicionalmente en todas mis decisiones.

A Yennifer Herrera Quintero, mi mujer amada, que me tuvo la suficiente paciencia para esperar mi falta de tiempo para hacer mil cosas a causa del estudio.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que con su valioso aporte hicieron posible la realización de este trabajo, entre ellas:

Giovani Bedoya Uribe, Ingeniero de Sonido y Productor Musical, por sus asesorías técnicas y apoyo en la materialización del proyecto.

Rolando Agudelo Álvarez, Ingeniero Electrónico y asesor del trabajo de grado por todo su apoyo y disposición.

Ramón del Cristo Castro Baños, Ingeniero Electrónico, por sus asesorías técnicas en cuanto a la parte electrónica y tratamiento de los dispositivos electrónicos involucrados en el prototipo.

A mi primo Edwin Restrepo Betancur, Administrador de Negocios Internacionales, por su apoyo en la recepción y el envío de los insumos electrónicos conseguidos de once (11) proveedores de diferentes lugares del mundo.

Nuevamente agradecimiento a mi padre Guillermo León Betancur Hincapié, Abogado, por su apoyo en la financiación de los insumos electrónicos usados en la elaboración del prototipo.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| INTRODUCCIÓN..... | 23 |
| 1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO..... | 25 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 26 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN..... | 27 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 28 |
| 1.3.1. Objetivo General..... | 28 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 28 |
| 1.4. DISEÑO METODOLÓGICO..... | 29 |
| 1.5. PRESUPUESTO..... | 30 |
| 1.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES..... | 33 |
| 2. PROCESAMIENTO DEL AUDIO..... | 35 |
| 2.1. ANTECEDENTES EN LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS ANÁLOGOS..... | 36 |
| 2.2. MEZCLA..... | 37 |
| 2.2.1. Reproducción y Monitorización..... | 37 |
| 2.2.2. Los Efectos..... | 38 |
| 2.2.2.1. Efectos de Inserción..... | 38 |
| 2.2.2.2. Efectos de Envío..... | 38 |
| 2.3. MASTERIZACIÓN..... | 38 |
| 2.3.1. Proceso para realizar una Masterización..... | 39 |
| 2.3.2. Modificaciones en el proceso de Masterización..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 2.3.2.1. La Sonoridad..... | 39 |
| 2.3.2.2. El Balance Tonal..... | 40 |
| 2.3.2.3. La Imagen Espacial..... | 40 |
| 2.4. EN BUSCA DE LA CALIDAD..... | 40 |
| 2.5. EL COMPRESOR DE AUDIO..... | 42 |
| 2.5.1. Finalidad de la compresión..... | 43 |
| 2.5.2. Parámetros de funcionamiento..... | 44 |
| 2.5.2.1. Umbral (<i>Threshold</i>)..... | 44 |
| 2.5.2.2. Relación (<i>Ratio</i>)..... | 44 |
| 2.5.2.3. Ganancia de Salida (<i>Output Gain</i>)..... | 45 |
| 2.5.2.4. Ataque (<i>Attack</i>)..... | 45 |
| 2.5.2.5. Relajamiento (<i>Release</i>)..... | 46 |
| 2.5.2.6. Rótula Blanda (<i>Soft Knee</i>)..... | 46 |
| 2.5.2.7. Rótula Brusca (<i>Hard Knee</i>)..... | 47 |
| 2.5.3. Tipos de compresores..... | 47 |
| 2.5.3.1. Compresor de Mu Variable..... | 49 |
| 2.5.3.2. Compresor de Puente de Diodos..... | 51 |
| 2.5.3.3. Compresor Óptico..... | 52 |
| 2.5.3.4. Compresor tipo FET..... | 53 |
| 2.5.3.5. Compresor VCA..... | 55 |
| 2.5.4. Plug-ins compresores..... | 56 |
| 2.6. EL VÚMETRO..... | 57 |
| 2.6.1. Funcionamiento..... | 58 |

| | |
|--|----|
| 2.6.2. Concepto de dBFS, dBVU y dBu..... | 59 |
| 2.6.3. Calibración..... | 60 |
| 2.6.3.1. Calibración para Mezcla..... | 65 |
| 2.6.3.2. Calibración para Masterización..... | 65 |
| 3. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO..... | 66 |
| 3.1. DISEÑO DEL COMPRESOR DE AUDIO ANÁLOGO..... | 67 |
| 3.1.1. Etapas del circuito..... | 67 |
| 3.1.1.1. Receptor de Señal Balanceado (<i>Balanced Receiver</i>)..... | 69 |
| 3.1.1.2. Control de Ganancia (<i>Gain Reduction Cell</i>)..... | 70 |
| 3.1.1.3. Circuito de Detección (<i>Sidechain Amplifier</i>)..... | 71 |
| 3.1.1.4. Medidor de Ganancia Reducida (<i>Gain Reduction Meter</i>)..... | 73 |
| 3.1.1.5. Circuito de Compensación de Ganancia (<i>Makeup Gain</i>)..... | 74 |
| 3.1.1.6. Fuente de Poder (<i>Power Supply</i>)..... | 76 |
| 3.1.2. Diseño final del Compresor de Audio..... | 77 |
| 3.2. DISEÑO DEL VÚMETRO CON CALIBRACIÓN ESPECIAL..... | 80 |
| 3.2.1. Etapas del circuito..... | 80 |
| 3.2.1.1. Retraso de señal (<i>Hold</i>)..... | 81 |
| 3.2.1.2. Seguidor de señal (<i>Buffer</i>)..... | 81 |
| 3.2.1.3. Filtros..... | 82 |
| 3.2.1.4. Medidor (<i>Meter</i>)..... | 83 |
| 3.2.1.5. Fuente de Poder..... | 83 |
| 3.2.1.6. Calibración..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.2. Diseño Final del Vúmetro con calibración para Mezcla y Masterización..... | 84 |
| 4. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS..... | 86 |
| 4.1. PROCESO DE IMPORTACIÓN DE INSUMOS ELECTRÓNICOS..... | 87 |
| 4.1.1. Listado completo de elementos electrónicos..... | 87 |
| 4.1.2. Búsqueda de Proveedores..... | 92 |
| 4.1.3. Envíos y recepción de correos..... | 93 |
| 4.1.4. Presupuesto Invertido..... | 93 |
| 4.1.4.1. Presupuesto Total de Insumos..... | 94 |
| 4.1.4.2. Presupuesto Total en envío de correos..... | 94 |
| 4.1.4.3. Presupuesto Total Insumos e Importación..... | 95 |
| 4.2. MONTAJE DEL PROTOTIPO COMPRESOR DE AUDIO..... | 95 |
| 4.2.1. Fotos del montaje del Compresor..... | 97 |
| 4.3. MONTAJE DE PROTOTIPO VÚMETRO CON CALIBRACIÓN..... | 107 |
| 4.3.1. Fotos del montaje del Vúmetro..... | 107 |
| 5. PRUEBAS DE LOS PROTOTIPOS Y RESULTADOS..... | 117 |
| 5.1. PRUEBAS DEL PROTOTIPO COMPRESOR DE AUDIO ANÁLOGO..... | 118 |
| 5.1.1. Prueba de Funcionamiento..... | 118 |
| 5.1.2. Prueba de Desempeño..... | 120 |
| 5.1.3. Resultados..... | 123 |
| 5.2. PRUEBAS DEL PROTOTIPO VÚMETRO CON CALIBRACIÓN..... | 125 |
| 5.2.1. Prueba de Funcionamiento..... | 125 |
| 5.2.2. Prueba de desempeño..... | 127 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 5.2.3. Resultados..... | 130 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 133 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 135 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 136 |
| ANEXOS..... | 141 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|--|--------|
| Tabla 1. Presupuesto Global..... | 30 |
| Tabla 2. Descripción de los Gastos de Personal..... | 31 |
| Tabla 3. Descripción de Material y Suministro..... | 31 |
| Tabla 4. Descripción de Material Bibliográfico..... | 31 |
| Tabla 5. Descripción de Equipos..... | 32 |
| Tabla 6. Descripción de Otros Materiales Financiados..... | 32 |
| Tabla 7. Cronograma..... | 33 |
| Tabla 8. Componentes del Compresor..... | 88 |
| Tabla 9. Componentes del Vúmetro..... | 91 |
| Tabla 10. Listado de Proveedores..... | 92 |
| Tabla 11. Conversión de monedas..... | 94 |
| Tabla 12. Precio Total de Insumos..... | 94 |
| Tabla 13. Precio Total de los Envíos e Impuestos..... | 94 |
| Tabla 14. Precio Total de Insumos e Importación..... | 95 |
| Tabla 15. Puntos de chequeo de voltajes en el compresor..... | 118 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Compresor R22 de JDK Audio..... | 42 |
| Figura 2. Gráfica del proceso de Compresión..... | 43 |
| Figura 3. Nivel del <i>Threshold</i> en un Compresor..... | 44 |
| Figura 4. Compresión según el <i>Ratio</i> | 45 |
| Figura 5. Rótula Blanda (<i>Soft Knee</i>)..... | 46 |
| Figura 6. Topología de Realimentación o <i>Feed Back</i> | 48 |
| Figura 7. Topología de alimentación hacia adelante o <i>Feed Foward</i> | 48 |
| Figura 8. Compresor Fairchild 670..... | 50 |
| Figura 9. Compresor Manley Vari-Mu..... | 50 |
| Figura 10. Control básico de la ganancia con Válvulas..... | 51 |
| Figura 11. Control de ganancia con Puente de Diodos..... | 51 |
| Figura 12. Compresor Óptico Teletronix LA-2A..... | 52 |
| Figura 13. Compresor Óptico Urei LA-3A..... | 53 |
| Figura 14. Control de ganancia con atenuador Óptico..... | 53 |
| Figura 15. Compresor Urei 1176LN..... | 54 |
| Figura 16. Control de voltaje con FET..... | 54 |
| Figura 17. Compresor estéreo Neve 33609U..... | 55 |
| Figura 18. Compresor estéreo SSL XLogic G Series..... | 55 |
| Figura 19. Circuito Integrado Amplificador Controlado por Voltaje (VAC)..... | 56 |
| Figura 20. Ejemplos de Plugins Compresores de Audio..... | 57 |
| Figura 21. Indicador de un Vúmetro..... | 58 |

| | |
|--|----|
| Figura 22. Curvas de Ponderación A, B y C..... | 60 |
| Figura 23. Sensibilidad del oído en base a las curvas de ponderación A, B y C..... | 61 |
| Figura 24. Correspondencia entre dB SPL y dBFS..... | 62 |
| Figura 25. Correspondencia entre dBu y dBFS..... | 63 |
| Figura 26. Comparación entre los principales dBs manejados en audio..... | 64 |
| Figura 27. Diagrama de Bloques del Compresor..... | 68 |
| Figura 28. Diagrama del Receptor de Señal Balanceado..... | 69 |
| Figura 29. Diagrama del Circuito de Control de Ganancia..... | 70 |
| Figura 30. Diagrama del Circuito de Detección o <i>Sidechain</i> | 73 |
| Figura 31. Diagrama del Medidor de Ganancia Reducida..... | 74 |
| Figura 32. Diagrama del Circuito de Compensación de Ganancia..... | 75 |
| Figura 33. Diagrama de la Fuente de Poder..... | 76 |
| Figura 34. Esquemático Final del Compresor de Audio..... | 79 |
| Figura 35. Diagrama de Bloques del Vúmetro..... | 80 |
| Figura 36. Entrada del vúmetro..... | 81 |
| Figura 37. <i>Buffer</i> del vúmetro..... | 82 |
| Figura 38. Filtros para el medidor..... | 82 |
| Figura 39. Medidor..... | 83 |
| Figura 40. Fuente de Poder del vúmetro..... | 83 |
| Figura 41. Sistema de Calibración..... | 84 |
| Figura 42. Diseño Final del Vúmetro con doble calibración..... | 85 |
| Figura 43. Conexión de los calentadores de las válvulas..... | 96 |
| Figura 44. Boards para soldadura punto a punto..... | 97 |

| | |
|---|-----|
| Figura 45. Montaje de condensadores, diodos y resistencias en <i>Turret Board</i> | 97 |
| Figura 46. Montaje del Vúmetro de compresor y potenciómetros de control..... | 98 |
| Figura 47. Parte Frontal del compresor..... | 98 |
| Figura 48. Realización de molde a partir del chasis de metal..... | 99 |
| Figura 49. Empaque de Diodos para evitar daño por carga electrostática..... | 99 |
| Figura 50. Empaque acolchado para transformadores de Audio..... | 100 |
| Figura 51. Empaque especial para fusibles..... | 100 |
| Figura 52. Molde para parte trasera del compresor..... | 101 |
| Figura 53. Montaje de Transformadores y potenciómetros en la parte trasera..... | 101 |
| Figura 54. Montaje de <i>Sockets</i> para válvulas..... | 102 |
| Figura 55. Capacitor Arco 465 y Salida XLR Balanceada..... | 102 |
| Figura 56. Socket para AC y Fusible..... | 103 |
| Figura 57. Montaje del compresor en término medio..... | 103 |
| Figura 58. Válvulas, <i>Shields</i> para tubos y <i>Opto-Attenuator</i> Kenetek..... | 104 |
| Figura 59. Montaje de Válvulas electrónicas..... | 104 |
| Figura 60. Montaje parte trasera del compresor..... | 105 |
| Figura 61. Compresor en fase final de montaje..... | 105 |
| Figura 62. Prototipo Completo de Compresor Parte Frontal..... | 106 |
| Figura 63. Prototipo Completo de Compresor Parte Trasera..... | 106 |
| Figura 64. Vista de perfil del compresor..... | 106 |
| Figura 65. Chasis en cartón industrial y madera para vúmetro..... | 107 |
| Figura 66. Materiales para construir vúmetro..... | 108 |
| Figura 67. Montaje de medidores en parte frontal..... | 108 |

| | |
|---|-----|
| Figura 68. PCB utilizada para soldar los elementos..... | 109 |
| Figura 69. El autor Juan Sebastián soldando los elementos..... | 109 |
| Figura 70. Trimmer de 5K..... | 110 |
| Figura 71. Montaje del vúmetro en término medio..... | 110 |
| Figura 72. Montaje de XLR Hembras..... | 111 |
| Figura 73. Instalación de conector DC en parte trasera..... | 111 |
| Figura 74. PCB para entradas de plug grande (TRS) no balanceadas..... | 112 |
| Figura 75. Montaje de entradas de plug TRS no balanceadas..... | 112 |
| Figura 76. Montaje de circuitería principal del vúmetro en parte trasera..... | 113 |
| Figura 77. Cable IDC para conectar los dos PCB..... | 113 |
| Figura 78. Montaje de bases y soportes de madera..... | 114 |
| Figura 79. Montaje de vúmetro en estado avanzado..... | 114 |
| Figura 80. Fuente Suichada Mean Well GE12I12-P1J..... | 115 |
| Figura 81. Prototipo Final del Vúmetro. Parte Trasera..... | 115 |
| Figura 82. Prototipo Final del Vúmetro. Parte frontal..... | 116 |
| Figura 83. Medición de voltaje en los diodos 1N4007..... | 119 |
| Figura 84. Luminosidad natural del compresor en funcionamiento..... | 119 |
| Figura 85. Conexión balanceada al compresor..... | 120 |
| Figura 86. Mixer Proel M8 con salida balanceada..... | 121 |
| Figura 87. Conexión a la otra consola Phonic MM1202a..... | 121 |
| Figura 88. Conexión del sistema para las pruebas..... | 122 |
| Figura 89. Tarjeta de sonido y computador..... | 122 |
| Figura 90. Forma de la onda de la pista sin procesar..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| Figura 91. Forma de la onda luego de ser procesada..... | 123 |
| Figura 92. Onda original sobresaturada..... | 124 |
| Figura 93. Onda procesada y suavizada por el compresor..... | 125 |
| Figura 94. Lámparas e interior del vúmetro en funcionamiento..... | 126 |
| Figura 95. Chequeo del funcionamiento de los medidores..... | 126 |
| Figura 96. Calibración con el Trimmer Tool..... | 127 |
| Figura 97. Envío de la señal de 1KHz desde el PC..... | 127 |
| Figura 98. Chequeo de +4 dBu en la consola..... | 128 |
| Figura 99. Medidores con calibración estándar en 0=+4dBu..... | 128 |
| Figura 100. +6dBu en la consola corresponden a -14 dBFS en el sistema..... | 129 |
| Figura 101. -9dBFS equivalen a +11dBu en la consola utilizada..... | 130 |
| Figura 102. Límite de Mezcla Alcanzado en -14dBFS..... | 131 |
| Figura 103. Límite de Masterización alcanzado en -9dBFS..... | 131 |

LISTA DE ANEXOS

| | Página |
|--|--------|
| Anexo A. Entrevista con el Ingeniero de Sonido Giovani Bedoya Uribe..... | 141 |
| Anexo B. Datasheets de los componentes electrónicos utilizados..... | 146 |
| Anexo C. Recibos de los pedidos del proceso de importación..... | 163 |

GLOSARIO

BALANCED IN/OUT: entrada o salida balanceada. Terminología utilizada para indicar que una señal de audio ha sido sometida al proceso en el cual se envían dos muestras de la misma señal, una de ellas desfasada 180° con el fin de reducir considerablemente el ruido de la señal.¹

BROADCAST: Difusión en medios de comunicación.²

CANNON/XLR: tipo de terminal de los cables profesionales de audio, generalmente usado para micrófonos.³

CLIPPEAR: Término proveniente del inglés *clipping*, usado comúnmente en la jerga de la ingeniería de audio, para referirse al momento en el que una señal toca el límite del volumen permitido por un sistema y comienza a perderse o distorsionar.⁴

COLOR ANÁLOGO: características particulares del sonido que se producen al ser grabado con un dispositivo análogo, generalmente debido a los tubos de vacío que producen armónicos sin ningún patrón definido.

COMPRESOR: dispositivo que reduce el rango dinámico de una señal de audio, es decir, reduce las partes de la señal que son más fuertes y aumenta el nivel a las partes más bajas de nivel.⁵

DBFS: sigla dBFS (*Decibel Full Scale*) que traduce “decibelios en escala completa”. Relación logarítmica utilizada para medir una señal de audio. Se diferencia de la escala dB (decibel) en que se busca que a los +20 dB exista una correspondencia de 0 dBFS.⁶

FET: transistor de efecto de campo (*Field Effect Transistor*).⁷

¹ Foro Balanced, Unbalanced Stereo, ¿what are they?, Disponible en: <https://www.sweetwater.com/forums/showthread.php?49024-Balanced-Unbalanced-Stereo-what-are-they>. Citado el: [10 de octubre de 2014]

² Diccionario Wikipedia, Disponible en: [es.wikipedia.org/wiki/Broadcast_\(informática\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Broadcast_(informática)). Citado el: [10 de octubre de 2014]

³ Página web DoctorProAudio, Disponible en: <http://www.doctorproaudio.com/content.php?150-conexiones-entradas-balanceadas-xlr-jack-rca>. Citado el: [10 de octubre de 2014]

⁴ Artículo “Clipping”, Disponible en: <http://www.pisotones.com/Articulos/clipping.htm>. Citado el: [10 de octubre de 2014]

⁵ Notas del Curso Grabación Digital y Análoga, ACIMPRO [2012]

⁶ AudioMasterClass, Disponible en: <http://www.audiomasterclass.com/what-is-the-difference-between-0-db-and-0-dbfs>. Citado el [10 de octubre de 2014]

⁷ Electrónica Fácil, Disponible en: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/TRANSISTOR-FET.php>. Citado el: [10 de octubre de 2014]

HEAD ROOM: margen de sobrecarga entre el nivel nominal y el nivel a partir del cual empieza a distorsionarse la señal.¹

LATENCIA: suma de retardos temporales dentro de una red, producto de un procesamiento o un traspaso de audio de un medio a otro.²

MASTERIZACIÓN: es el último proceso que recibe una mezcla sonora. Consiste en ajustar el nivel general de la mezcla al estándar de difusión y de acuerdo con las necesidades requeridas por el producto final.³

MEZCLA: proceso que se lleva a cabo durante la grabación y edición del sonido donde se busca equilibrar los volúmenes relativos y la ecualización de las distintas fuentes sonoras.

MU: expresión de ganancia de una válvula en términos electrónicos.⁴

OPTO-ATTENUATOR: atenuador óptico. Dispositivo electrónico que atenúa una señal por medio de un sistema de fotoresistencias.⁵

PEAK: pico. Máximo nivel pico en la señal que genera distorsión.⁶

PHANTOM POWER: o alimentación fantasma, es la corriente eléctrica necesaria suministrada para que funcionen los micrófonos de condensador, porque necesitan un voltaje que los polarice.⁷

PLUG-IN: es aquella aplicación que, en un programa informático, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software. Es un complemento que le aporta una función nueva y generalmente muy específica.⁸

¹ Blog Hispasonic, Disponible en: <http://www.hispasonic.com/foros/headroom-va-cosa/234094>. Citado el: [10 de octubre de 2014].

² Musicasa.com, Disponible en: <http://www1.dragonet.es/users/musicasa/musicasa.net/latencia.htm>. Citado el: [10 de octubre de 2014].

³ Notas del curso Grabación Digital y Análoga, ACIMPRO [2012]

⁴ AudioPeludo, Disponible en: <http://www.audiopeludo.com/index.php?ind=blog&op=home&idu=41&singlepost=536>. Citado el: [10 de octubre de 2014]

⁵ Kenetek, Disponible en: <http://www.kenetek.com/T4AT4BUnits/AboutT4AT4BT4CElectroOpticalAttenuators/tabid/201/Default.aspx>. Citado el: [12 de octubre de 2014]

⁶ Foro Hispasonic, Disponible en: <http://www.hispasonic.com/foros/peak-rms/318084>. Citado el: [12 de octubre de 2014]

⁷ Blog ArteSonoro, Disponible en <http://www.artesonoro.com.mx/2012/06/phantom-power-que-es-y-cuando-se-utiliza.html>. Citado el: [30 de octubre de 2014]

⁸ Diccionario Definición.de, Disponible en: <http://definicion.de/plugin/>

PROTOTIPO ELECTRÓNICO: primer ejemplar de pruebas que se construye para demostrar algún desarrollo tecnológico.¹

RMS: o *Root Mean Square*, es el valor medio cuadrático de una señal periódica. Se toma como referencia el valor promedio de la señal de audio.²

RUIDO ROSA: o *Pink Noise*, es un ruido cuyo nivel sonoro está caracterizado por una densidad espectral inversamente proporcional a la frecuencia.³

SIDECHAIN: Etapa de detección en el circuito de un compresor. Controla la ganancia y le “dice” cuándo y cuánto atenuar.⁴

VÁLVULA: también llamada válvula termoiónica, válvula de vacío, tubo de vacío o bulbo, es un componente electrónico utilizado para amplificar, conmutar, o modificar una señal eléctrica mediante el control del movimiento de los electrones en un espacio "vacío" a muy baja presión, o en presencia de gases especialmente seleccionados.⁵

VU: del inglés Volume Unit, significa unidad de volumen, es utilizada en los vúmetros.⁶

VÚMETRO: Dispositivo indicador de nivel de señal de audio o volumen, diseñado para medir la sonoridad de una señal de audio.⁷

¹ Blog Historia del Hábitat, Disponible en: <http://historiadelhabitat.blogspot.com/2009/09/definiciones-y-conceptos-para-prototipo.html>. Citado el: [12 de octubre de 2014]

² Foro Hispasonic, Disponible en: <http://www.hispasonic.com/foros/peak-rms/318084>. Citado el: [12 de octubre de 2014]

³ Diccionario Wikipedia, Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_rosa. Citado el: [20 de octubre de 2014]

⁴ Blog Sonsonoros, Disponible en: <http://sonsonoros.wordpress.com/2010/01/16/algo-mas-sobre-el-compresor/>. Citado el: [20 de octubre de 2014]

⁵ Diccionario Wikipedia, Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_termoi%C3%B3nica. Citado el: [20 de octubre de 2014]

⁶ Diccionario Wikipedia, Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%BAmetro>. Citado el: [20 de octubre de 2014]

⁷ Traducción de VU Meter, Disponible en: <http://www.mediacollege.com/audio/monitoring/vu.html>. Citado el:[30 de octubre de 2014]

RESUMEN

Los estudios de grabación en Colombia pueden aspirar a mejorar la calidad de sus producciones fonográficas si se perfilan con los estándares internacionales para mejorar su volumen y sonoridad.

El hecho de no tener el suficiente volumen y sonoridad, se debe principalmente a la falta de calidad o a la carencia de dispositivos que ayuden en los procesos de mezcla y masterización a conseguir dichos niveles (estandarizados entre -8 dB y -9 dB RMS)¹. La dificultad para acceder a estos dispositivos se debe a su sobre costo y escasa producción.

En este proyecto se diseñaron un compresor análogo óptico basado en válvulas electrónicas y un vúmetro con calibración especial para mezcla y masterización, con el fin de crear una herramienta que ayude a resolver estas falencias. Sus diseños se basaron en la documentación que existe sobre los compresores de válvulas ópticos de alto nivel como el Teletronix LA-2A y los vúmetros análogos universales.

Se construyó con materiales y componentes que son eficientes y garantizan la calidad del sonido. Éstos fueron conseguidos con diferentes procesos de importación.

Para el diseño se tuvieron en cuenta las necesidades específicas que demandan los encargados de efectuar las grabaciones en los estudios de grabación locales como Ingenieros, Productores, Músicos y Técnicos en sonido.

El prototipo cumplió con los objetivos propuestos y se planeará posteriormente a este trabajo su terminación de manera personal para utilizarlo en proyectos personales o buscar su comercialización.

PALABRAS CLAVE: Compresor, Grabación, Sonoridad, Volumen, Vúmetro.

¹ Ver Anexo A. Entrevista con el ingeniero de sonido Giovanni Bedoya Uribe.

ABSTRACT

Recording studios in Colombia can aspire to improve the quality of their phonographic productions if they follow the international standards to improve volume and loudness

Failure to have enough volume and loudness, is mainly due to the lack of quality and devices to aid in the process of mixing and mastering to achieve these levels (standardized between -8 dB and -9 dB RMS). The difficulty in accessing these devices is due to their overhead costs and low production.

In this project an optical analog compressor based on electronic valves and a VU meter with special calibration for mixing and mastering were designed, to create a tool to help solve these shortcomings. Its designs were based on the documentation that exists on optical compressor valves as the Teletronix LA -2A and universal analog VU meters.

It was built with materials and components that are efficient and guarantee the quality of the sound. These were acquire with different import processes.

For the design, the specific needs demanded for those in charge of completing the recordings in local recording studios like Engineers, Producers, Musicians and Sound Technicians were taken into account.

The prototype met the objectives and its termination will be planned after this project as a personal search or for marketing purposes.

KEY WORDS: Compressor, Loudness, Recording, Volume, VU meter.

INTRODUCCIÓN

Este es un trabajo de investigación en el cual se busca desarrollar herramientas que contribuyan a la solución de falencias en la calidad de las grabaciones de audio profesionales, principalmente en cuanto a sonoridad y volumen.

Es importante que una producción musical tenga el suficiente volumen y la suficiente sonoridad para competir con las demás producciones a nivel internacional. Esto mejorará las oportunidades de que dicha producción llegue al público, sea reconocida en el medio artístico y contribuya a mantener la calidad.

En la comunidad de ingenieros de sonido y músicos ya se ha identificado que los mejores dispositivos que realizan estos procesamientos de audio son el Compresor de Audio y un dispositivo de medición adecuado como un Vúmetro con calibración especial (...ver sección 2.3 y Anexo A...), por lo cual se pretende demostrar en el marco por qué son éstos dispositivos las mejores alternativas hasta ahora. [1] [2]

Así mismo, son muchos los ingenieros de sonido en todo el mundo que están buscando el apoyo de la Ingeniería electrónica para volver a fabricar bajo pedido dispositivos de alto nivel desarrollados a partir de tubos de vacío como compresores y amplificadores.

En Colombia, es reconocido el ingeniero en Mezcla y Mastering Camilo Silva F., que ha trabajado en el desarrollo propio de compresores análogos modificados y vúmetros especiales para mezcla y masterización. Su estudio de grabación se ubica en la ciudad de Chía, Bogotá, y ha tenido bastantes reconocimientos en el mundo del espectáculo ganando dos premios grammy latinos por mezcla y masterización.

A nivel Internacional, tiene renombre el ingeniero Anthony Demaria, que fabrica dispositivos de compresión basados en el diseño del Fairchild 670 y de otros compresores famosos con modificaciones.

Los métodos utilizados en este trabajo son: deductivo-inductivo, porque es necesario realizar cálculos, mediciones y bocetos; partiendo de la información conocida sobre compresores de audio análogos y vúmetros para lograr un correcto desarrollo del diseño; y luego, llegar a conclusiones aplicables en un ámbito más general. Y analítico-sintético porque se analizaran las partes de un todo que son los compresores de alto nivel, donde se abordarán de manera organizada todas las

etapas y partes del diseño y construcción, para llegar un resultado que es recrear el color análogo esperado en un estudio profesional de grabación.

El proyecto es tecnológico ya que su diseño está orientado al sector de audio, ingeniería en sonido, mezcla y mastering. Se puede mirar entonces este tipo de desarrollo como una alternativa que ayuda a mejorar la calidad de las producciones en los estudios de grabación profesional.

Como alcance, se pretende que posteriormente a la entrega del prototipo de pruebas, se puedan finalizar tanto el compresor como el vúmetro de manera que se puedan ofrecer al mercado como producto terminado. Así mismo, poner al alcance estos dispositivos a los estudios de grabación contribuirá enormemente a mejorar la calidad de las grabaciones y producciones musicales a nivel local y nacional, y el público en general podrá disfrutar de una mejor calidad en el sonido.

En las etapas abordadas en este proyecto, se encontrará información que orienta en el “por qué” se deben usar un compresor y un vúmetro análogos en un estudio de grabación, se detallarán los diseños electrónicos y la construcción de los prototipos a partir de los elementos electrónicos, con su respectiva descripción del proceso de importación. También se presentarán los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a los prototipos y cómo, gracias a estos resultados, se cumplieron a cabalidad los objetivos planeados para el desarrollo de la investigación.

El desarrollo de este proyecto pretende ser un avance a nivel local para los ingenieros de sonido, sea porque no conocían estas alternativas para sus procesos de grabación; porque no tendrán que pagar un proceso extra de mezcla o masterización en un estudio de Estados Unidos o Europa; o porque se les podrá ofrecer más fácilmente dichas herramientas y no tendrán que recurrir a buscar costosos y escasos dispositivos en el extranjero.



CAPÍTULO 1
"Presentación
del Proyecto"

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las grabaciones profesionales de audio en Colombia constantemente presentan falencias en cuanto al volumen y sonoridad del audio en comparación con las producciones norteamericanas y europeas (...Ver Anexo A. Entrevista con el ingeniero de sonido Giovani Bedoya Uribe...).

La calidad final de una producción fonográfica depende en gran medida del ingeniero de sonido y el personal que la realice, pero además, éstos deben contar con los equipos adecuados para lograr tal fin. Es entonces donde surge el problema de la carencia de dispositivos que cumplan adecuadamente las funciones de compresión y medición en los procesos de mezcla y masterización; y a la dificultad para conseguirlos.¹

Los dispositivos que sirven como herramienta de primera mano a los mejores ingenieros de sonido del mundo para lograr altos niveles de volumen y sonoridad en una producción fonográfica son el Compresor y el Vúmetro (análogos). (...Ver Anexo A. Entrevista con el ingeniero de sonido Giovani Bedoya Uribe...). El compresor análogo es un dispositivo de difícil acceso por su escasa producción y sobre costo, y los vúmetros no pueden tener cualquier calibración, deben tener una calibración especial para las diferentes etapas de grabación. Estos vúmetros NO SE VENDEN EN EL MERCADO, cada disquera los fabrica por encargo.

Esto se ha podido determinar en base a fuentes bibliográficas (...se menciona en los antecedentes investigados en el anteproyecto, incluidos en la sección 2.1...), información sobre los equipos utilizados en los mejores estudios de grabación del mundo²; y a la experiencia musical del autor y sus producciones con diferentes estudios de grabación³, entrevistas con ingenieros de sonido⁴, colegas músicos y grabaciones propias (...para comprobar dichas referencias de equipos en los grandes estudios de grabación se puede acceder a sus páginas web y referencias en [3] [4] [5] [6] [7] [8]...).

¹ La mayoría de estos equipos se fabricaron en los años 60 y se discontinuó su producción por los sobrecostos. En el marco teórico se darán algunos detalles al respecto.

² Algunos de los estudios de mayor renombre en el mundo son: Abbey Road (Londres), Record Plant (New York), Capitol Studios (Hollywood), Atlantic Studios (New York), Criteria Recording Studios (Miami). En sus sitios oficiales se pueden consultar los dispositivos que manejan. En el listado de referencias se encuentran las direcciones de las páginas web.

³ Discos Fuentes, Discos Victoria, Discos Dago, Brujo Record's, Promix Studio, entre otros.

⁴ Ingeniero de Sonido Giovanni Bedoya, Productor musical Kiki Sánchez, Ingeniero de Sonido César Bohorquez, entre otros.

Ante el planteamiento mencionado se propone resolver la siguiente pregunta: **¿Cómo diseñar y construir un compresor análogo de audio y un vúmetro con calibración para mezcla y masterización, que ayuden a mejorar la calidad de las grabaciones de audio profesionales en cuanto a volumen y sonoridad?**

1.2 JUSTIFICACIÓN

Es importante construir un compresor análogo y un vúmetro con calibración especial para mezcla y masterización por los siguientes motivos que llevarán resolver el problema planteado:

En primer lugar, el compresor análogo podrá ayudar a procesar las señales de audio para adecuar de mejor manera su rango dinámico. Como resultante, se garantizará un mejor aprovechamiento del volumen que se puede generar desde cualquier dispositivo reproductor.

El vúmetro ayudará a solventar el problema de la escasa sonoridad, ya que sus mediciones estarán calibradas especialmente para ayudar en los procesos de mezcla y masterización. Los grandes ingenieros de sonido consideran que un verdadero estudio de mezcla o de mastering debe poseer algún tipo de visualizador que permita trabajar adecuadamente las dinámicas y los niveles del material que se esté trabajando (...ver opinión del ingeniero de sonido Camilo Silva [2]...), y no basta con cualquier vúmetro o indicador de niveles para manipular adecuadamente la dinámica de una canción. Una calibración adecuada garantizará que por lo menos, se están tomando también las mediciones adecuadas.

La experiencia adquirida y las pruebas realizadas con los prototipos, harán que sea posible comenzar a construir varios dispositivos que se podrán ofertar al mercado local, contribuyendo así a suplir la carencia de éstos y a poner a un precio más razonable su comercio.

Como resultante del proceso de adquisición de los dispositivos por parte de los estudios de grabación locales y del Valle de Aburrá, las producciones musicales podrán aumentar su nivel competitivo frente a las casas disqueras del extranjero. Ya no se tendrá que pagar a un estudio de grabación del exterior para realizar un proceso de masterización, algo habitual en las producciones fonográficas.

Esto mejorará las alternativas que tienen los artistas, primero locales y luego del país, para penetrar el mercado musical a nivel internacional, porque ofrecerán al público en general producciones artísticas y musicales de mayor calidad.

Si las compañías nacionales de grabación se perfilan con los estándares de volumen y sonoridad internacionales, pueden ofrecer sus servicios a los países

vecinos o visitantes extranjeros, dándole oportunidad a los estudios de abrir el mercado.

Si se fabrican estos dispositivos a nivel local y posteriormente nacional, se podrá brindar asesoría y soporte técnico en el propio país, además, se podrán ofrecer dispositivos *custom*, es decir, por encargo y con las especificaciones deseadas por los clientes.

Finalmente, el autor de este proyecto podrá incursionar en el mundo de la electrónica aplicada en el audio, y le ahorrará el tener que comprar dispositivos de audio de casi veinte millones de pesos para sus propias producciones musicales.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Diseñar e implementar un prototipo de compresor análogo de audio y vúmetro con calibración en dBFS para mezcla y masterización que sirva para procesar una señal de audio y ayude a mejorar su volumen y sonoridad.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Recopilar información sobre el funcionamiento básico de un compresor y un vúmetro en un estudio de grabación que ayude a comprender cómo a partir de estos se mejora el volumen y la sonoridad de una producción fonográfica; y así mismo, que ayuden a decidir qué tipo de prototipo de pruebas se implementará.
- Diseñar un compresor análogo de audio basado en los diseños de algunos de los dispositivos reconocidos a nivel mundial.
- Diseñar un vúmetro con calibración especial para mezcla y masterización en dBFS.
- Realizar procesos de adquisición de los materiales necesarios para el desarrollo del prototipo.
- Implementar el diseño del prototipo de pruebas que comprima una señal de audio y mida Vu (vúmetro).
- Evaluar el funcionamiento del prototipo en un proceso de grabación de audio real.

1.4 DISEÑO METODOLÓGICO

En este proyecto se aplicó el método deductivo-inductivo. En este proceso se realizaron cálculos, mediciones y bocetos; partiendo de la información conocida sobre compresores de audio análogos y vúmetros para lograr un correcto desarrollo del diseño; y luego, llegar a conclusiones aplicables en un ámbito más general.

También se aplicó el método analítico-sintético. En este proceso se analizaron los componentes de los compresores de alto nivel y se determinó de forma organizada cada una de las etapas y partes de su diseño y construcción, para llegar a un resultado: recrear el color análogo esperado en un estudio profesional de grabación.

Es clasificado dentro del área de la tecnología ya que su diseño está orientado al sector de audio, ingeniería en sonido, mezcla y masterización, donde se puede mirar este tipo de desarrollo como una alternativa al alcance que ayude a mejorar la calidad de las producciones en los estudios de grabación profesional.

Este proceso se realizó en seis etapas:

- Recopilación y organización de la información: búsqueda, asesorías, bibliografías, artículos y demás fuentes o recursos que faciliten la indagación y clarificación de los conceptos, tanto del funcionamiento y diseño de compresores de audio análogos basados en válvulas, como de los parámetros de calibración utilizados en los procesos de mezcla y masterización que sean necesarios para la realización del diseño.
- Cálculos electrónicos y matemáticos: Basado en la información consultada, se usaron las fórmulas de electrónica que requieren el tratamiento de decibelios en audio y los dispositivos que se deben reemplazar partiendo de los diseños originales, para dimensionar adecuadamente las cualidades eléctricas que debe tener el prototipo y cumplir así las funciones propuestas en la etapa de diseño.
- Diseño de Prototipos: Se diseñó el circuito electrónico de un compresor análogo de audio con válvulas electrónicas, realizando el boceto de todas las etapas y elementos que debe tener un compresor de alto nivel, basado en los diseños de los mejores compresores del mundo. Así mismo, se diseñó el circuito electrónico de un vúmetro (medidor de señal de audio) con calibración especial para mezcla y masterización. Se esbozó el dispositivo de medición de audio, con base inicialmente en la indagación sobre la construcción de estos dispositivos para lograr una calidad de alto nivel. Luego, se le diseñaron las modificaciones necesarias para realizar dos tipos de calibración especial, una para mezcla y otra para masterización, y lograr así la calidad que esperada cumpliendo a cabalidad los objetivos propuestos

- Proceso de importación: Se contactaron los proveedores de los mejores componentes electrónicos necesarios para poder materializar un prototipo que cumpliera con la calidad esperada. La mayoría de los proveedores fueron del extranjero, por lo cual se hizo un proceso de importación.
- Implementar los diseños y cálculos en la construcción de un prototipo: Se llevó a la realidad todo el estudio y diseño del sistema construyendo un prototipo de compresor de audio a válvulas y un vúmetro con calibración especial para mezcla y masterización.
- Evaluación del funcionamiento del sistema con una grabación de audio real en un proceso de mezcla y masterización: Con la colaboración de un ingeniero de audio y sonido se pudo comprobar y demostrar el cumplimiento de las funciones por parte del prototipo, además de la calidad y fidelidad del sonido.

1.5 PRESUPUESTO

Tabla 1. Presupuesto Global

| RUBROS | FUENTES | | | TOTAL |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | Estudiante | Institución - IUE | Externa | |
| Personal | \$ 1.600.000 | \$ 1.300.000 | \$ 100.000 | \$ 3.000.000 |
| Material y suministro | \$ 2.100.000 | | | \$ 2.100.000 |
| Proceso de Importación | \$ 528.324 | | | \$ 528.324 |
| Bibliografía | \$ 400.000 | \$ 200.000 | \$ 400.000 | \$ 1.000.000 |
| Equipos | \$ 1.500.000 | \$ 5.000.000 | | \$ 6.500.000 |
| Otros | \$ 900.000 | | \$ 500.000 | \$ 1.400.000 |
| TOTAL | \$ 7.028.324 | \$ 6.500.000 | \$ 3.500.000 | \$ 14.528.324 |

Tabla 2. Descripción de los Gastos de Personal

| Nombre del Investigador | Función en el proyecto | Dedicación Horas por semana | Costo | | | Total |
|--------------------------------|---|-----------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | | | Estudiante | Institución - IUE | Externa | |
| Juan Sebastián Betancur Posada | Estudiante investigador, diseñador y constructor. | 30 | \$ 300.000 | | | \$ 300.000 |
| Rolando Agudelo Álvarez | Asesor del trabajo de grado | 2 | | \$ 61.860 | | \$ 61.860 |
| Giovani Bedoya Uribe | Asesor en ingeniería de audio | 2 | | | \$ 61.860 | \$ 61.860 |
| TOTAL | | 34 | \$ 300.000 | \$ 61.860 | \$ 61.860 | \$ 423.720 |

Tabla 3. Descripción de Material y Suministro

| Descripción de tipo de Material y/o suministro | Costo | | | Total |
|--|---------------------|-------------------|---------|---------------------|
| | Estudiante | Institución - IUE | Externa | |
| Insumos Prototipo Compresor | \$ 1.616.350 | | | \$ 1.616.350 |
| Insumos Prototipo Vúmetro | \$ 355.578 | | | \$ 355.578 |
| Papelería y Ferretería | \$ 63.700 | | | \$ 63.700 |
| Impresiones | \$ 50.000 | | | \$ 50.000 |
| Soldadura | \$ 14.371 | | | \$ 14.371 |
| TOTAL | \$ 2.100.000 | | | \$ 2.100.000 |

(...*Ver descripción detallada de los insumos en sección 4.1...)

Tabla 4. Descripción de Material Bibliográfico

| Descripción de compra de material bibliográfico | Costo | | | Total |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| | Estudiante | Institución - IUE | Externa | |
| Libros sobre Audio y Electrónica | \$ 350.000 | \$ 200.000 | \$ 400.000 | \$ 950.000 |
| Documentación de Internet | \$ 50.000 | | | \$ 50.000 |
| TOTAL | \$ 400.000 | \$ 200.000 | \$ 400.000 | \$ 1.000.000 |

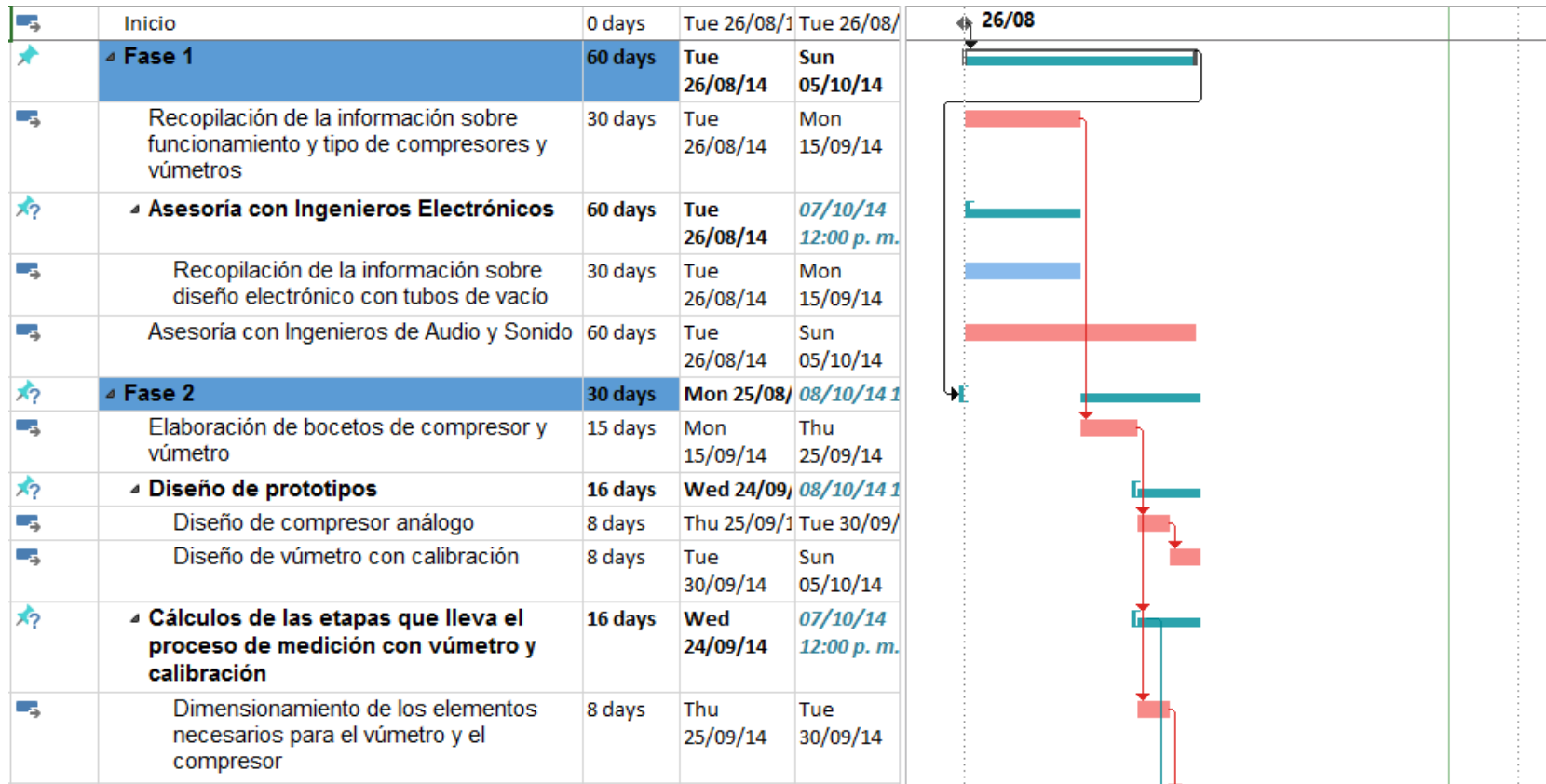
Tabla 5. Descripción de Equipos

| Descripción de compra de equipos | Costo | | | Total |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------|
| | Estudiante | Institución - IUE | Externa | |
| Computador Portátil | \$ 1.100.000 | | | |
| Multímetro | \$ 320.000 | \$ 400.000 | | |
| Osciloscopio | | \$ 4.000.000 | | |
| Soldador | \$ 80.000 | \$ 600.000 | | |
| TOTAL | \$ 1.500.000 | \$ 5.000.000 | | \$ 6.500.000 |

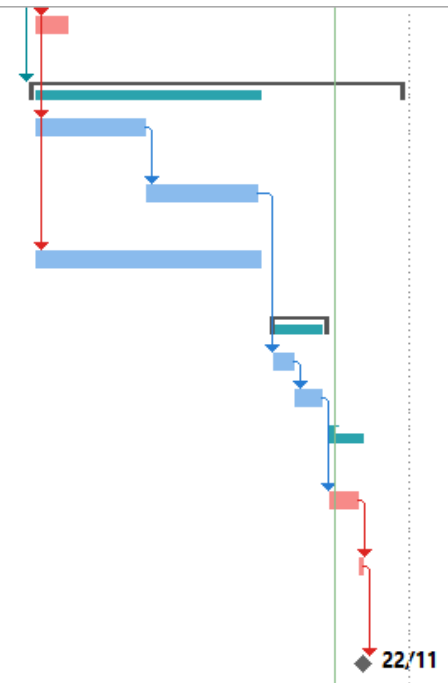
Tabla 6. Descripción de Otros Gastos Financiados

| Descripción de otros gastos | Costo | | | Total |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| | Estudiante | Institución - IUE | Externa | |
| Transporte | \$ 300.000 | | \$ 44.667 | \$ 350.000 |
| Envío de Mercancía | \$ 455.333 | | | \$ 455.333 |
| Impuestos | \$ 72.990 | | | \$ 72.990 |
| Imprevistos | \$ 500.000 | | | \$ 850.000 |
| Asesorías externas | \$ 100.000 | | | \$ 200.000 |
| TOTAL | \$ 1'428.323 | | \$ 44.667 | \$ 1.472.990 |

1.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



| | | | | |
|----|---|----------------|---------------------|-----------------------------|
| → | Elaboración de informe sobre resultados obtenidos en los cálculos | 8 days | Tue 30/09/14 | Sun 05/10/14 |
| ★ | Fase 3 | 90 days | Tue 30/09/14 | Sat 29/11/14 |
| → | Búsqueda de proveedores y pedido de elementos | 27 days | Tue 30/09/14 | Sat 18/10/14 |
| → | Ensamble de prototipos compresor y vúmetro | 27 days | Sat 18/10/14 | Wed 05/11/14 |
| → | Elaboración de trabajo escrito exponiendo los diseños y los esquemáticos finales. | 55 days | Tue 30/09/14 | Thu 06/11/14 |
| ★ | Fase 4 | 13 days | Sat 08/11/14 | Sun 16/11/14 |
| → | Pruebas de los prototipos | 5 days | Sat 08/11/14 | Tue 11/11/14 |
| → | Finalización del trabajo escrito | 7 days | Tue 11/11/14 | Sun 16/11/14 |
| ★? | Fase 5 | 8 days | Mon 17/11/14 | 27/11/14 12:00 p. m. |
| → | Planeación de las pruebas que se realizarán en la exposición. | 7 days | Mon 17/11/14 | Fri 21/11/14 |
| → | Exposición del trabajo de grado en la facultad en compañía de Ingeniero de Sonido con demostración real | 1 day | Fri 21/11/14 | Sat 22/11/14 |
| → | Fin | 0 days | Sat 22/11/14 | Sat 22/11/14 |





CAPÍTULO 2 "Procesamiento del Audio"

2. PROCESAMIENTO DEL AUDIO

El procesamiento del audio se refiere al tratamiento, la organización y la modificación intencional de las señales sonoras de una producción fonográfica por medio de procesadores que pueden ser analógicos o digitales (DSP: *Digital Signal Processor*).

Estos procesadores son la principal herramienta de trabajo del operador de sonido en un estudio de grabación. Luego de haber realizado la grabación de las pistas de audio, se vale de ellos para realizar dos tareas fundamentales en toda producción fonográfica: La Mezcla y La Masterización.

En todos estos procesamientos de audio intervienen los dos dispositivos protagonistas de este proyecto: el compresor y el vúmetro. Pero antes de abordar la información necesaria para su entendimiento y descripciones pertinentes al proyecto (marco teórico), se presentan a continuación los antecedentes que existen sobre la construcción estos dispositivos de la manera en la que se piensa abordar con este trabajo de investigación.

2.1 ANTECEDENTES EN LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS ANÁLOGOS

La idea de trabajar con compresores análogos en lugar de digitales es un tema de común interés entre los ingenieros de sonido, técnicos y músicos, que por su experiencia han podido comprobar las bondades de los dispositivos físicos en cuanto a la sonoridad y el volumen que se pueden desarrollar.

Estos dispositivos fueron fabricados en los años 60 en su mayoría y ya no se fabrican por las empresas originales, es decir, son dispositivos difíciles de conseguir de segunda mano porque son considerados legendarios e indispensables en el arsenal de equipos de cada estudio de grabación.

La comunidad formada por profesionales, técnicos y demás aficionados al tema, en su afán por conseguir estos dispositivos, ha dado lugar a la creación de fuentes de información acerca de la construcción de diferentes dispositivos análogos basados en los diseños de los equipos de audio más famosos. Estas fuentes de información se denominan “DIY” de inglés “*Do it yourself*” o “hágalo usted mismo” y contienen diversos foros, esquemáticos, asesorías y ayudas para todo aquel que desee incursionar en este tema.

En Colombia, es reconocido el ingeniero en Mezcla y Mastering Camilo Silva F., que ha trabajado en el desarrollo propio de compresores análogos modificados y vúmetros especiales para mezcla y masterización. Su estudio se ubica en la ciudad

de Chía, Bogotá, y ha tenido bastantes reconocimientos en el mundo del espectáculo ganando dos premios Grammy latinos por mezcla y masterización. [9]

Camilo Silva “considera que una sala de mezcla no es una sala de mezcla sin una cantidad razonable de periféricos análogos. Muchos de estos periféricos análogos han sido especialmente contruidos por Camilo, bajo sus especificaciones y requerimientos sónicos. Cabe mencionar que ya que estos periféricos hechos a mano son piezas únicas, el sonido que es posible producir con estas piezas es igualmente único y no está disponible en ningún otro lugar”. Esta información se puede ven en su página web [10].

A nivel Internacional, tiene renombre el ingeniero Anthony Demaria, que fabrica dispositivos basados en el diseño del Fairchild 670 y de otros compresores famosos con modificaciones, se puede ver su biografía y trabajos en la página oficial de *Anthony Demaría Labs* [11]. Tanto músicos como productores famosos del mundo opinan favorablemente sobre la enorme calidad de sus productos, y todos son basados en los mejores compresores análogos alguna vez fabricados.

2.2 MEZCLA

La mezcla en una producción fonográfica es un proceso en el cual se busca el equilibrio y el balance de volúmenes entre los distintos sonidos y frecuencias del producto auditivo final.

Tiene como objetivo primordial, “lograr que un proyecto suene con la mejor calidad posible antes de ser enviado a la planta duplicadora” [12], para que las canciones que contenga la producción se reproduzcan de manera fluida, así la persona que lo escuche no tendrá que ajustar el nivel o la frecuencia de cada pista musical.

En este proceso se realizan cambios en las propiedades sonoras, involucrando sonoridad, balance tonal, e imagen espacial. Esto se realiza a través de procesadores y efectos que realzan dichas propiedades y así reducen las diferencias entre un tema y otro. [12]

Para realizar un proceso de Mezcla se deben tener en cuenta los siguientes factores [13]:

2.2.1 Reproducción y Monitorización. Se trata de utilizar un sistema de equipos que ofrezcan al operador la mayor fidelidad posible sobre el sonido que se está trabajando, sin agregar o quitar frecuencias.

En esta característica se encuentran las tarjetas de sonido, los amplificadores y los parlantes que se ubican en la sala de control.

2.2.2 Los Efectos. Constituyen modificaciones artificiales aplicadas al sonido por medio de procesadores de audio que pueden ser dispositivos analógicos o digitales a partir de un plug-in¹ de software.

Los efectos básicos imprescindibles en cualquier proceso de mezcla son los que afectan *Dinámica, Ecualización y Retardo o Reverberación*. Así mismo, dependiendo de la forma como se utilicen se dividen en *Efectos de Inserción y Efectos de Envío*.

2.2.2.1 Efectos de Inserción. En este caso el efecto actúa sobre la señal de entrada, ya sea sólo una pista de audio o un grupo de *tracks* o pistas. Dentro de este grupo se utilizan generalmente *Compresores, Ecualizadores y Distorsiones*.

2.2.2.2 Efectos de Envío. Aquí se elige de cada pista de audio, qué porción se quiere afectar o modificar con el efecto mediante un control de envío. Dentro de este grupo se utilizan comúnmente *Reverberación, Retardo o Delay, Coro o Chorus, Flanger, etc.*

2.3 MASTERIZACIÓN

La Masterización es la última etapa en el proceso creativo de la producción de audio, el puente entre la mezcla y la difusión, y la última oportunidad que se tiene para resolver problemas acústicos. Aquí se reúnen las pistas de los diferentes sonidos grabados en la producción y se redistribuyen en dos canales estéreo para así convertirla en una grabación comercial. [14] [15].

En esta etapa los ingenieros de masterización pueden realzar distintos elementos de las piezas, tales como el volumen y la calidad del sonido en general para darle a la canción un sonido más profesional y comercial. [16]

Para lograr un sonido más natural, se recomienda utilizar equipos analógicos como un EQ² o un *Compresor de Alta Gama* en lugar de plug-ins de software, porque permite capturar más matices que los equipos digitales y agrega calidez a la señal.

¹ Un Plug-in en software de audio es un complemento de la aplicación que le aporta una función nueva y generalmente muy específica.

² Ecualizador

2.3.1 Proceso para realizar una Masterización. Las etapas básicas para realizar un proceso de masterización son las siguientes: [17]

- Se instalan los complementos de ecualización y compresión necesarios.
- Se importan las pistas en la estación de trabajo de audio digital DAW¹.
- Se agrega *compresión* a las pistas de audio para reducir el rango dinámico de la señal y así disminuir la diferencia entre las partes de mayor volumen y las de menor volumen en la mezcla. Este procesamiento se utiliza para crear una mezcla final con mayor nivel de volumen, ya que el menor rango dinámico facilitará incrementar luego el volumen de una mezcla sin saturar la señal². Es aquí donde cobra importancia un *Vúmetro* o medidor de volumen (de la señal), ya que en él se puede comprobar si una mezcla está distorsionada por saturación, y esto ocurre si su nivel supera los 0,0 dBFS³. Igualmente es importante resaltar que no se puede comprimir en exceso para no remover demasiado el rango dinámico.
- Se remueven todas las frecuencias inferiores a 20 Hz para remover la compensación CC (Corriente Continua) que produce un “clic” al inicio o un ruido al final de las canciones.
- Si la señal tiene un nivel de volumen muy bajo, se aplica el complemento “Brickwall Limiter”, un tipo especial de Compresión *Hard* (duro) y rápido que eleva el sonido a niveles cercanos a la saturación pero sin tocarla.
- Se puede usar un preajuste de masterización diseñado por la empresa fabricante del software DAW si aún no se está satisfecho con el master final.
- Finalmente se exporta el audio a un archivo de extensión comercial como “.wav” (onda).

2.3.2 Modificaciones en el proceso de Masterización. Las propiedades que se modifican en la producción musical durante el proceso de Masterización son:

2.3.2.1 La Sonoridad. Llamada en inglés *Loudness*, es un atributo que se refiere a la intensidad de los sonidos y permite ordenarlos en una escala del más fuerte al más débil. La sonoridad también depende del contenido de las frecuencias, el ancho de banda y la duración. [12]

Para modificarla se utilizan los siguientes procesadores y efectos: *Compresor*, *Limitador*, *Expansor* y *Maximizador de Sonoridad*.

¹ Digital Audio Workstation

² El audio saturado es una distorsión creada cuando se sobrecarga una onda, algo que se debe evitar en la mayoría de los estilos musicales.

³ Decibeles en escala completa (Decibel Full Scale)

2.3.2.2 El Balance Tonal. Como su nombre lo indica, es el equilibrio o balance entre los volúmenes o amplitudes de las distintas frecuencias que conforman la canción. Busca que ante la superposición de los espectros de frecuencia de todos los instrumentos exista naturalidad y uniformidad del sonido en su conjunto. [12]

Para modificarlo se utilizan el *Ecuador* y el *Excitador Armónico*.

2.3.2.3 La Imagen Espacial. Se trata de construir un espacio acústico virtual, de manera que le produzca al oyente la sensación de que se encuentra en un espacio donde las ondas sonoras se reflejan, como una habitación, un estadio o una iglesia.

Para lograr estas modificaciones se utiliza: *Reverberación, Imagen Stereo y Delay Stereo*. [12]

2.4 EN BUSCA DE LA CALIDAD

En la actualidad, la búsqueda de la máxima calidad en las grabaciones profesionales se centra en diferenciar qué es mejor en el mundo Digital y qué es mejor en el mundo Análogo.

Abordando ahora el protagonismo del compresor de audio, que es el tema que concierne en este proyecto, especialmente en los procesos de Mezcla y Masterización, es importante resaltar la opinión de los mejores ingenieros de sonido del mundo.

En el caso de **John Dent**, reconocido como *MPG Mastering Engineer of the Year 2014* (Mejor Ingeniero en masterización del año 2014), famoso por sus trabajos con artistas como Bob Marley, Radiohead, U2, Depeche Mode, Portishead, Timmo Maas, Sting, etc, [1], en su página y en conferencias califica de 1 a 5 a la calidad auditiva producida por los diferentes medios de reproducción, dándole para el sonido natural un **5**, para el audio procesado de un **modo analógico un 4**, para el audio digital de 24 bits a 94 KHz un **3**, y para la calidad de CD un **1**.

Los servicios de masterización también tienen un costo dependiendo de los equipos que se utilicen. En *Loud Professional Mastering* se ofrecen tres paquetes de servicios para la masterización, siendo la más costosa *Premium Plus Mastering Service* seguida de la *Premium Mastering*, estas dos opciones ofrecen el estudio con todos los equipos análogos, la diferencia está en el tiempo que le invertirán los profesionales en los procesos de masterización. La versión más básica y económica es sólo con equipos digitales, se llama *Workstation Mastering*, y como su nombre lo indica, se trabaja con el software “Estación de trabajo” con procesadores digitales de complemento llamados *plug-ins*. [1]

Sin embargo, el mundo digital ofrece grandes ventajas a la hora de editar el sonido, y los *plug-ins* de compresores bien utilizados también pueden funcionar bien. En este caso, el Ingeniero de Sonido, compositor y productor **Antonio Escobar**, reconocido por trabajar para grandes marcas como Coca-Cola, Audi, Playstaion o Movistar, y además haber recibido premios en Cannes, en el New York Film Festival, Premios Goya, San Sebastián, Medina del Campo, los Premios APPE de publicidad o London International Awards, entre otros, hizo un experimento en un foro de internet para poner a prueba el oído de varios participantes y que trataran de distinguir entre un sonido creado a partir de un dispositivo análogo y otro digital [18]. El resultado fue que muchos pensaron que entre las diferentes opciones había algunos equipos análogos, y la verdadera respuesta es que todos eran digitales, comprobando con esto que los *plug-ins* bien manejados pueden ofrecer grandes soluciones.

A pesar de esto, el mismo Antonio Escobar reconoce que prefiere utilizar equipos analógicos porque tienen más calidez en el sonido, sin desconocer las facilidades que el mundo digital puede ofrecer. [18]

Es por la disparidad de opiniones que en la actualidad se utilizan estudios híbridos con equipos tanto análogos como digitales. Digitales en cuanto a las etapas de edición (Copiar, cortar, pegar, mezclar) y Análogos en la microfonía, compresión, distorsión, entre otros procesamientos. A pesar de que cada vez la era digital está llenando más las expectativas de las exigencias en calidad, siempre lo hace con el fin de llegar, por lo menos, al mismo nivel del mundo análogo.

Como se ha venido mencionando, los equipos con los que trabajan los mejores estudios del mundo siempre tienen para su parte **análoga** a los Compresores como predilección, no sucediendo lo mismo en las etapas de Ecuilización, Reverberación, Pre-amplificación, entre otros. (Ver *Gear*¹ de los estudios en [4] [5] [6] [7] [8])

¹ Equipos análogos.

2.5 EL COMPRESOR DE AUDIO

El compresor es un dispositivo que reduce el rango dinámico de una señal de audio, es decir, reduce las partes de la señal que son más fuertes y aumenta el nivel a las partes más bajas de nivel.

Figura 1. Compresor R22 de JDK Audio



Fuente: Juan Pelotas, 2009 [19].

Los compresores se diseñaron originalmente para propósitos de corrección, es decir, si una voz varía mucho de volumen, al conectar un compresor en serie con el canal de la voz se mantendrá a un nivel continuo y no con tantas altas y bajas de amplitud. “A través de los años se han estado utilizando más como una herramienta creativa. También ayuda a producir un sonido “lleno” y percusivo.” [20]

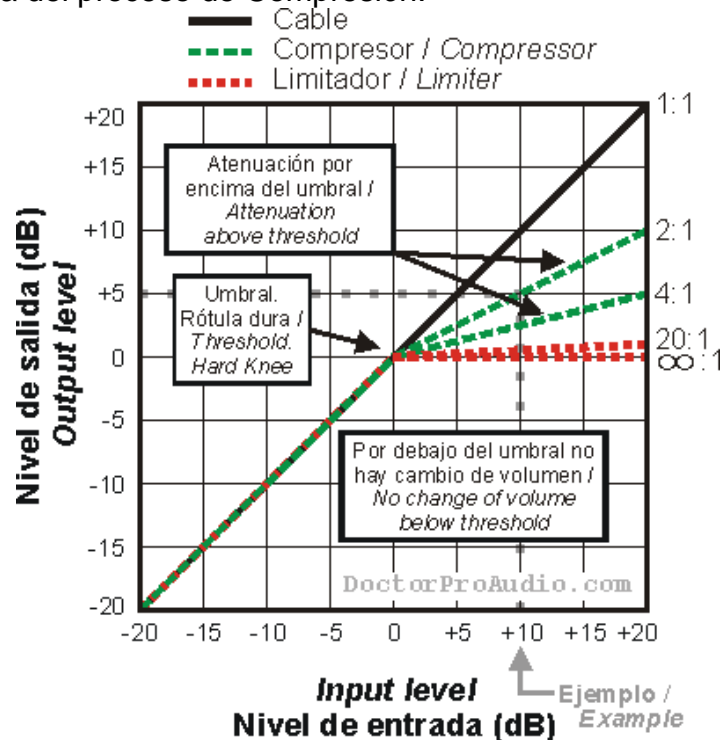
De todos los procesos de señal en una grabación, probablemente la compresión sea el que más carácter puede aportar. La compresión es como “la paleta más completa y sofisticada de tonos y matices que un ingeniero puede tener en el estudio”. [21]

Algunas de las aplicaciones de este proceso se dan:

- a) En las voces, como cuando el cantante varía de nivel constantemente.
- b) En los bajos eléctricos para producir niveles parejos y suaves.
- c) En guitarras eléctricas para no saturar la señal en caso de que se esté tocando a niveles altos. [20]
- d) En la Masterización, para darle un sonido con mayor definición a la mezcla final.

Un compresor trabaja basado en un umbral (Threshold) o límite el cual, al sobrepasar la señal del límite asignado por el usuario, llevará a cabo la compresión reduciendo el nivel a la cantidad programada, es decir, una relación 2:1, 4:1, etc (ver Figura 2). Por ejemplo, si se envía una señal de 10 dB y se selecciona una relación 2:1, se tendrán 5 dB de salida.

Figura 2. Gráfica del proceso de Compresión.



Fuente: DoctorProAudio, Compresores – Limitadores, 2000 [22].

En compresiones con ratio de 10:1 o superiores se considera que el efecto dinámico producido pertenece a otro tipo de procesamiento llamado *limitador* (Ver Figura 2). Para una relación de 1:1 no habrá efecto de compresión, pero “la señal quedará impregnada por las características eufónicas¹ que aporte el circuito.” [21]

Son estas características eufónicas de los equipos análogos las que se aprovechan en los procesos de grabación, mezcla y masterización.

2.5.1 Finalidad de la Compresión. Existen varias razones por las cuales se comprime una señal de audio. Principalmente se encuentran las siguientes:

- **Controlar la energía:** Esto es hablando en términos RMS en electrónica. El oído humano detecta estos cambios de energía en la señal auditiva. La compresión normalmente debe ser sutil y suave para que no se note y resulte demasiado evidente. De lo contrario es porque se busca generar efectos. Este tipo de compresión es muy utilizada en las voces para mantener un

¹ **Eufonía:** Etimológicamente significa “Buen Sonido”, es una palabra utilizada en ingeniería de sonido y audio para referirse al sonido agradable.

volumen más constante independientemente de si el cantante se acerca o aleja del micrófono, o si grita o susurra. [22]

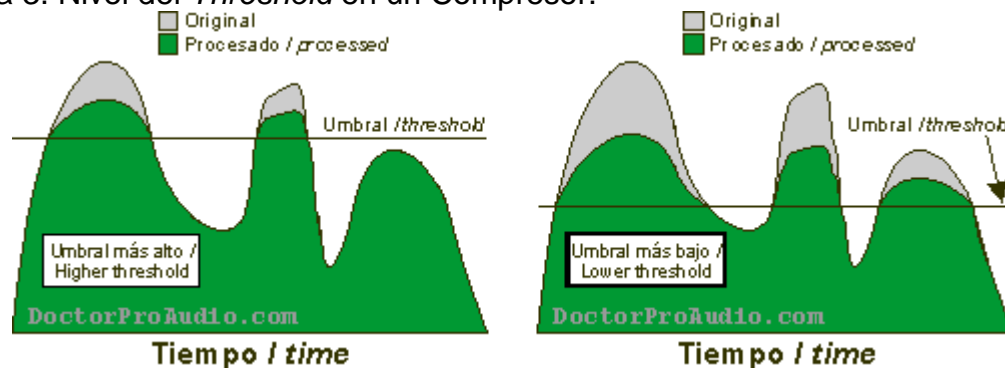
- **Controlar el nivel pico:** Básicamente se utiliza para proteger los equipos reproductores de sonido como amplificadores, altavoces o plantas de potencia, ya que éstos sólo soportan hasta cierto nivel y a partir de allí se saturan (circuitos) o sobrepasan su excursión (parlantes) y se pueden dañar o quemar. [22]
- **Reducir el margen dinámico:** Al reducir el nivel pico, se puede aumentar el nivel RMS de la señal y obtener así mayor volumen y sonoridad. [22]

2.5.2 Parámetros de Funcionamiento. Dependiendo de cada señal se buscará un tipo de compresión u otro. Por ello se hace necesario controlar diferentes parámetros en función del objetivo deseado. No todos los compresores disponen de todos estos controles, esto depende de su topología (...ver sección 2.5.3...).

2.5.2.1 Umbral (*Threshold*). Es el nivel asignado donde las señales empezarán a comprimirse o a limitarse. Entre más bajo sea el umbral, la señal estará comprimida más tiempo. [20] También se le denomina Punto de Rotación (*Rotation Point*). [22]

En el siguiente gráfico se puede apreciar que dependiendo del umbral, el compresor deja o no pasar los picos de nivel. (Ver Figura 3)

Figura 3. Nivel del *Threshold* en un Compresor.

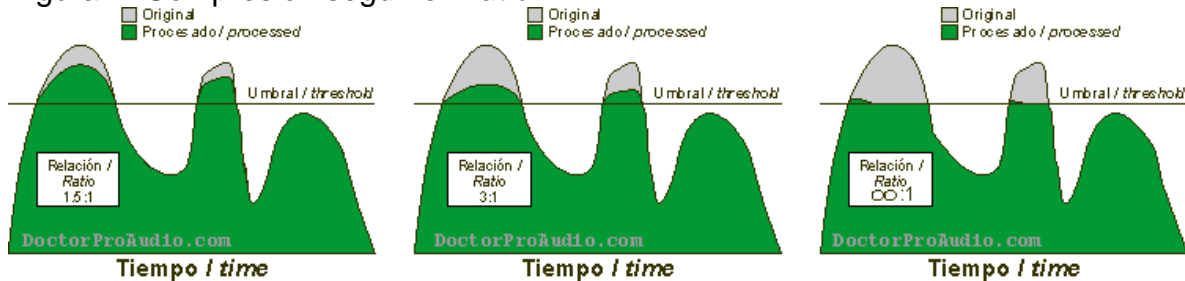


Fuente: DoctorProAudio, Compresores – Limitadores, 2000 [22].

2.5.2.2 Relación (*Ratio*). Es la relación entre el nivel de entrada y el nivel de salida. El primer número del *ratio* significa el número de decibeles que están entrando al compresor, y el segundo número, la cantidad de decibeles que salen. Si la entrada es de 6 dB y la salida es de 2 dB, entonces se tiene una relación 3:1. [20]

La siguiente imagen detalla tres tipos de compresión dependiendo de la relación utilizada, desde una compresión menor hasta una compresión máxima, que en este caso se llama “Limitador” (Ver Figura 4).

Figura 4. Compresión según el *Ratio*.



Fuente: DoctorProAudio, Compresores – Limitadores, 2000 [22].

2.5.2.3 Ganancia de Salida (*Output Gain*). Este parámetro le agrega ganancia a la señal que sale del compresor para compensar el nivel bajo o atenuación producida por el procesamiento al que fue sometida la señal. [20] También se le llama Ganancia de Compensación o *Makeup Gain*. [22]

2.5.2.4 Ataque (*Attack*). No se refiere al ataque del sonido, sino al tiempo de reacción del compresor para comenzar a funcionar luego de que se supera el umbral. Si el ataque es muy rápido, la ganancia de la señal será reducida abruptamente y se sentirá como si hubiera ocurrido una caída de señal, “*drop out*”. Si el ataque es muy lento, entonces la señal se distorsionará porque el compresor no tiene tiempo para reducir la ganancia. [20]

Los tiempos de ataque varían dependiendo de las capacidades del compresor, generalmente abarcan un rango que va desde 50 μ s hasta los 100 ms. Una distorsión se puede producir si se comprimen señales graves en un tiempo de ataque muy rápido. Si una onda de 100 Hz dura 10 ms, un tiempo de ataque de 1 ms puede modificar su forma creando dicha distorsión [22]. Por este motivo el tiempo de ataque debe variar dependiendo a cada señal.

En los casos en los que se quiere masterizar, se suele buscar el apoyo de un compresor multibanda, que divide la señal en las distintas bandas de frecuencia y actúa sobre cada una con un tiempo de ataque diferente, evitando así las distorsiones o el efecto de apagamiento (*dulling*). [22]

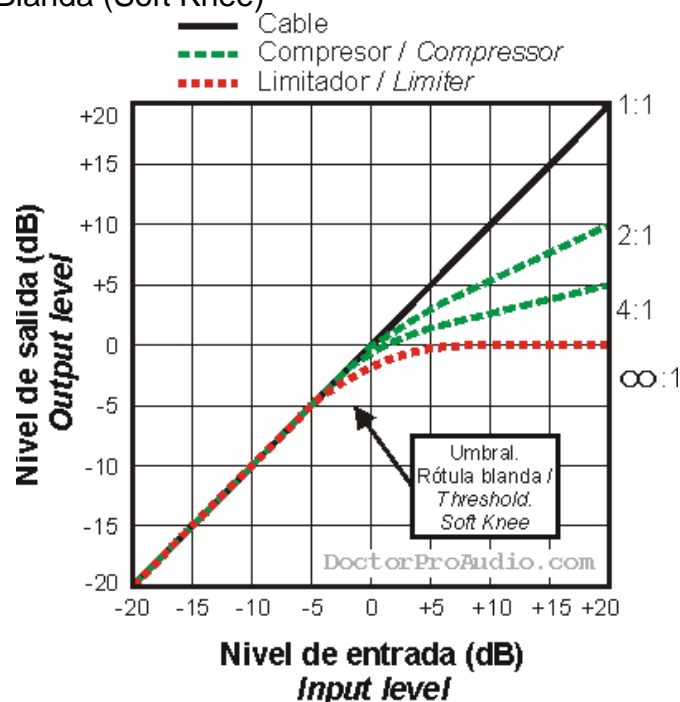
2.5.2.5 Relajamiento (Release). “Es el tiempo que el compresor tarda en restaurar la ganancia a su estado normal una vez que la señal se haya caído debajo del umbral” [20].

Los tiempos del *Release* son más prolongados que los de ataque. Oscilan entre los 40 ms y los 5 segundos [22]. Se debe tener cuidado con su uso, pues si el *release* es muy corto, la ganancia se restaurará a su estado normal rápidamente creando un desbalance de niveles llamado “efecto de bombeo” (*Pumping*). Por otro lado, si es muy largo, el compresor seguirá aplicando la compresión o reducción de ganancia cuando aparezca la siguiente señal y puede ocurrir que si entra un sonido bajo de volumen, éste sea suprimido [20].

2.5.2.6 Rótula Blanda (Soft Knee). “Regula la transición entre el estado procesado y sin procesar” [22].

Para solucionar el cambio repentino de la señal se usa el parámetro “*Soft Knee*”, en el que se produce un control de nivel más progresivo, incrementando gradualmente al valor ajustado en lugar de aplicarlo bruscamente [20] (Ver Figura 5).

Figura 5. Rótula Blanda (Soft Knee)



Fuente: DoctorProAudio, Compresores – Limitadores, 2000 [22].

2.5.2.7 Rótula Brusca (*Hard Knee*). Este parámetro se usa cuando la aplicación demanda un control más firme porque busca “hacer modificaciones pronunciadas a sonidos percusivos o instrumentos con ataque rápido” [20] (Ver Figura 2.).

Al usar esta compresión, se debe tener en cuenta que por cada decibel de compresión aplicada, el “ruido de fondo” será de 1 dB. Por eso algunos dispositivos tienen funcionalidad de compuertas o expansores, para eliminar este exceso de ruido. [20]

2.5.3 Tipos de Compresores. Durante la historia se han ido desarrollando diferentes tipos de compresores electrónicamente hablando, y cabe resaltar que, a pesar del avance tecnológico, los modelos antiguos no se han ido devaluado como normalmente sucede con las demás tecnologías. [23] Como ejemplo se puede resaltar el compresor **Fairchild 660 / 670** (...ver numeral 2.5.3.1...), que a pesar de ser fabricado originalmente en los años 50, hoy cuesta aproximadamente 25.000 €, [23] , añadiendo además que es bastante escaso de conseguir.

Los compresores se diferencian según su forma de reducir la ganancia de la señal de entrada. [23] Según el diseño de esta etapa, un compresor sonará diferente de otro, es decir, a pesar de que todos realizan la operación de reducción de la dinámica, el color final del sonido cambiará debido a comportamientos no lineales, distorsión, histéresis, diafonía y respuesta en frecuencia. [18]

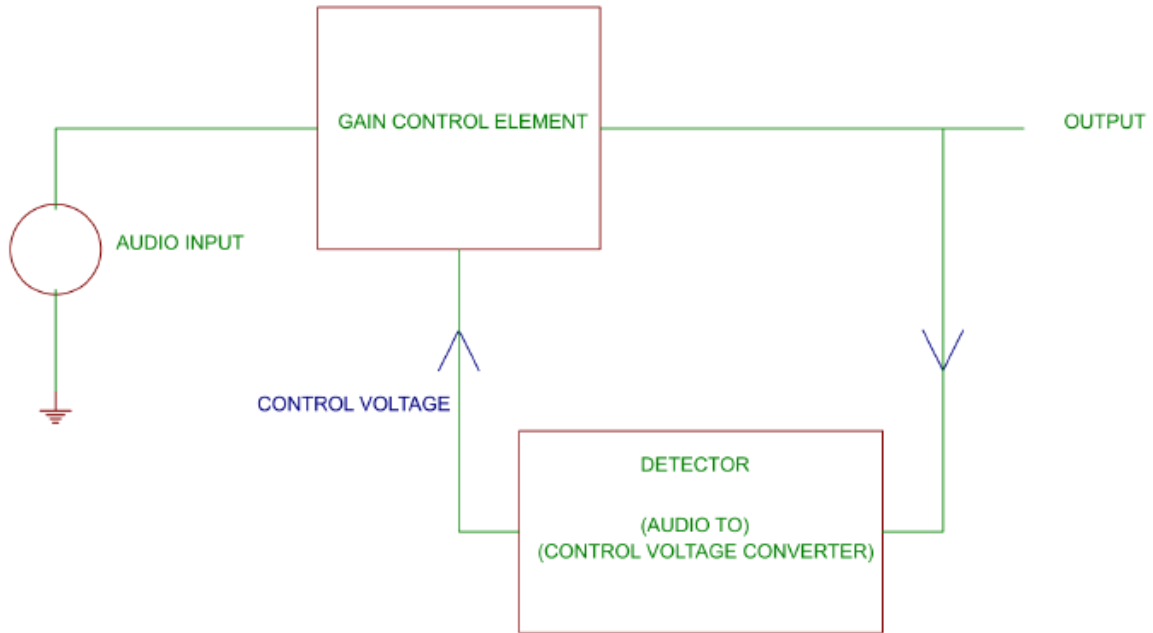
La eufonía o color que agregan todos los compresores se debe a los errores en los circuitos, a los efectos producidos por las condiciones no ideales: La ganancia fija produce distorsión al igual que la ganancia variable, el control de alimentación de voltaje que se filtra por el camino de la señal de audio, errores en la respuesta en frecuencia; y el ruido. [24]

Es importante además, resaltar que según la etapa de detección para el control de reducción de ganancia, el sonido y comportamiento del compresor tendrá particularidades diferentes. Si se toma la señal a la entrada (antes de la detección) se define como alimentación hacia adelante (*Feed-Foward*); si lo hace a la salida (después de la detección) se define como control de reducción por realimentación (*Feed-Back*). [21]

Las principales diferencia a tener en cuenta en estas topologías son las siguientes:

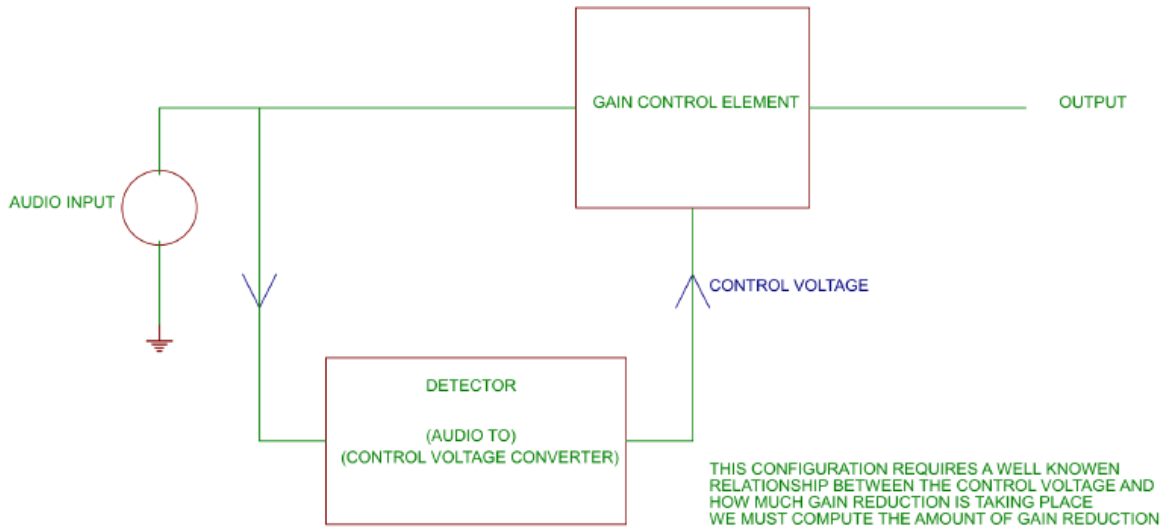
- En la realimentación o *Feed Back* (ver figura 6) la relación “control de voltaje” – “ganancia” no tiene que ser muy precisa, mientras que en la alimentación hacia adelante o *Feed Foward* (ver figura 7) esta relación debe ser bien conocida y calculada de manera exacta. [24]

Figura 6. Topología de Realimentación o *Feed Back*



Fuente: Dave Hill, 2012 [24].

Figura 7. Topología de alimentación hacia adelante o *Feed Foward*



Fuente: Dave Hill, 2012 [24].

- En un compresor con topología *Feed Back*, la **latencia**¹ o retardo a través del canal de audio y la etapa de detección o *Side Chain*² afecta la velocidad de respuesta y produce errores de estabilidad, mientras que en la topología *Feed Forward* la etapa *side chain* debe calcular la reducción de ganancia y un mal cálculo generará efectos secundarios en el audio. [24]
- El circuito con topología *Feed Back* es auto adaptativo y auto correctivo porque al definir el Umbral o *Threshold* se cambia la ganancia del ciclo de realimentación y esto cambia los demás parámetros automáticamente, entonces no se pueden definir ni tiempos de ataque (*Attack*), ni Relajamiento (*Release*), ni la Relación de compresión (*Ratio*). Sucede todo lo contrario en la topología *Feed Forward*, en la cual *Attack*, *Release* y *Ratio* deben ser estrictamente definidos. [24]

Con esta información se puede observar claramente porqué unos compresores poseen unos parámetros de funcionamiento que otros no.

2.5.3.1 Compresor de Mu variable. Se denomina comúnmente “Vari-Mu”³. Fueron los primeros compresores desarrollados. Su principal característica es que las válvulas son capaces de “cambiar la ganancia en forma dinámica en función de la señal de entrada.” [23]. Poseen por defecto una rótula blanda (*Soft Knee*) en el procesamiento [21]. No tienen control de relación (*Ratio*), ya que el grado de reducción de ganancia va en función del nivel de la señal de entrada [23].

Un ejemplo característico, muy conocido de este tipo de compresor es el anteriormente mencionado Fairchild 660 (*versión mono*) y 670 (*versión stereo*), considerado por muchos como el mejor compresor del mundo (Ver Figura 8). Se dejó de fabricar por el sobrecosto de su producción, ya que originalmente fue diseñado sobredimensionando todas sus capacidades y esto desembocó en un circuito que necesita 21 válvulas y 14 transformadores, aunque esto aporta gran fiabilidad y estabilidad según el boletín técnico publicado por la empresa. Se fabricaron de 30 a 40 ejemplares, lo que lo hace bastante escaso de conseguir de segunda mano. [21]

Su rango de reducción de ganancia suelen estar en un margen entre 12 y 25 dB. [21]

¹ **Latencia:** suma de retardos temporales dentro de una red, producto de un procesamiento o un traspaso de audio de un medio a otro.

² **Side Chain:** Etapa de detección en el circuito de un compresor. Controla la ganancia y le “dice” cuándo y cuánto atenuar. [25]

³ **Mu:** Expresión de la ganancia de una válvula en términos electrónicos.

Figura 8. Compresor Fairchild 670



Fuente: Audiopeludo, Magneto, 2012 [21].

En la actualidad existen varias marcas que fabrican modelos basados en este principio, como el famoso **Manley Vari-Mu** (Ver Figura 9).

Figura 9. Compresor Manley Vari-Mu

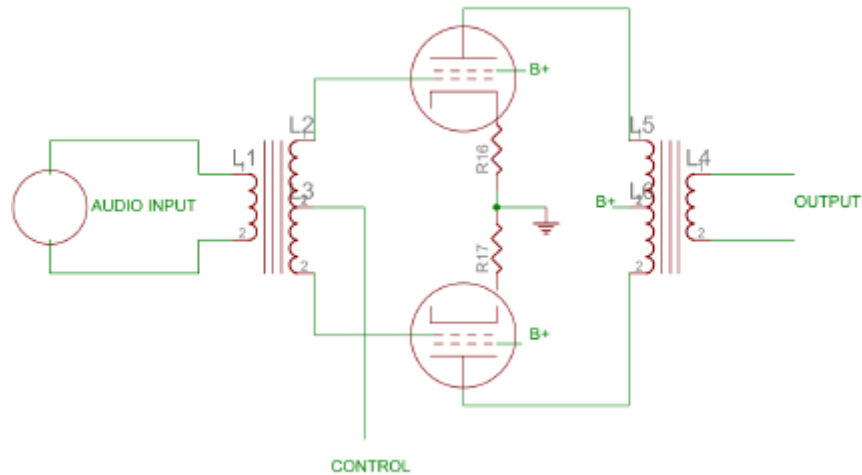


Fuente: Francisco Baudino, 2013 [23].

Los compresores de Mu Variable tienen un característico sonido que los hace muy interesantes además del aporte eufónico. Su construcción es muy costosa debido a la cantidad y tipo de válvulas, además de otros componentes utilizados, sin dejar de mencionar la complejidad de los circuitos [21].

- **Funcionamiento.** Básicamente la ganancia cambia con el cambio en el voltaje Grilla – Cátodo (ver figura 10).

Figura 10. Control básico de la ganancia con Válvulas

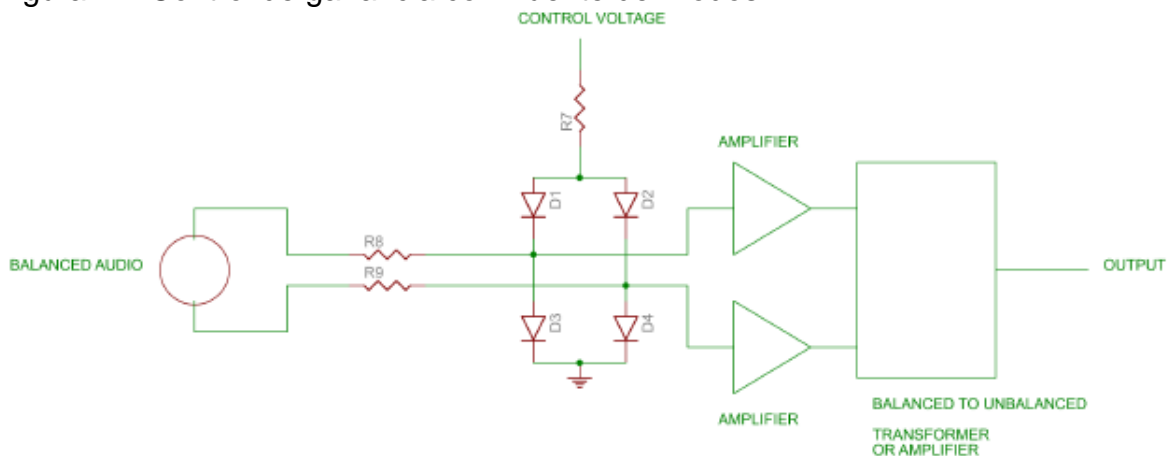


Fuente: Dave Hill, 2012 [24].

2.5.3.2 Compresor de Puente de Diodos. Se fabricaron en los años 60 pero rápidamente salieron del mercado. “Pueden tener unos tiempos de reacción muy cortos, pero necesitan que la señal que los cruza sea atenuada hasta niveles bajísimos, para luego ser amplificada de nuevo a niveles normales.” [25]

- **Funcionamiento.** El puente de diodos puede ser pensado como una impedancia variable (ver figura 11). Se le debe entregar una señal audio balanceada para evitar un alto componente DC en la salida. Los diodos deben tener especificaciones críticamente iguales. Si se procesa la señal a altos niveles se producen grandes cantidades de distorsión del tercer (3°) armónico. [24]

Figura 11. Control de ganancia con Puente de Diodos.



Fuente: Dave Hill, 2012 [24].

2.5.3.3 Compresor Óptico. Su etapa de ganancia se basa en un sistema lumínico, donde una fuente de luz (de tipo incandescente o LED) reacciona ante las variaciones del nivel de entrada, y un elemento foto detector¹ (en este caso un fototransistor o una fotoresistencia) es capaz de reaccionar ante esos cambios de luz, reduciendo la ganancia en el compresor en función de la cantidad de luz que producida [23]. El objetivo de usar un atenuador óptico es evitar que la señal comprimida se filtre en el canal de audio [21].

Estos dispositivos tienen tiempos de ataque y *release* muy altos, es decir, “son compresores muy lentos” [23].

Suelen carecer de los parámetros de control *Attack*, *Release* y *Ratio* sobre la compresión, como se mencionó en la topología *Feed Back* (...sección 2.5.3., párrafo 6°...), por lo cual su uso es simple. El comportamiento del elemento electro-óptico se encarga de hacer de manera automática estos parámetros de control en función de la señal entrante [21].

Normalmente trabajan con un rango de reducción de ganancia entre 25 y 30 dB, mayor que los del tipo Vari-mu [21].

El comportamiento de la fotoresistencia en el atenuador electro-óptico no es lineal, su respuesta inicial es rápida y luego se hace más lenta. Esto crea el efecto particular de la compresión óptica [21].

“Tienen un sonido muy característico que ha hecho que sigan siendo muy usados hoy en día” [23]. Dos compresores clásicos que tienen este tipo de topología son el Teletronix LA-2A (ver figura 12) basado en válvulas y el UREI LA-3A (ver figura 13) basado en transistores [23].

Figura 12. Compresor Óptico Teletronix LA-2A



Fuente: Vintage King Audio, 2014 [26].

¹ Detector de luz o potencia lumínica.

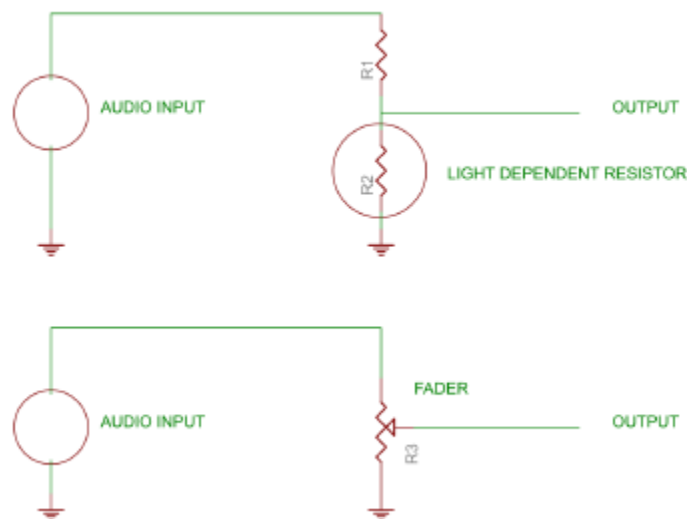
Figura 13. Compresor Óptico Urei LA-3A



Fuente: Baudino, 2013 [23].

- **Funcionamiento.** Se puede comparar con un *Fader* o divisor de voltaje a base de una resistencia (ver figura 14). Si se tuviera un potenciómetro motorizado y se fuera lo suficientemente rápido se podría emular su funcionamiento [24].

Figura 14. Control de ganancia con atenuador Óptico



Fuente: Dave Hill, 2012 [24].

2.5.3.4 Compresor tipo FET. Este tipo de compresores se basan en transistores de efecto de campo (*Field Effect Transistor*). “Tienen un sonido muy cristalino” [23] y “se caracterizan por su rapidez y por la necesidad de atenuar la señal antes de procesarla, con la consiguiente necesidad de volver a amplificarla después para recuperar un nivel normal” [27].

Tiene características que los hace similares a los compresores de válvulas y otras que los diferencian, como la distorsión [27]. Suenan mucho mejor que otro tipo de compresores cuando se procesan altos niveles de reducción de ganancia. Incorporaron por primera vez el control de relación o *Ratio*, aunque no de forma continua si no entre ciertos valores. [23]

“Su compresión es dura y poco disimulada, por lo que se usan cuando no importa escuchar su efecto” [27]. El ejemplo clásico de este tipo de compresor es el UREI 1176LN (ver figura 15).

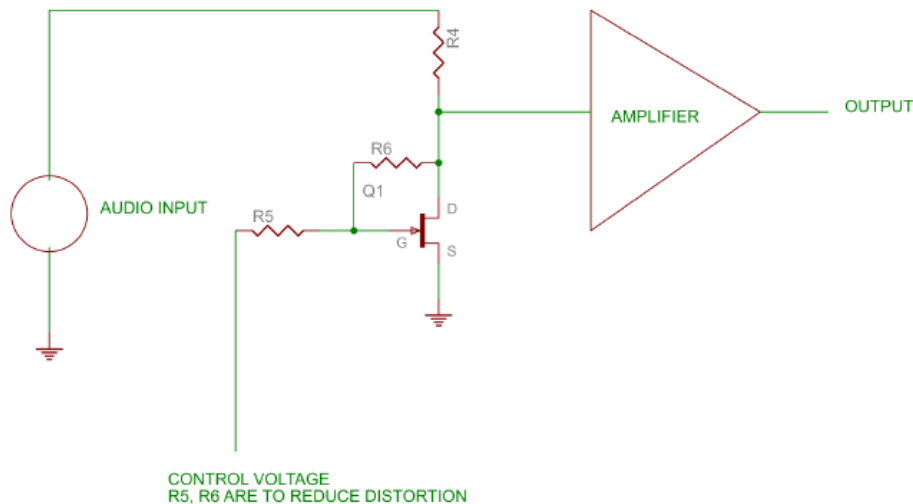
Figura 15. Compresor Urei 1176LN



Fuente: GTPS, 2014 [28].

- **Funcionamiento.** Se puede comparar con un divisor básico de voltajes con resistencias (ver figura 16). El FET trabaja como una resistencia controladora de voltaje. Las resistencias R5 y R6 tienen como propósito reducir la distorsión por modulación de audio en la resistencia del FET. [24]

Figura 16. Control de voltaje con FET



Fuente: Dave Hill, 2012 [24].

2.5.3.5 Compresor VCA. *Voltage Controlled Amplifier* (Amplificador controlado por voltaje). Son los más utilizados actualmente para controlar la dinámica de manera individual (por cada pista) cuando no se busca un sonido o color característico en la compresión. Son compresores de estado sólido (transistores) con los cuales se puede controlar de manera muy precisa la ganancia de la señal de entrada, “gracias a su rápida respuesta y su alto grado de solidez en las curvas de transferencia” [23].

Tiene un comportamiento logarítmico (no lineal), que hace que sus cambios de volumen sean similares a la forma en que el oído los percibe. Esto produce “una musicalidad especial y un sonido muy agradable” [27].

Los hay de buena y de mala calidad, dependiendo de los componentes electrónicos. Algunos de los más famosos son el Neve 33609U (ver figura 17), y el SSL XLogic G Series (ver figura 18).

Figura 17. Compresor estéreo Neve 33609U



Fuente: Vintage King Audio, 2014 [29].

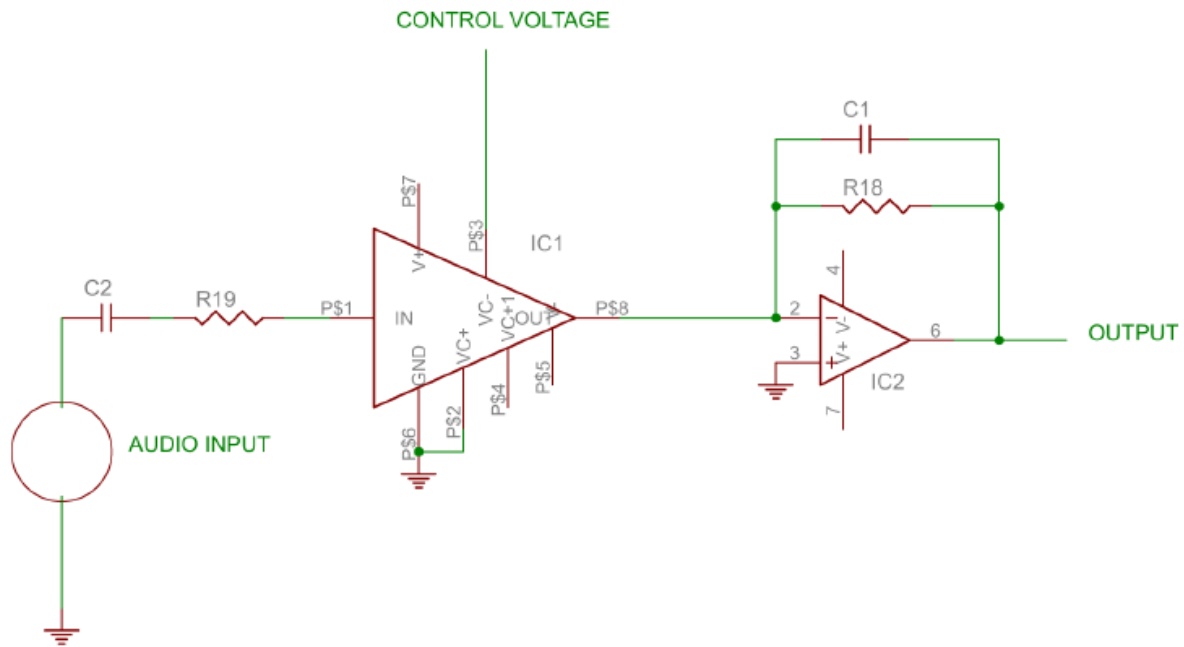
Figura 18. Compresor estéreo SSL XLogic G Series



Fuente: Cameron, 2006 [30].

- **Funcionamiento.** Esta topología fue la primera que hizo posible realizar diseños con alimentación hacia adelante (*Feed Forward*). La relación entre el control de voltaje y la reducción de ganancia es una ley precisa. Su construcción está basado en un chip diseñado por David Blackmer de la empresa DBX (ver figura 19). Se utilizan circuitos con amplificadores logarítmicos y antilogarítmicos. [24]

Figura 19. Circuito Integrado Amplificador Controlado por Voltaje (VAC)



Fuente: Dave Hill, 2012 [24].

2.5.4 Plug-ins compresores. Con la llegada de la era digital y todas las ventajas que implica en cuanto a practicidad, costos, maniobrabilidad y automatización, se han desarrollado *plug-ins* de software DAW que realizan compresión de audio.

Son muchas las empresas que actualmente desarrollan *plug-ins* compresores profesionales como *Waves*, *Kush*, *PSP*, *Klanghelm*, *Softube*, *Elysia*, *Steinberg*, *IK*, etc (ver figura 20) [28]. Sin embargo, “su éxito no se debe tanto a su calidad de sonido sino a la facilidad de adquisición, gracias a los *plug-ins* el compresor está al alcance de todos” [31]. Es decir, el nivel de calidad de un *plug-in* compresor se mide en cuán parecido logre éste emular el sonido de un compresor análogo de calidad, como los vistos anteriormente (...sección 2.5.3...).

Se puede entonces concluir de la información anterior que la máxima calidad en la compresión de audio la siguen liderando los compresores análogos, de hardware físico y procesamiento electrónico.

Figura 20. Ejemplos de *Plugins Compresores de Audio*



Fuente: George GTPS, 2014 [28].

2.6 EL VÚMETRO.

“Un estudio sin VU-meters no es un estudio!”
Camilo Silva F. [10]

Llamado en inglés *VU¹ meter*, es un dispositivo diseñado para medir visualmente la profundidad o volumen de una señal de audio. Su principal utilidad es ser una referencia normalizada para la medición de niveles (ver figura 21). [32]

Fue desarrollado en los años 30s para ayudar a estandarizar las mediciones en las líneas telefónicas y luego se convirtió en una herramienta de medición estándar en la industria del audio. [32]

“La idea para desarrollar el vúmetro surgió a partir de la necesidad de proporcionar el nivel de audio suficiente sin llegar a percibir una distorsión en la señal ofrecida en

¹ **VU**: La unidad de volumen VU (del inglés Volume Unit) se define como: "El indicador de volumen marca 0 VU cuando se conecta a la salida una resistencia de 600 Ohmios, para una señal sinusoidal de 1000 Hz." [26]

la audiencia “*Unknown Soldier on Armistice Day*” celebrada en Arlington, New York y San Francisco en el año 1921.” [33]

Los vúmetros son una herramienta esencial que guía al ingeniero a la hora de mezclar y masterizar.

Figura 21. Indicador de un Vúmetro



Fuente: Wikipedia, [34].

2.6.1 Funcionamiento. Se basa en “una bobina móvil alimentada por medio de un rectificador de onda completa que a su vez se alimenta de la línea mediante una un componente resistivo en serie. No necesita más fuente de energía para su funcionamiento que la señal de entrada.” [33]

Se utiliza para supervisar los niveles de audio que pueden entregarse sin llegar a los límites que provocan distorsión. “Ateniéndose a unos criterios normalizados se puede definir la calidad de la señal que se desea grabar o reproducir.” [33]

En su funcionamiento se toman varias muestras en un periodo de tiempo determinado por cada vúmetro, se hace un promedio y luego se indica la potencia sonora relativa. Así se entrega un valor relativamente parecido a la forma como escucha el ser humano.

Los vúmetros trabajan bien con sonidos continuos, no ocurriendo lo mismo con sonidos rápidos o transitorios [32]. “Su medición es lenta a propósito para reflejar de una manera clara al usuario los máximos y mínimos en la señal entregada” [33]. El tiempo de subida de un vúmetro (tiempo que toma en registrar el nivel de un sonido) y el tiempo de bajada (tiempo que toma en regresar a la lectura más baja) son cada uno de 300 milisegundos. [32]

Se tiene como norma general, que la señal de audio no debe superar la franja marcada con 0VU, ya que esto puede ocasionar “pérdidas en la calidad de sonido, ofreciendo una respuesta en frecuencia más pobre y una saturación en la grabación”

[33]. Esto ocasionará problemas en un futuro procesamiento de la señal como la compresión. Además, “si la señal es demasiado baja, la relación entre el ruido y la señal es más notable en la grabación” [33], y esto también dificulta un posterior procesamiento del audio.

El nivel óptimo de audio en un vúmetro es alrededor de los 0 VU, a menudo referidos como 0 dB. Técnicamente hablando, 0VU son equivalentes a +4dBm o 1.228 voltios RMS a través una resistencia de 600 Ω . [32]

2.6.2 Concepto de dBFS, dBVU y dBu. Lo primero en lo que hay que hacer claridad en estos concepto es su diferencia con los decibelios o dB, hablando claro está, en términos de niveles de audio.

Los **dB** o decibelios se utilizan para referirse a un **cambio** en el nivel o volumen. Entonces tener “0 dB” significa que no hay ningún cambio en el volumen.

Los **dBFS** (*Decibel Full Scale*), o decibelios en escala completa, son utilizados para referirse a un **nivel específico** en la señal, en comparación con el nivel más alto que un sistema de audio puede manejar. Es decir, “0 dBFS” son el máximo nivel al cual un sistema de audio puede hacer frente sin “clipear”¹ las puntas de la forma de onda de la señal. [35]

Entonces, se puede decir que una señal se hizo 10 dB más silenciosa, mientras que -10 dBFS significa que el nivel es 10 decibelios más bajo que el máximo nivel soportado por el sistema de audio.

Por otra parte, en el audio profesional los niveles de línea (voltajes) se miden en **dBu** y “el nivel nominal más extendido para los equipos análogos es de +4 dBu, que corresponde a una onda senoidal de 1.228 VRMS. El voltaje de referencia absoluto es 0.7746 VRMS. Este voltaje de referencia corresponde a la tensión que aplicada a una impedancia de 600 Ω , desarrolla una potencia de 1 mW.” [36]

El “0” **dB VU** es el nivel de persistencia, es decir, es el nivel alrededor del cual se deberían mover las agujas (del vúmetro) para simbolizar un flujo de señal óptimo y estable. [37] El nivel de equivalencia es:

$$0 \text{ dB V o VU} = -6 \text{ dBFS Peak}^2 = -18 \text{ dBFS RMS}$$

¹ Término proveniente del inglés *clipping*, usado comúnmente en la jerga de la ingeniería de audio, para referirse al momento en el que una señal toca el límite del volumen permitido por un sistema y comienza a perderse o distorsionar.

² Pico de la señal.

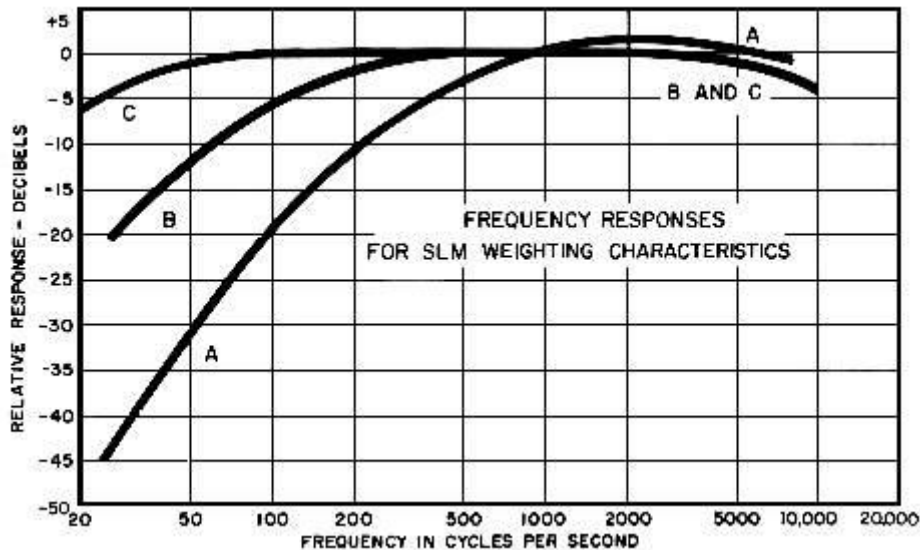
Finalmente es importante mencionar que para los niveles de presión sonora se utiliza el **dB SPL** (*Sound Pressure Level*). En el aire se utilizan 20 μ P (micro pascales) como unidad de referencia. [38]

2.6.3 Calibración. Para realizar una calibración en un vómetro, primero es necesario tener clara la correspondencia de relaciones en los diferentes tipos de decibelios.

Los instrumentos medidores de nivel de presión sonora utilizan filtros con curvas de ponderación similares a la respuesta que tiene el sistema auditivo humano llamadas A, B y C “(que dan lugar a las escalas de decibeles dBA, dBB y dBC), donde las curvas A y luego la C son las más usadas” [39] (ver figura 22).

En esta gráfica (figura 22) se puede apreciar que la curva C tiene un comportamiento prácticamente lineal en muchas octavas, lo que lo hace adecuado para mediciones en niveles altos de presión sonora.

Figura 22. Curvas de Ponderación A, B y C.

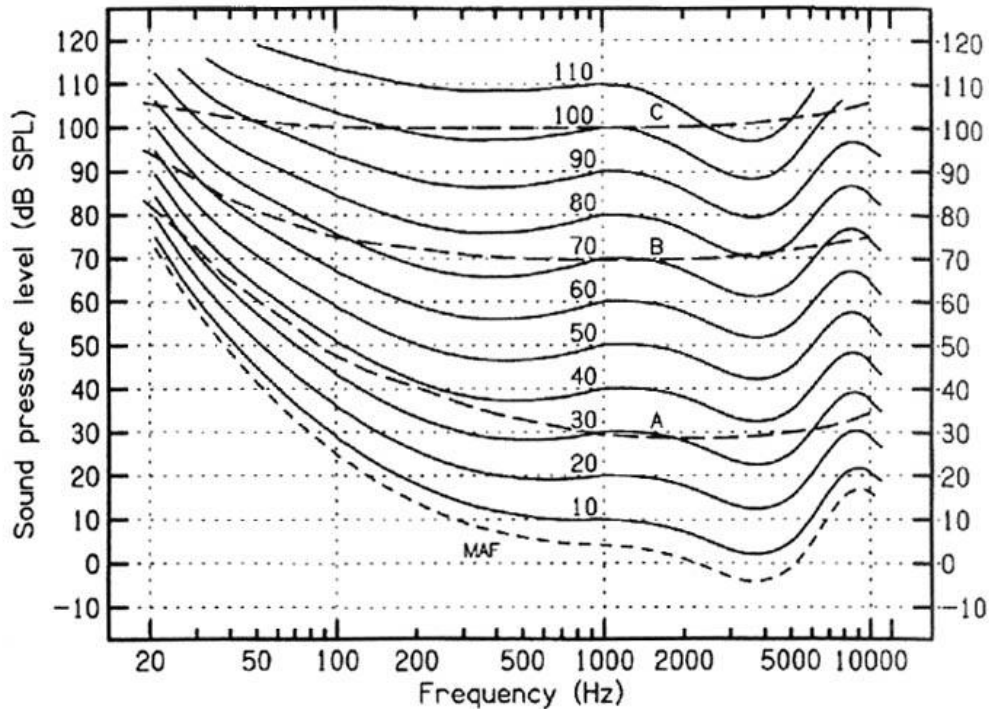


Fuente: B. Truax: Handbook of Acoustic-Ecology. [39]

La curva utilizada en un sistema sonoro debe depender de la presión sonora que se pretende medir de manera que exista una adecuada correspondencia con la realidad percibida por el oído. En la figura 23 se puede observar que la curva A está

basada en la curva de nivel de sonoridad de 30 fon¹, la curva B en la de 70 fon y la curva C a la de 100 fon. [39] (ver figura 23)

Figura 23. Sensibilidad del oído en base a las curvas de ponderación A, B y C.



Fuente: B.J.C. Moore: An Introduction to the Psychology of hearing [39].

En la correspondencia entre niveles de presión sonora (dB SPL) y decibelios en escala completa (dBFS) (ver figura 24) se pueden apreciar varias correspondencias interesantes desde el punto de vista de este proyecto. Entre ellas se encuentran:

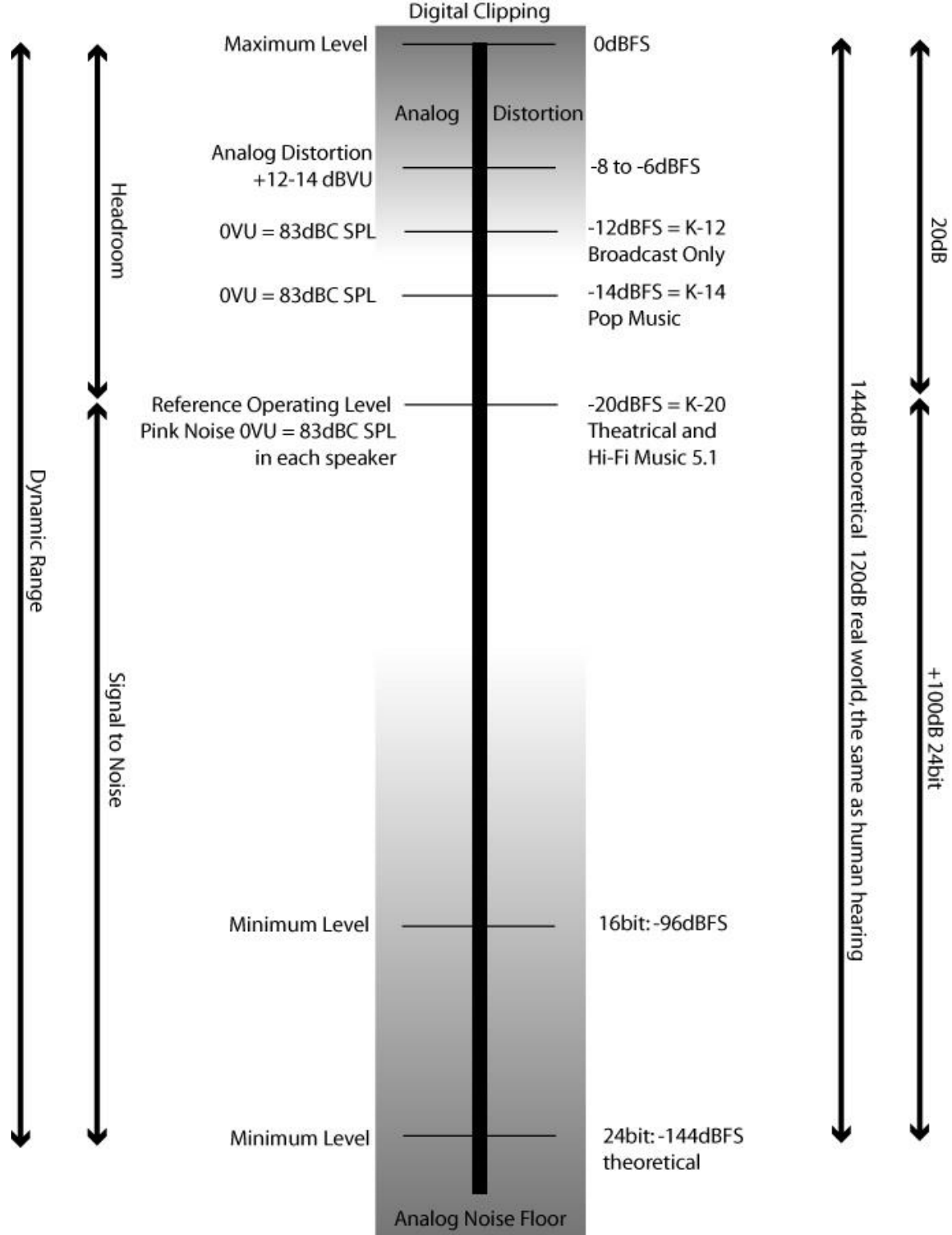
- El Clip² Digital los 0 dBFS.
- La distorsión en un equipo análogo de +12 a +14 dBVU corresponde a -8 a -6 dBFS.
- 0 VU = 83 dBC SPL corresponde tanto al nivel utilizado para *Broadcast*³ en -12 dBFS como para el género musical Pop en -14 dBFS.

¹ "Para 1 kHz se ha definido que el nivel de presión sonora (en dB) corresponde al nivel de sonoridad (en fon = phon). Así 0 dB es igual a 0 fon y 120 dB es igual a 120 fon." [39]

² **Peak:** Pico. Máximo nivel en la señal que genera distorsión.

³ **Broadcast:** Difusión en medios de comunicación

Figura 24. Correspondencia entre dB SPL y dBFS

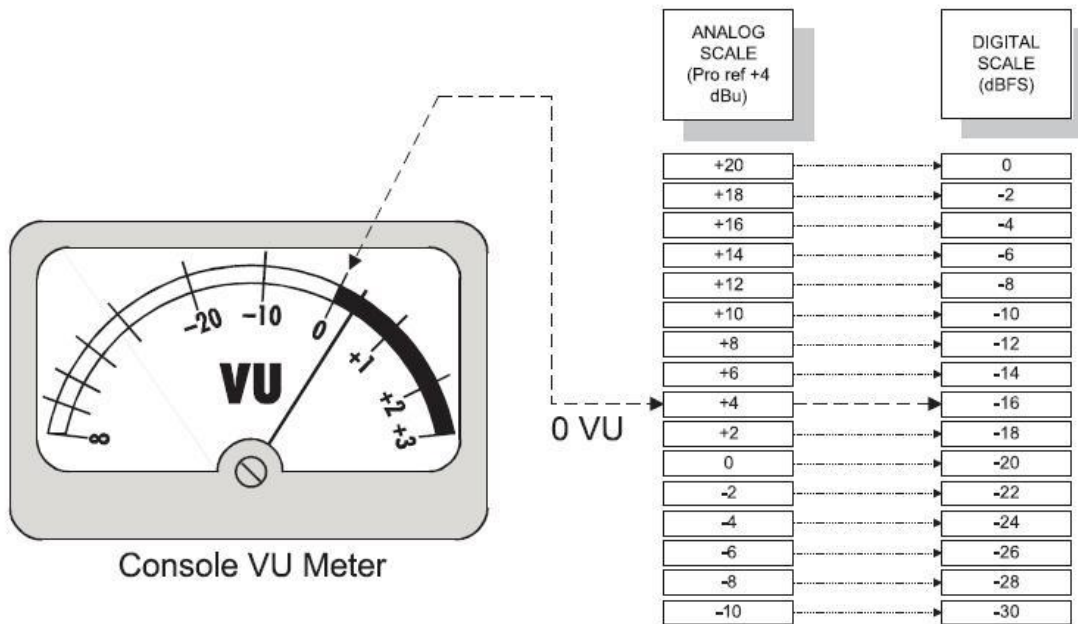


Fuente: 12ax7, 2011 [40].

- El nivel de referencia de operación y **Ruido Rosa**¹, de igual manera ubicado en 0 VU = 83 dBC SPL corresponde al nivel recomendado para cine y música en alta definición ó 5.1 canales en -20 dBFS.
- El nivel mínimo para muestreo a 16 bits es de -96 dBFS
- El nivel mínimo para muestreo a 24 bits es de -144 dBFS

Para calibrar adecuadamente un vúmetro es necesario tener en cuenta además, la correspondencia entre la escala usada para equipos análogos en dBu y la escala usada en equipos digitales en dBFS (ver figura 25), que son los valores estandarizados para trabajar con equipos de grabación de audio profesional.

Figura 25. Correspondencia entre dBu y dBFS

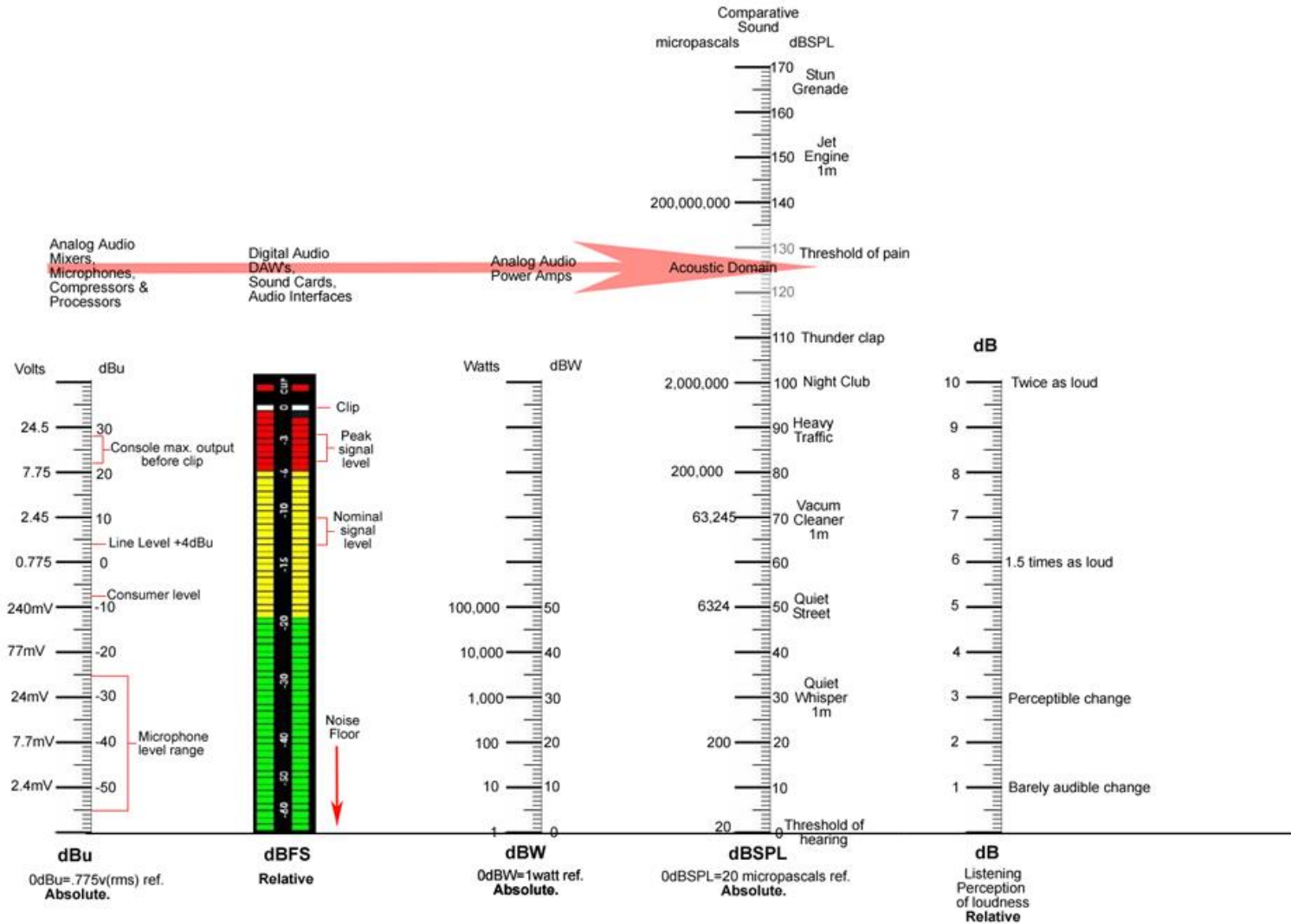


Fuente: Silverstone, 2011 [41]

A continuación, para tener una visión global de los conceptos anteriores, se presenta una gráfica comparativa entre todos los dBs importantes en el mundo del audio (Ver Figura 26).

¹ **Pink Noise**: ruido cuyo nivel sonoro está caracterizado por una densidad espectral inversamente proporcional a la frecuencia.

Figura 26. Comparación entre los principales dBs manejados en audio.



Fuente: Covill, 2014 [42].

Como se está buscando una calibración especial para Mezcla y Masterización que ayude a mejorar la sonoridad de las grabaciones en los estudios de grabación, se recurrirá a la opinión de los expertos en el tema, los ingenieros de sonido reconocidos internacionalmente. Esto debido a que cada estudio en particular utiliza múltiples calibraciones para vúmetros.

2.6.3.1 Calibración para Mezcla. Los ingenieros de sonido recomiendan tener disponible un vúmetro en su estudio de grabación para realizar bien el proceso de mezcla. Sin embargo, no basta con tener cualquier vúmetro indicador de niveles para manipular adecuadamente la dinámica de una canción.

El reconocido ingeniero de sonido colombiano Camilo Silva, ganador de 2 premios *Latin Grammy* y nominado a otros 12, recomienda utilizar gracias a sus 12 años de experiencia en mezcla y masterización, un vúmetro con calibración idéntica a la consola NEVE 8058, que corresponde a un nivel de referencia para *Mixing* de: [2]

0VU = -14dBFS

2.6.3.2 Calibración para Masterización. De igual manera, para la calibración en modo "*Master*", los niveles habituales en la actualidad ubican el nivel de referencia en:

0VU = -9dBFS

Ésta es la calibración especial que recomienda el ingeniero Camilo Silva [2], de manera que los *VU meters* respondan de manera más acertada a los niveles de mastering usados en las producciones de calidad internacional actuales.



CAPÍTULO 3
"Descripción y
Diseño del Proyecto"

3. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 DISEÑO DEL COMPRESOR ANÁLOGO

Gracias a la información investigada y recopilada, se pudo determinar cuál tipo de compresor construir según las especificaciones, la accesibilidad de los materiales y las demandas de la comunidad de ingenieros de sonido.

Para lograr la sonoridad esperada, el diseño para esta etapa del prototipo se basa en el compresor óptico LA-2A, debido a su calidad, su sistema auto adaptativo (se auto regula los tiempos de ataque y relajamiento, relación de compresión, entre otros parámetros) que hace fácil su manipulación (...ver sección 2.5.3.3...), y su buena fama en el gremio de la ingeniería de sonido (...ver Anexo A...).

Existe documentación sobre este compresor en muchas fuentes **DIY** (*Do it yourself*), para este caso se utilizaron principalmente las páginas de **Drip elelectronics** [43] y **RecProAudio** [44].

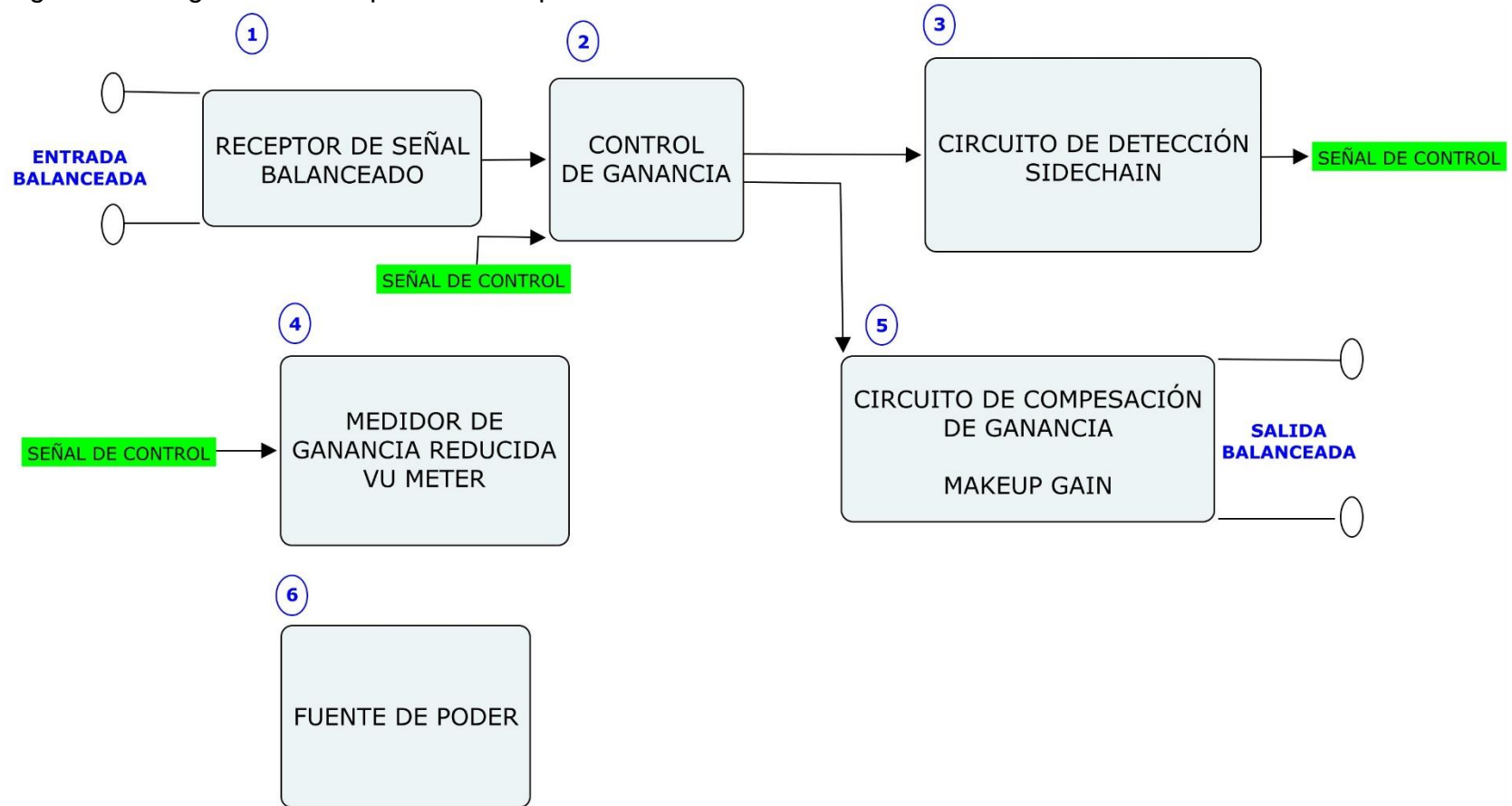
Con el diseño de un compresor de este tipo se está creando una herramienta competente que ayude a resolver los problemas de volumen y sonoridad mencionados en la justificación de este trabajo.

Se describen a continuación las etapas del circuito que llevará el compresor análogo. Cabe resaltar que será construido con tubos de vacío en sus etapas de amplificación y control de ganancia; y un atenuador óptico en su etapa de detección. Con esto se garantiza el “color”, la eufonía que producen las distorsiones en los diferentes armónicos de frecuencias, y los demás factores deseables mencionados en el marco teórico (...ver sección 2.5.3...).

3.1.1 Etapas del circuito. El compresor análogo llevará seis etapas en su circuito como se puede ver en el siguiente diagrama de bloques (ver figura 27). Tiene topología *FeedBack* al tener el circuito de detección o *Sidechain* luego del circuito de control de ganancia. Por lo tanto, este compresor tiene un sistema auto adaptativo y auto correctivo porque al definir el Umbral o *Threshold* se cambia la ganancia del ciclo de realimentación y esto cambia los demás parámetros automáticamente (...ver sección 2.5...).

Además, esta topología de realimentación evita que una señal sin comprimir con excesiva dinámica produzca distorsión en el circuito de reducción de ganancia.

Figura 27. Diagrama de Bloques del Compresor



Fuente: El Autor, Juan Sebastián Betancur Posada.

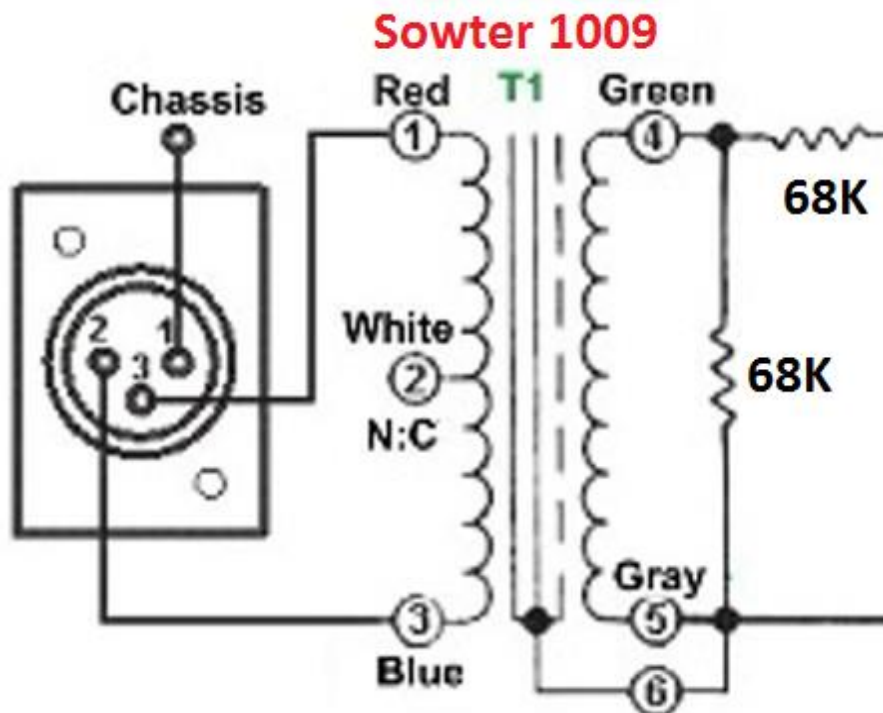
3.1.1.1 Receptor de Señal Balanceado (*Balanced Receiver*). Como se quiere desarrollar una herramienta para aplicación profesional, se debe **balancear** la señal de entrada, es decir, la señal se lleva dos veces por el cable conductor, una de estas veces de forma invertida, con el fin de cancelar el ruido y las interferencias electromagnéticas que el apantallamiento del cable no logre rechazar. Así, la señal llega un poco más atenuada pero más “limpia” de ruidos indeseables.

Se diseñará el sistema con entrada y salida XLR o Cannon, que es un tipo de cable profesional perfecto para transportar señales balanceadas.

El circuito de entrada o “Receptor de Señal Balanceado” debe, al recibir la señal, realizar el proceso de “desbalanceo”, que consiste en sumar las dos señales que le llegan pero debe invertir primero una de ellas. Para este sistema de balance se utilizan en los equipos de muy alta gama el balance con transformadores, tanto a la entrada como a la salida. [45]

A continuación se puede ver el diagrama básico del Receptor de señal Balanceado (ver figura 28). Las resistencias se utilizarán con valores grandes (K Ω) para manejar corrientes pequeñas, en este caso de 68K.

Figura 28. Diagrama del Receptor de Señal Balanceado.



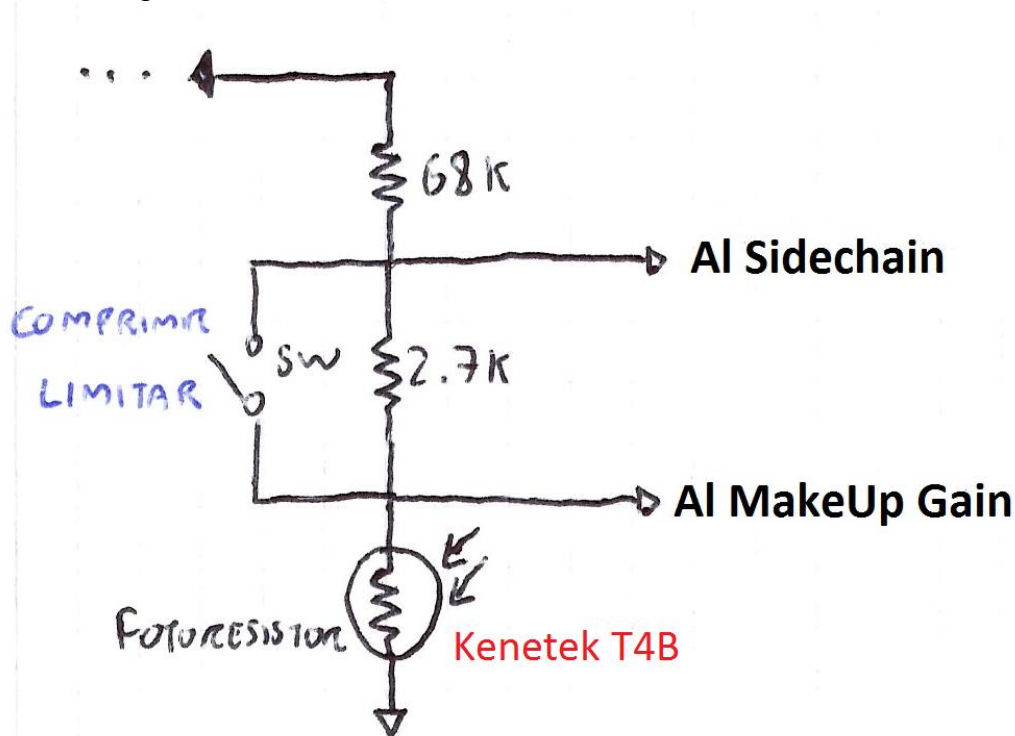
Fuente: Esquema realizado por el autor como adaptación del diseño original.

El transformador de entrada es del fabricante inglés Sowter, referencia **1009** (...ver Anexo B2...) y tiene una relación de transformación de 600Ω a $50K\Omega$ (necesaria para manejar señal por cable Cannon o XLR) con un ancho de banda de -1.6 dB de 20Hz a 20KHz , es decir, el rango de audición completo del oído humano. En este caso sirve como reemplazo al usado en el diseño original UTC HA100X. No es igual pero sus propiedades electrónicas son muy similares y en el caso del ancho de banda, es mayor.

3.1.1.2 Control de Ganancia (*Gain Reduction Cell*). Como se decidió trabajar con un compresor óptico, se debe tratar la señal entrante con un atenuador controlado ópticamente. Este atenuador está compuesto por una resistencia fija y una fotocelda opto-acoplada (*shunt opto-coupled photocell*). Su principal ventaja es que al ser pasivo no añade ruido eléctrico a la señal y por lo tanto, preserva el tono y carácter del sonido original.

El fotoresistor del siguiente diagrama (ver figura 29) recibe la señal de control para saber “cuánto” debe atenuar la señal.

Figura 29. Diagrama del Circuito de Control de Ganancia.



Fuente: Esquema realizado por el autor como adaptación del diseño original.

También se puede apreciar un *switch* para seleccionar si se desea comprimir o limitar la señal. Recuérdese que un limitador es básicamente un compresor ajustado con una relación de 10:1 o mayor [20]. Si se cierra el switch se anula la resistencia de 2.7K y la resistencia total no será tan grande, por lo cual el sistema no limitará si no que comprimirá la señal a una relación menor, definida y autoadaptable por el módulo T4B. Mientras en el modo compresión los decibelios atenuados dependen exclusivamente de la fotorresistencia, en el modo de limitación se atenúan de entrada -28.36 dB como se puede ver a continuación. Primero se halla el voltaje en la resistencia de 2.7K, teniendo en cuenta que una línea balanceada maneja 24V en cable XLR:

$$V_{68k} = \frac{24 * 2.7k}{68k + 2.7k} = 0.916$$

Los decibelios atenuados en el modo de limitador son, antes del módulo T4B:

$$20 \log \left(\frac{0.916}{24} \right) = -28.36$$

Para esta etapa se utilizará el atenuador electro óptico **Kenetek T4B**. Esta unidad funciona casi exactamente como las utilizadas en los limitadores a válvulas Teletronix y Urei LA-2A. La información del fabricante se encuentra en el Anexo B (...ver Anexo B3...). Algunas resistencias del circuito se deben cambiar, como se irá detallando, por especificación del fabricante ya que el módulo original es el T4A que ya no se vende en el mercado.

Luego de esta etapa la señal toma dos caminos, uno va hacia el circuito de detección o *Sidechain* y el otro a la ganancia de compensación o *Make Up Gain*.

3.1.1.3 Circuito de Detección (*Sidechain Amplifier*). Este circuito es el origen de la señal de control que llegará al Circuito de control de ganancia descrito anteriormente, y “le dirá cuándo y cuánto atenuar” [25], dependiendo de los parámetros *threshold*, *ratio*, *attack* y *release*, que en este caso son autoadaptables por el circuito tener la topología *feedback*.

En el circuito de detección se encuentra incluido el sistema de emisión óptica del módulo T4B, es decir, envía la señal para el circuito de reducción de ganancia y luego es recibida por el mismo módulo T4B por medio de su fotorresistencia (ver figura 30).

Este circuito contiene el potenciómetro selector del nivel de umbral (*Threshold*), cuando la señal supera la amplitud o voltaje determinado, la válvula **12AX7** (...ver datasheet en Anexo B4...) actúa como amplificador reductor de ganancia. Se encuentran dos triodos 12AX7 en configuración paralelo para brindar baja impedancia de salida debido a la baja resistencia de placa, una configuración común

en los equipos de audio de alta gama como los amplificadores *Fender*. Luego se encuentra un sistema de modificación de respuesta en la limitación con el potenciómetro de $1M\Omega$ para hacerlo más o menos sensible a comprimir las frecuencias altas.

También contiene un ajuste para trabajar con dos compresores en estéreo, este ajuste se realiza con el potenciómetro de $1M\Omega$ y lo que hace es reducir al mínimo la resistencia entre el capacitor de $1nF$ y el tubo de vacío **6AQ5A** (...ver datasheet en Anexo B6...). La válvula 6AQ5A se encarga, en configuración de amplificador, de manipular el atenuador óptico enviando la señal a través del elemento luminiscente del módulo **T4B**. Si se reduce al mínimo el potenciómetro de ajuste estéreo, esta válvula enviará al circuito de control de ganancia el 100% de la señal.

Para los cálculos se recurre a la gráfica proporcionada por el fabricante (...ver Anexo B4...).

- **Resistencia de Placa 12AX7:**

$$R_P = \frac{V_{Polarización}}{I_P} = \frac{275}{1.25m} = 220K$$

- **Corriente de Ánodo 12AX7:**

$$I_a = \frac{HT - V_a}{R_l} = \frac{205 - 115}{220k} = 0.4mA$$

- **Resistencia de Polarización de Cátodo 12AX7**

$$R_K = \frac{0.4}{0.4m} = 1K$$

- **Resistencia de ánodo 12AX7:**

$$r_a = \frac{150 - 40}{4 - 0} = 27.5K$$

- **Resistencia dentro del cátodo:**

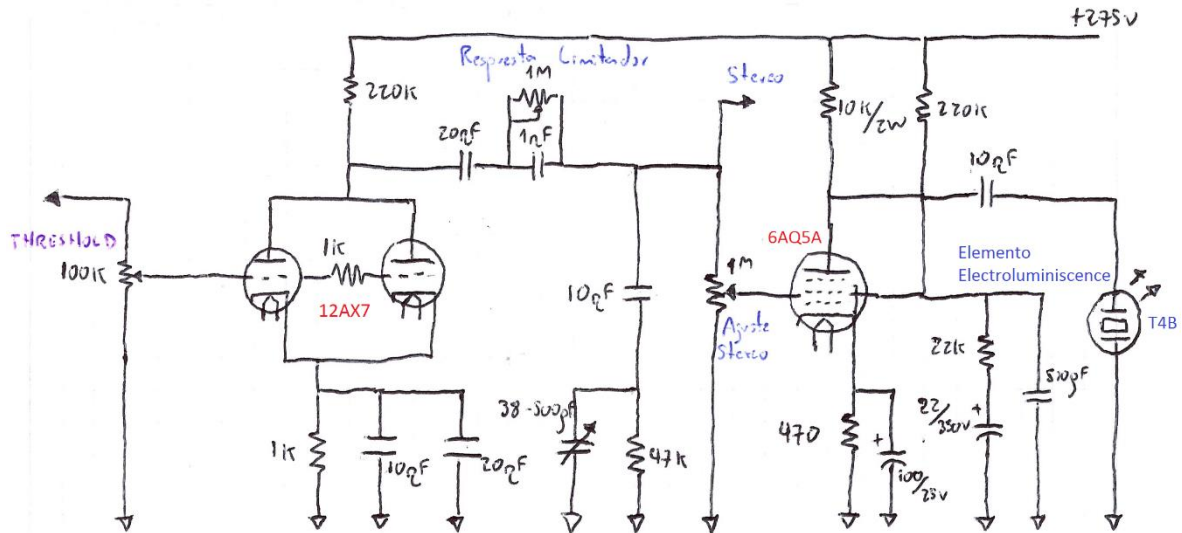
$$r_K = \frac{220 + 27.5}{100 - 1} = 2.45K$$

- **Capacitor de desacople en Cátodo 12AX7:**

$$C_K = \frac{1}{2\pi f r'_K} = \frac{1}{2 * \pi * 6K * 995.4} = 26.6nF$$

Se utilizan dos capacitores en paralelo que suman $30nF$.

Figura 30. Diagrama del Circuito de Detección o Sidechain



Fuente: Esquema realizado por el autor como adaptación del diseño original.

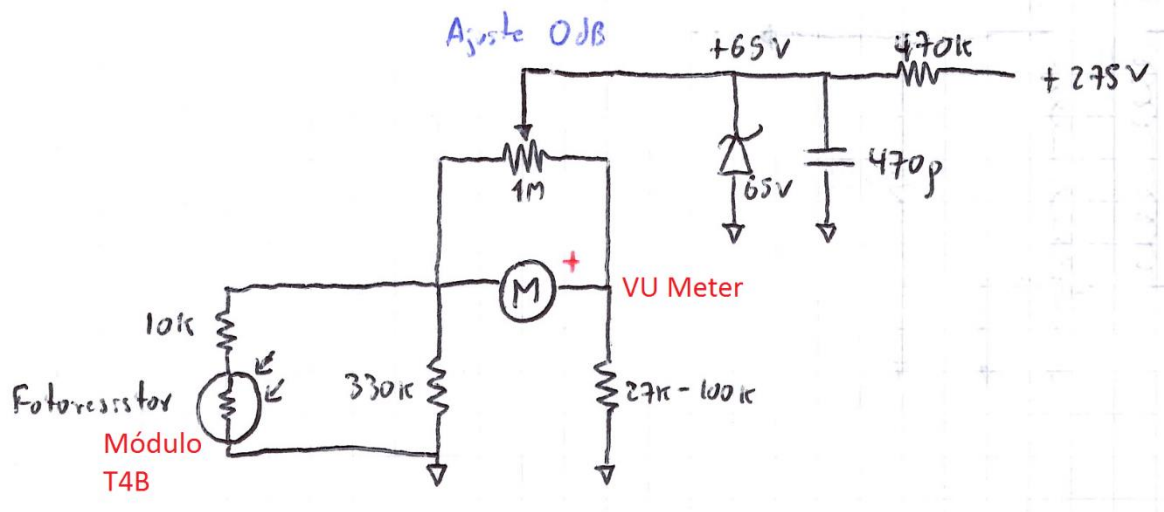
3.1.1.4 Medidor de Ganancia Reducida (Gain Reduction Meter). En esta etapa se muestra la información de “cuánto” se está comprimiendo la señal en VU por medio de un vúmetro.

El módulo electro óptico Kenetek T4B por medio de su foto resistencia recibe la información de control de la etapa de Sidechain y se transmite al vúmetro como se puede ver en el diagrama del medidor de ganancia reducida (ver figura 31).

Se puede apreciar en la figura el potenciómetro de 1MΩ, en este caso sirve para calibrar el vúmetro en “0 dB”. La resistencia de 27K a 100K se refiere a valores que puede tomar con el **Módulo T4B**, en el diseño original esta resistencia era de 18KΩ al tratarse del T4A, entonces por especificaciones del fabricante se selecciona un valor entre los mencionados (ver figura 31).

Como *display* para el vúmetro se utilizará el de la empresa Hairball Audio el 8037 VU Meter 12V Lamp (Fits Hairball Enclosure) (...ver Anexo B7...). El vúmetro original no se vende en el mercado y trabaja a 6.3 Voltios. La lámpara de este vúmetro trabaja hasta los 12VDC, con 6.3 V es suficiente para iluminarlo.

Figura 31. Diagrama del Medidor de Ganancia Reducida



Fuente: Esquema realizado por el autor como adaptación del diseño original.

3.1.1.5 Circuito de Compensación de Ganancia (*Makeup Gain*). En este circuito se busca compensar la ganancia perdida en el proceso de compresión de la señal. Para ello se selecciona la cantidad de ganancia deseada con el potenciómetro de 100K Ω (ver figura 32).

Luego se encuentra otra válvula tríodo 12AX7 en configuración de amplificador de voltaje y le entrega la señal al tríodo **12BH7** que a su vez está en configuración "Seguidor por cátodo" (*Cathode Follower*) y le entrega finalmente la señal a la salida balanceada a cargo del transformador **Sowter 1290e**.

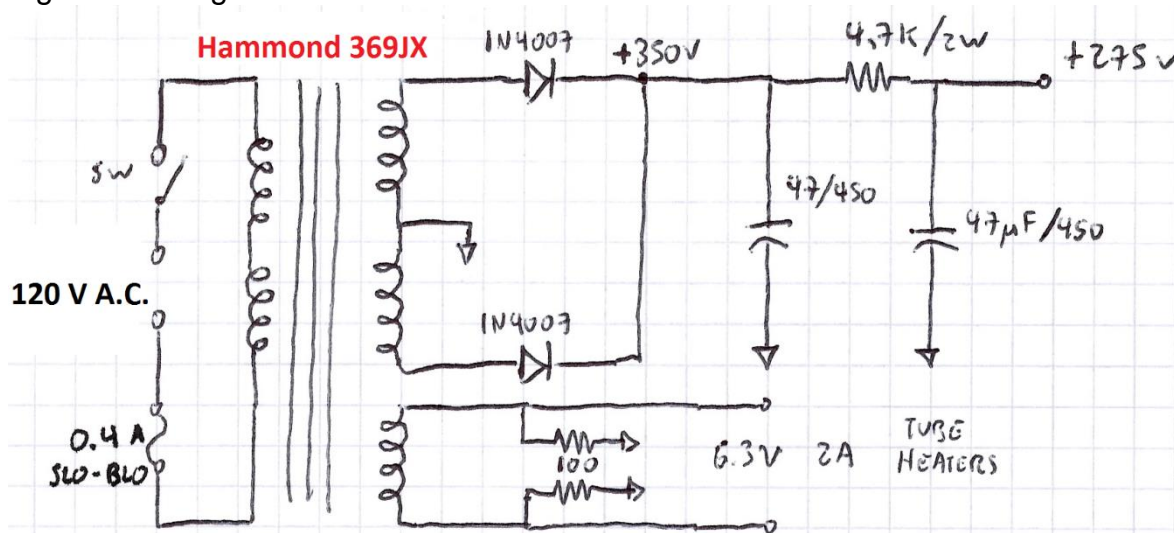
A ambas configuraciones de las válvulas se les agrega resistencia y condensador para bloquear la componente DC a la salida.

Se trabajará con válvulas **12AX7** y **12BH7A** del fabricante ruso Electro-Harmonix, famosas por su sonido balanceado, bajo nivel de piso en ruido (*noise floor*) y su desempeño en términos de microfónica [46]. (...ver datasheets en Anexo B4 y B5 respectivamente...). Son perfectas para reemplazar las originales que ya no se consiguen en el mercado.

Se utilizará el transformador de audio **Sowter 1290e** (...Ver Anexo B1...). Este transformador es especial para manejar líneas de audio AC balanceadas, en configuración "Seguidor por cátodo". Sus características son similares a las del transformador UTC A-24 utilizado en compresores y amplificadores a válvulas, como el diseño original, pero este dispositivo cuenta con un ancho de banda mejorado.

3.1.1.6 Fuente de Poder (Power Supply). La fuente de voltaje tiene rectificación con 2 diodos **1N4007** y Tap Central. La función principal de esta etapa del circuito es entregar el suficiente voltaje y corriente para alimentar el circuito. En este caso se entregan 275 Voltios DC. Así mismo, entrega 6.3 Voltios y 2 Amperios para los calentadores de los tubos (*Tube Heaters*) (ver figura 33).

Figura 33. Diagrama de la Fuente de Poder.



Fuente: Esquema realizado por el autor como adaptación del diseño original.

El secundario del transformador entrega 500 V (250 - 0 - 250) y 69mA. Potencia aparente de 50VA.

- **Voltaje máximo en el secundario:**

$$V_{S_{MAX}} = 250\sqrt{2} = 353.5533V$$

- **Cálculo de los Diodos:**

$$I_D = 2 * 0.138 = 0.276A$$

$$V_{PI} = 2V_m = 2V_S\sqrt{2} = 707.1V$$

Los Diodos 1N4007 soportan hasta 1A y 1000V. Son suficientes.

- **Cálculo del Fusible:**

$$I_p = \frac{VA_p}{V_p} = \frac{50}{120} = 0.416A$$

Se utiliza un fusible de acción retardada de 0.4 o en su defecto uno de 1A que son de más fácil acceso.

- **Cálculo del Capacitor:**

$$C = \frac{I_0}{V_{riz}} * K * 8.33ms = \frac{0.138}{75} * 0.9 * 8.33m > 14uF$$

Los capacitores en el filtro propuesto cumplen con la especificación además de ayudar a reducir el ruido de la línea.

Se utilizará el transformador **Hammond 369JX** (...ver Anexo B8), muy utilizado en este tipo de dispositivos de audio profesional. Se puede ver un filtro “pi” (π) entre los capacitores y la resistencia de 4.7K Ω a 2W, utilizado comúnmente en estos dispositivos para eliminar ruido en la entrada de línea. Se deben utilizar dos derivaciones en el primario para conseguir la entrada de 120 V, Blanco y Café para 0V; y Negro y Azul para 120 V. El secundario en este caso es Rojo – Rojo y entrega 500V sin rectificar. La salida para los calentadores de tubos es Verde – Verde.

Se utilizará un fusible de **0.4** ó **1** Amperios para protección en la entrada. Tiene configuración “*Slow Blow*” o de acción retardada, para evitar que las corrientes inofensivas de corta duración lo activen o corten.

3.1.2 Diseño final del Compresor de Audio. En las secciones pasadas se describieron el funcionamiento y los diagramas básicos de las etapas del compresor.

Para el esquemático o diseño final se incluyen algunos filtros con condensadores y resistencias que le agregan estabilidad y protección al circuito. Se le agregó a la entrada y salida de audio la conversión a puerto XLR o Canon, que es el tipo de cable estándar usado en audio profesional, el diseño original del compresor LA2A sólo traía dos puertos con terminales en *Strip* o banda.

También se le añade un bombillo **NE-2** de neón como regulador de voltaje para el circuito de reducción de ganancia o control de ganancia y así controla el vúmetro, es decir, cumple la función de un diodo zener, pero este era el utilizado en este tipo de compresores.

En el diseño final también se incluye un *switch* (sw1) de encendido y una llave selectora de 3 posiciones y dos polos. Se utiliza el chasis como protección a tierra (*Ground*).

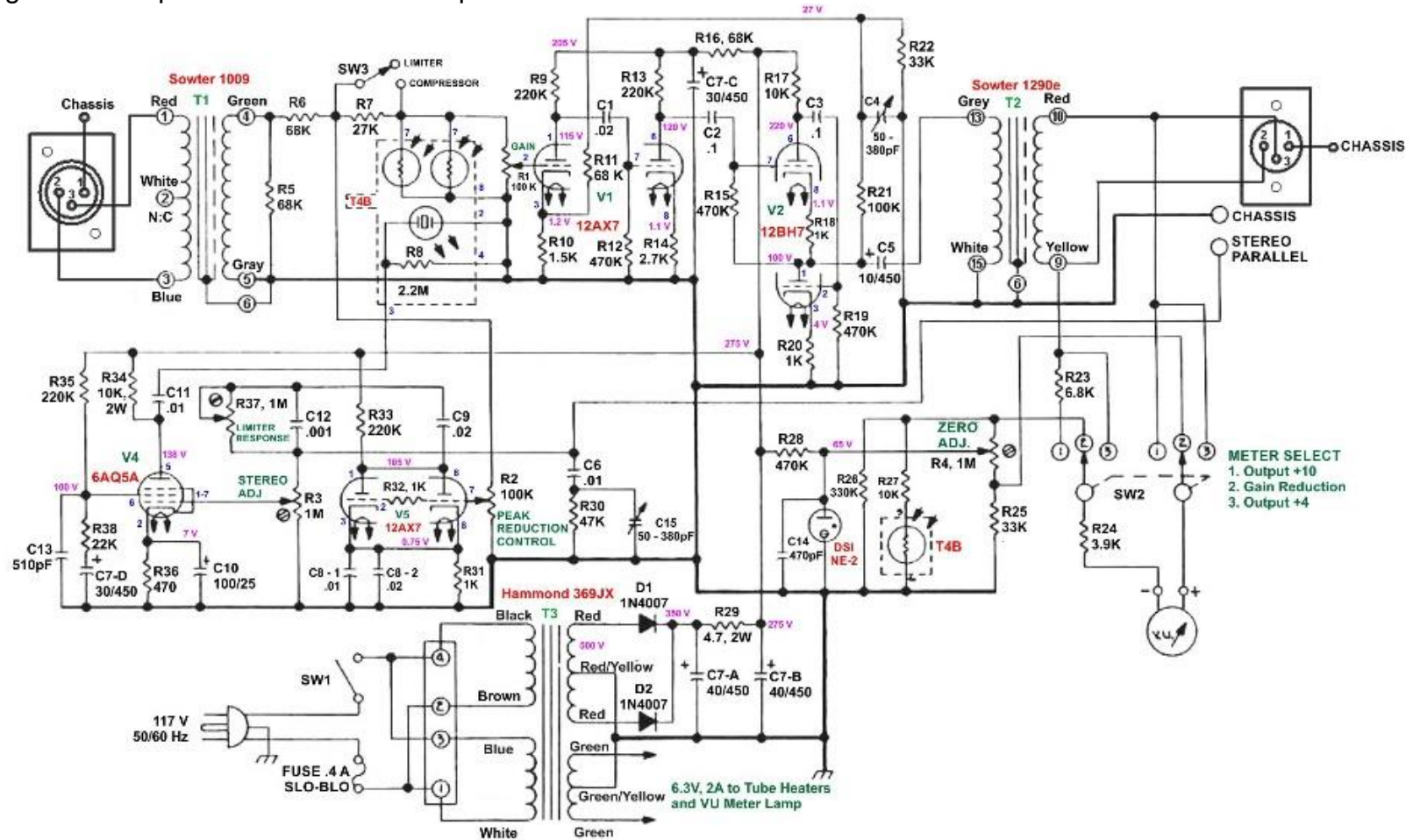
Las resistencias son de 0.5 W excepto las especificadas. Los valores de los capacitores están en microfaradios (μF). (Ver Figura 34).

Los dispositivos especiales están referenciados con color **rojo**, y sus respectivas conexiones de sus terminales se encuentran en color **azul**. Se incluye el nombre del color de las conexiones de los transformadores en inglés. También se incluyen algunos puntos de chequeo de voltaje en color **rosado**.

El esquemático como se comentó, está basado en el original del compresor Teletronix LA2A pero con todas las modificaciones mencionadas. Modificaciones hechas en algunos casos para mejorar el desempeño y en otros, simplemente por funcionamiento, ya que algunos componentes ya no existen en la actualidad y se deben reformar o cambiar por reemplazos, como se detalló en la sección anterior.

El esquemático original de un compresor LA-2A se puede encontrar en la página de Suspect Device Audio [47]. Para este proyecto como se comentó, se partió del diseño original, se hicieron modificaciones a partir de la necesidad de utilizar componentes actuales y se hicieron correcciones en cuanto a las conexiones y filtros de algunos de ellos como se describió en las etapas anteriores.

Figura 34. Esquemático Final del Compresor de Audio.



Fuente: El autor (Juan Sebastián Betancur Posada), modificación y adaptación del diseño original.

3.2 DISEÑO DEL VÚMETRO CON CALIBRACIÓN ESPECIAL

Los vúmetros como se pudo ver, son dispositivos muy comunes en los estudios de grabación por tratarse de una herramienta básica, pero a pesar de esto, casi ningún estudio promedio en Colombia los tiene porque utilizan vúmetros en *plugin*, y como se argumentó en el marco teórico, ésta es una de las causas por las cuales no se logran los volúmenes y sonoridades competentes.

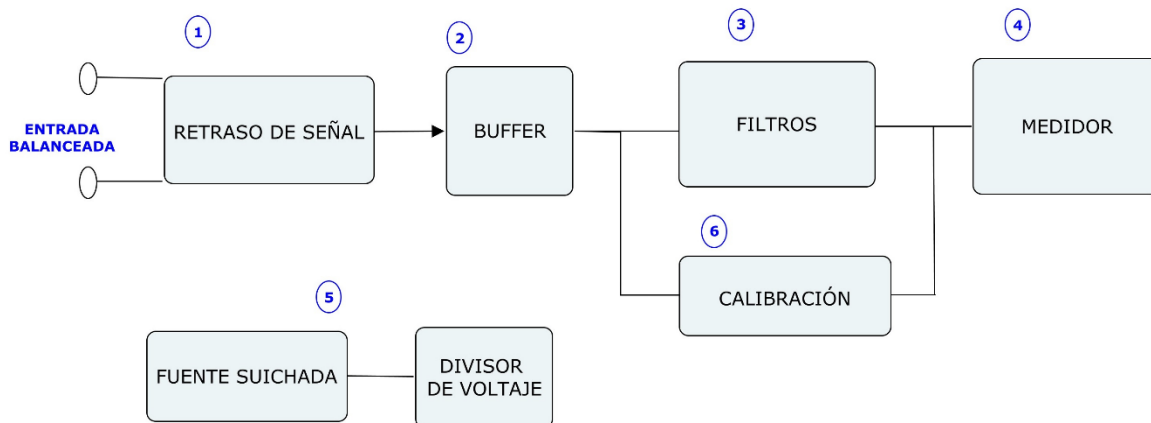
Para la construcción de la herramienta de medición de unidades de volumen (Vúmetro), se recurrirá a la modificación de un circuito de vúmetro análogo profesional, y así se estará garantizando que se trabaja al mismo nivel profesional que los grandes estudios de grabación.

Se diseñó pensando en que va a tener dos tipos de calibraciones y por lo tanto, debe ofrecer la posibilidad de mostrar las medidas para *mixing* en -14dBFS y *mastering*¹ en -9dBFS.

El diseño se basó en la documentación existente en la revista Audio Technology [48], donde se presenta un proyecto realizado por Rob Squire con un diseño estándar de vúmetro, denominado por él mismo “*Universal Vu Driver*” (Controlador de vúmetro universal), para ser fabricado DIY (*Do It Yourself*) [49].

3.2.1 Etapas del circuito. En el siguiente diagrama de bloques (Ver Figura 35) se presentan las etapas básicas que debe tener el circuito del vúmetro para su correcto funcionamiento.

Figura 35. Diagrama de Bloques del Vúmetro.

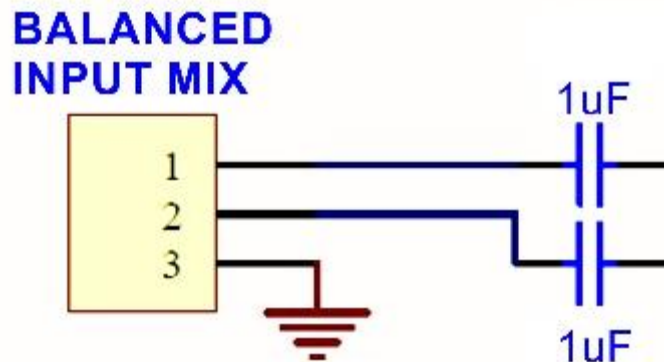


Fuente: El Autor, Juan Sebastián Betancur Posada.

¹ Mezcla y masterización.

3.2.1.1 Retraso de señal (Hold). En esta primera etapa se encuentra la entrada de la señal, que normalmente viene de un cable XLR o Cannon balanceado. Como la señal de entrada varía muy rápidamente, es necesario retrasarla un poco para poder ser visualizada correctamente por los medidores, además, para evitar que cambios de posición transitorios muy cortos afecten el sistema de medida. Para lograr esto se utiliza un filtro de capacitores luego de la entrada, éstos retrasan el voltaje y mantienen la señal un poco más estable para poder ser medida (Ver Figura 36).

Figura 36. Entrada del vúmetro.



Fuente: El Autor, Juan Sebastián Betancur Posada

3.2.1.2 Seguidor de señal (Buffer). Para evitar distorsiones cuando se manejan salidas de audio, y para entregar una fuente de baja impedancia a las siguientes etapas del circuito, el vúmetro debe tener un seguidor de señal o *Buffer*. Como en este caso la señal proviene de una fuente balanceada, se utiliza un amplificador operacional en configuración restador inversor para realizar el proceso de desbalanceo antes de proceder a la medición (Ver Figura 37).

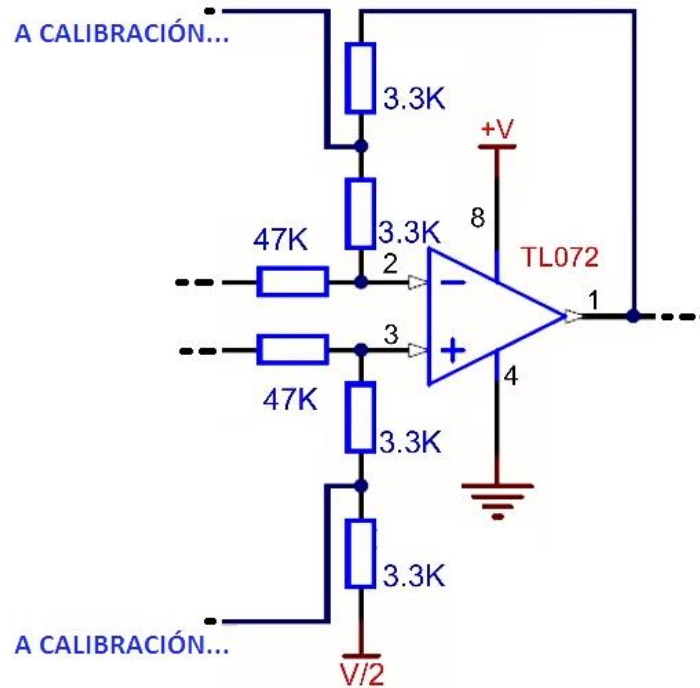
Como amplificador operacional se utilizará el J-FET con bajo ruido **TL072** (...Ver Anexo B9...).

En esta etapa se dejan dos derivaciones para implementar luego el sistema de calibración. Se utilizan resistencias de alto valor ($K\Omega$) para manejar corrientes pequeñas. En este caso se seleccionaron valores de $3.3K\Omega$ y $47K\Omega$.

La señal de salida sólo de la etapa del buffer es la resultante de la ecuación:

$$Señal_{OUT} = Señal_L \left(\frac{(47k + 3.3k)3.3k}{(3.3k + 47k)47k} \right) - Señal_R \left(\frac{3.3k}{47k} \right)$$

Figura 37. Buffer del vúmetro.

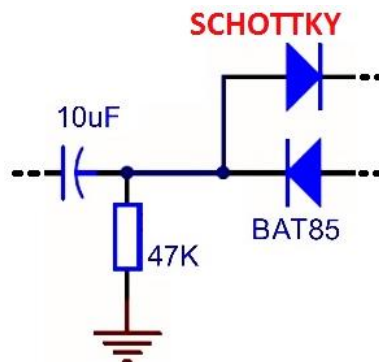


Fuente: El Autor

3.2.1.3 Filtros. Luego de ser entregada la señal por el buffer, antes de ser leída por los medidores se ubica un filtro pasa altas para evitar ruido en bajas frecuencias inaudibles provenientes de la línea.

Luego se ubican dos diodos Schottky **BAT85** (...Ver Anexo B10...) en primer lugar para admitir el paso de frecuencias muy rápidas para un diodo normal (hasta 20 KHz), y en segundo lugar para permitir que los medidores rastreen (*tracking*) bien en bajas frecuencias (Ver Figura 38).

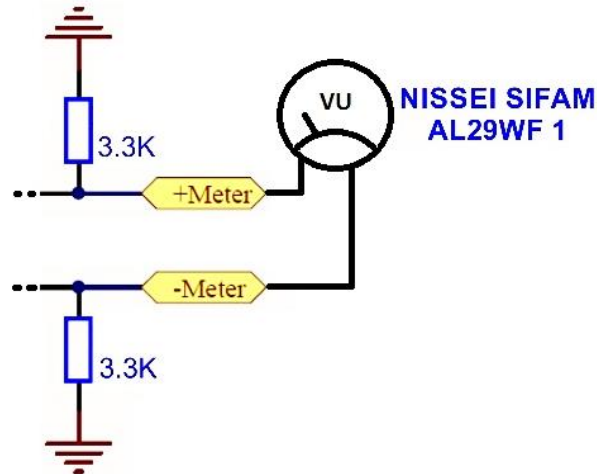
Figura 38. Filtros para el medidor.



Fuente: El Autor

3.2.1.4 Medidor (Meter). Como medidor se utilizará el vúmetro **Nissei Sifam AL29WF** (ver figura 39), que trabaja con una lámpara LED estándar de 12 V y trae incluido ajustador de nivel cero (...Ver Anexo B11...).

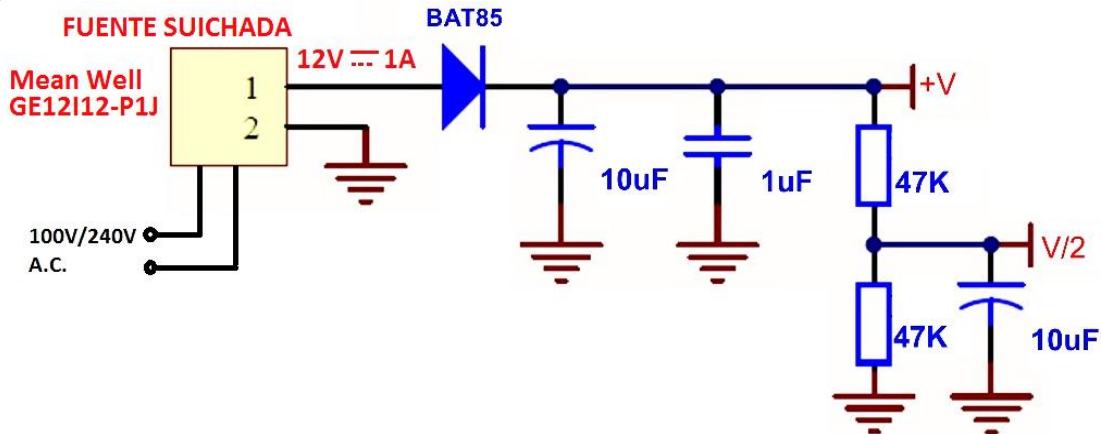
Figura 39. Medidor



Fuente: El Autor

3.2.1.5 Fuente de Poder. El vúmetro funcionará con 12V DC. Para el diseño de la fuente de este dispositivo se utilizará en primer lugar una fuente suichada ya fabricada (Ver Figura 40) que cumpla con este requerimiento ya que no es necesario fabricarla a nivel personal ni es el objetivo de este trabajo. Se utilizó la fuente **Mean Well GE12I12-P1J** que trabaja entregándole desde 100 V hasta 240 V AC, necesita 0.4 amperios de entrada y entrega a la salida 12V DC a 1 amperio (...Ver Anexo B12...).

Figura 40. Fuente de Poder del vúmetro



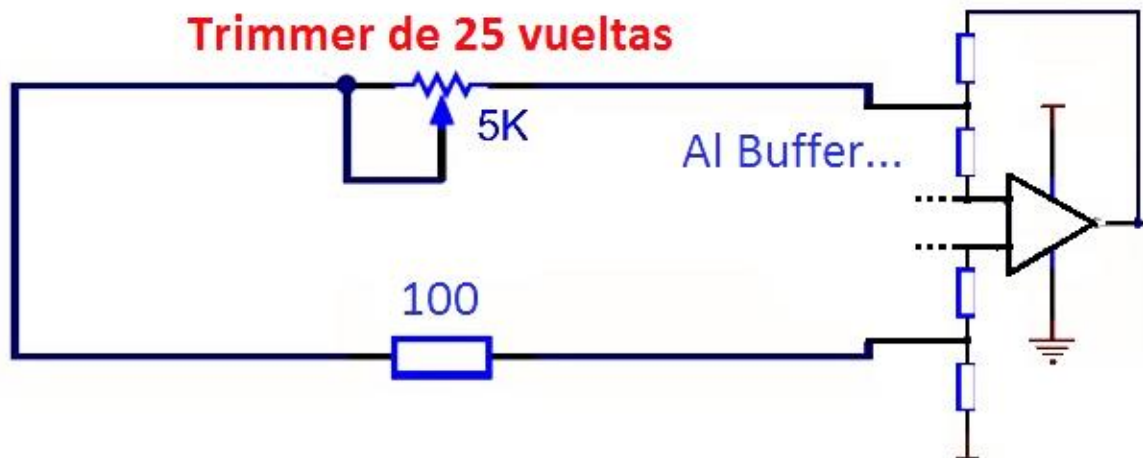
Fuente: El Autor

Luego de la fuente suichada, se aplica un filtro con el diodo BAT85 para proteger de daño el amplificador operacional TL072 a causa de una mala conexión en la fuente de poder.

Y finalmente se le agrega un divisor de voltaje con filtro para alimentar con $V/2$ la señal que ingresa al amplificador operacional, es decir, subir el nivel de offset.

3.2.1.6 Calibración. Para realizar la calibración luego de la construcción del prototipo, se le agregará una derivación al circuito del *Buffer* con un potenciómetro, en este caso un **Trimmer de precisión de 25 vueltas** de 5K (Ver Figura 41). Con esto será suficiente para realizar una calibración al sistema de medida del vúmetro.

Figura 41. Sistema de Calibración.



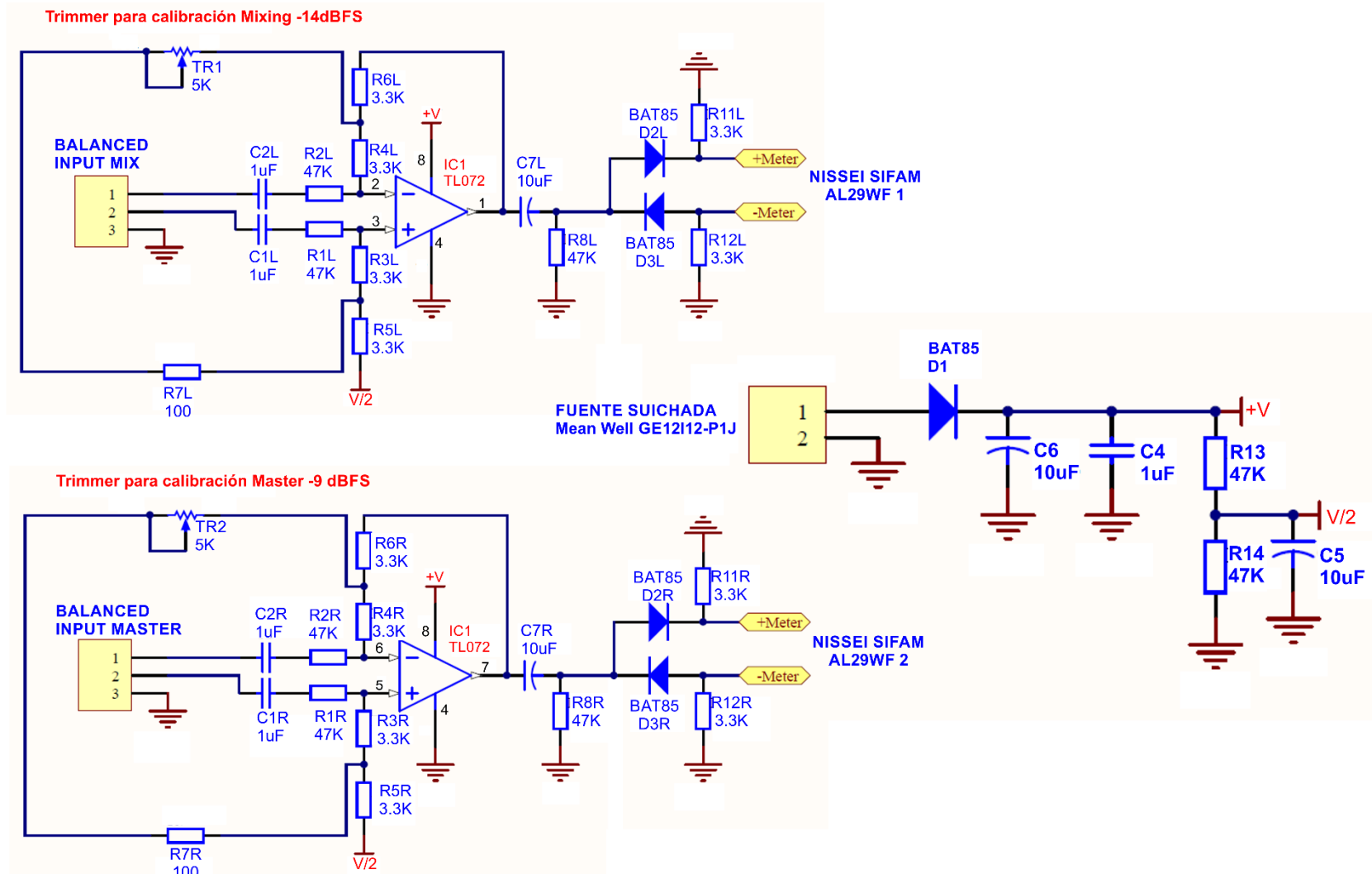
Fuente: El Autor.

La Resistencia de 100Ω tiene como objeto servir de referencia al restador inversor cuando el trimmer se encuentre en la posición cero (0).

3.2.2 Diseño Final del Vúmetro con calibración para Mezcla y Masterización.

Para el diseño final del vúmetro, se implementarán los diseños anteriormente descritos, pero para cumplir con el objetivo propuesto que consiste en proveer al usuario con la información para dos calibraciones diferentes: mezcla y masterización, se construirá el diseño con dos etapas iguales para cada medida, es decir, se aprovecharán las otras entradas del amplificador operacional TL072 y se agregará otro medidor. Así mismo, se le agregarán dos entradas balanceadas y dos no balanceadas para facilitar la elección del tipo de conexión para el sistema. A continuación se presenta el esquemático final (Ver Figura 42).

Figura 42. Diseño Final de Vúmetro con doble calibración.



Fuente: El autor (Juan Sebastián Betancur Posada), basado en el diseño "Universal Vu Driver" de Rob Squire. [49]



CAPÍTULO 4
"Construcción de
Prototipos"

4. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS

4.1 PROCESO DE IMPORTACIÓN DE INSUMOS ELECTRÓNICOS

En Medellín e incluso Colombia no es fácil conseguir los componentes necesarios para construir los dispositivos diseñados. Para garantizar la calidad que se busca se deben adquirir elementos que normalmente son costosos, como las resistencias de precisión y las válvulas especiales para audio.

Por este motivo, los insumos electrónicos debieron de adquirirse en el exterior, con proveedores de diferentes partes del mundo. Entre estos se encuentran Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Rusia, Australia y Colombia.

A continuación se detallará todo el proceso de importación que se tuvo que realizar partiendo del listado completo de insumos electrónicos.

4.1.1 Listado completo de elementos electrónicos. Para la fabricación del compresor y el vúmetro se adquirieron los siguientes materiales (ver Tablas 8 y 9). Está detallado la descripción del elemento, el proveedor y el precio en la moneda del país de origen. En la sección de presupuesto se detallará la conversión a moneda en pesos colombiana.

Las resistencias y capacitores se buscaron de la calidad necesaria para alcanzar los objetivos propuestos, es decir, en el caso del compresor se usaron resistencias de filmina de carbón que son más estables con la temperatura y tienen bajo ruido, y resistencias con el 1% de tolerancia para garantizar los valores más delicados en el sistema. El vúmetro utiliza en su mayoría resistencias del 1% de tolerancia para garantizar precisión en las mediciones.

Como se trata de productos de importación, se tratarán las descripciones y nombres generales en inglés, que es como se encuentran en las páginas y como se debe realizar en la vida real dicho proceso.

Los componentes del compresor fueron los más difíciles de conseguir. Con estos componentes se puede ensamblar completamente el diseño descrito.

En cuanto a los componentes del vúmetro, se pudo conseguir un proveedor de Australia (JLM Audio) que vende los componentes completos en kit de las etapas básicas (ver Tabla 9.) para construir un “*Universal Vu Driver*” y por lo tanto no fue necesario buscar elemento por elemento para realizar su proceso de construcción, sólo aquellos necesarios para realizar las modificaciones de calibración.

Se incluyen los elementos de papelería y ferretería conseguidos a nivel local. Se encuentran en el listado de componentes del compresor (ver Tabla 8.) pero se utilizaron para los dos prototipos. Los totales se describen en la sección 4.1.4.

Tabla 8. Componentes del Compresor.

| Elemento | Valor o Descripción | Proveedor | Referencia No. | Precio |
|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------|
| Resistencias | | | | |
| R5 | 68k | Antique Electronics | R-I68K | US \$2,00 |
| R6 | 68k | Mouser | 588-OA683KE | US \$2,39 |
| R7 | 2k7 | Mouser | 588-OF272JE | US \$1,30 |
| R8 | 2M2 | Mouser | 273-2.2M-RC | US \$0,18 |
| R9 | 220kCC | Mouser | 588-OF224JE | US \$2,62 |
| R10 | 1k5 | Mouser | 588-OA152KE | US \$2,62 |
| R11 | 68k | Mouser | 588-OA683KE | US \$2,39 |
| R12 | 470k | Mouser | 588-OA474KE | US \$2,62 |
| R13 | 220kCC | Mouser | 588-OF224JE | US \$2,62 |
| R14 | 2k7 | Mouser | 588-OF272JE | US \$1,30 |
| R15 | 470kCC | Mouser | 588-OA474KE | US \$2,62 |
| R16 | 68kCC | Antique Electronics | RI68K | US \$0,15 |
| R17 | 10kCC | Antique Electronics | RI10K | US \$2,00 |
| R18 | 1kCC | Mouser | 588-OA102KE | US \$2,00 |
| R19 | 470k | Mouser | 588-OA474KE | US \$2,62 |
| R20 | 1k | Mouser | 588-OA102KE | US \$2,00 |
| R21 | 100k | Mouser | 273-100K-RC | US \$0,15 |
| R22 | 33k | Mouser | 647-UVZ2W330MHD | US \$1,45 |
| R23 | 6k8 | Mouser | 273-6.8K-RC | US \$0,15 |
| R24 | 3k9 | Mouser | 588-OF392JE | US \$0,55 |
| R25 | 33k | Mouser | 273-33K | US \$1,20 |
| R26 | 330k | Mouser | 273-330K | US \$1,20 |
| R27 | 10k | Mouser | 273-10K-RC | US \$0,15 |
| R28 | 470k | Mouser | 588-OA474KE | US \$2,62 |
| R29 | 4k7,2W | Mouser | 71-CPF34K7000JKRE6 | US \$0,77 |
| R30 | 47k | Mouser | 588-OA473KE | US \$2,67 |
| R31 | 1k | Mouser | 588-OA102KE | US \$2,00 |
| R32 | 1k | Mouser | 588-OA102KE | US \$2,00 |
| R33 | 220kCC | Mouser | 588-OF224JE | US \$0,65 |
| R34 | 10k,2W | Antique Electronics | RI10K | US \$2,00 |
| R35 | 220k | Mouser | 588-OF224JE | US \$0,65 |
| R36 | 470R | Mouser | 273-470-RC | US \$0,15 |
| R38 | 22k | Mouser | 588-OA223KE | US \$2,62 |
| Potenciómetros | | | | |
| R1 | 100k 2W LOG | Digi-Key | KA1041S28-ND | US \$12,85 |
| R2 | 100k 2W LOG | Digi-Key | KA1041S28-ND | US \$12,85 |

| | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------|
| R3 | 1M CARBON 2W | Digi-Key | RV4L105C-ND | US \$19,59 |
| R4 | 1M CARBON 2W | Digi-Key | RV4L105C-ND | US \$19,59 |
| R37 | 1M CARBON 2W | Digi-Key | RV4L105C-ND | US \$19,59 |
| Capacitores | | | | |
| C1 | 0,02 | Mouser | 598-225P22394XD3 | US \$1,93 |
| C2 | 0,1 | Suconel | B32652A4104J | COP \$2.600 |
| C3 | 0,1 | Suconel | B32652A4104J | COP \$2.600 |
| C4 | 75-380pf | Surplus Sales of Nebraska | (CTM) 465 Arco 46 | US \$2,75 |
| C5 | 10/450V | Mouser | 75-TVA1705-E3 | US \$7,38 |
| C6 | 0,01 | Mouser | 598-715P10354JD3 | US \$2,11 |
| C7A | 47/450V | Mouser | 647-UVZ2W470MHD | US \$1,87 |
| C7B | 47/450V | Mouser | 647-UVZ2W470MHD | US \$1,87 |
| C7C | 33/450V | Mouser | 647-UVZ2W330MHD | US \$1,45 |
| C7D | 33/450V | Mouser | 647-UVZ2W330MHD | US \$1,45 |
| C8-1 | 0,01 | Mouser | 598-715P10354JD3 | US \$2,11 |
| C8-2 | 0,02 | Mouser | 598-225P22394XD3 | US \$1,93 |
| C9 | 0,02 | Mouser | 598-225P22394XD3 | US \$1,93 |
| C10 | 100/25V | Mouser | 75-TVA1207 | US \$2,55 |
| C11 | 0,01 | Mouser | 598-715P10354JD3 | US \$2,11 |
| C12 | 0,001 | Mouser | 598-715P10256JD3 | US \$2,03 |
| C13 | 510pf | Antique Electronics | C-SM500 | US \$0,70 |
| C14 | 470pf | Antique Electronics | C-SM500 | US \$0,70 |
| C15 | 75-380pf | Surplus Sales of Nebraska | (CTM) 465 Arco 46 | US \$2,75 |
| Switches & Jacks | | | | |
| SW1 | Toggle Switches SPST ON-OFF | Mouser | 691-110-73 | US \$3,53 |
| SW2 | Switch, Rotary, 3 Poles, 3 Position | Antique Electronics | P-H395 | US \$2,50 |
| SW3 | Toggle Switches SPST ON-OFF | Mouser | 691-110-73 | US \$3,53 |
| J1 | Input XLR | Mouser | 568-NC3FD-LX | US \$3,38 |
| J2 | Output XLR | Mouser | 568-NC3MD-LX | US \$3,18 |
| Diodos | | | | |
| D1 | 1N4007-B | Mouser | 512-1N4007 | US \$0,14 |
| D2 | 1N4007-B | Mouser | 512-1N4007 | US \$0,14 |
| Transformadores | | | | |
| T1 | Output | Sowter | 1290e | EU £83.63 |
| T2 | Input | Sowter | 1009 | EU £56.36 |
| T3 | Power | Mouser | 546-369JX | US \$68,06 |
| Misceláneos | | | | |
| Fusible | .4A 250V Slo-Blo 5x20mm | Mouser | 576-0218.400HXP | US \$1,45 |
| Chassis | Rack Chassis | Mouser | 546-5-525DGY2 | US \$47,10 |

| | | | | |
|--------------------------------|--|---------------------------|-------------------|--------------|
| AC Socket | Sldr Socket and fusedrawr | Mouser | 693-6200.2100 | US \$3,20 |
| V.U. Meter | VU meter 12V Lamp | Hairball Audio | 8037 | US \$32,00 |
| DS1 | Bombillo NE-2 | Mouser | 606-A9A | US \$0,32 |
| T4B | Opto-Attenuator | Gearslut Store | Kenetek T4B | US \$125,00 |
| Solder Tags | Terminales x 10 | Mouser | 534-7315 | US \$1,66 |
| Turret Board 2x25 | Terminal Board | Newark | 59K0303 | US \$23,28 |
| Turret Strip 1x5 | Terminal Board | Newark | 59K0302 | US \$11,70 |
| Terminal Strips 1x5 | Terminal Strip Lug Type, 5 Pos | Newark | 29F587 | US \$0,98 |
| Terminal Strips 1x5 | Terminal Strip Lug Type, 5 Pos | Newark | 29F587 | US \$0,98 |
| Screw Terminals 1x5 | Salidas originales | Mouser | 534-4191 | US \$2,31 |
| Knobs x4 | Mini Marshall style, Black with silver cap | Antique Electronics | P-K341 | US \$7,80 |
| Tubos & Sockets | | | | |
| V1 | 12AX7 | Antique Electronics | T-12AX7EH | US \$12,50 |
| V2 | 12BH7 | Antique Electronics | T-12BH7-EH | US \$13,95 |
| V3 | 12AX7 | Antique Electronics | T-12AX7EH | US \$12,50 |
| V4 | 6AQ5A | Antique Electronics | T-6669_6AQ5A | US \$4,25 |
| V1 Socket/Shield | 9 pin socket/shield | Antique Electronics | P-ST9-162 | US \$2,25 |
| V2 Socket/Shield | 9 pin socket/shield | Antique Electronics | P-ST9-162 | US \$2,25 |
| V3 Socket/Shield | 9 pin socket/shield | Antique Electronics | P-ST9-162 | US \$2,25 |
| V4 Socket | 7 pin socket | La Cascada, Local 305 | | COP \$3.000 |
| V4 Shield | 7 pin tuve shield | Surplus Sales of Nebraska | (TUA) TS102U02 | US \$5,00 |
| T4B Socket | Octal Socket Micalax | Antique Electronics | P-ST8-209MIP | US \$3,50 |
| Papelería y Ferrería | | | | |
| Cartón Industrial | 1 Pliego | Papelería Local | | COP \$5.000 |
| Cartón Paja | ½ Pliego | Papelería Local | | COP \$3.000 |
| Varilla de Madera | 1 varilla | Suministro Local | | COP \$3.000 |
| Varilla de Balso | 1 Varilla | Papelería Local | | COP \$2.000 |
| Colbón | 1 tarro | Éxito | | COP \$1.500 |
| Tornillos de ensamble pequeños | 50 tornillos | Ferretería Local | | COP \$500 |
| Tornillos de ensamble medianos | 50 tornillos | Ferretería Local | | COP \$700 |
| Tornillos con tuerca pequeños | 50 tornillos y tuercas | Ferretería Local | | COL \$2.000 |
| Bisturí | 1 Bisturí | Papelería Local | | COL \$3.000 |
| Regla con círculos | 1 con círculos de diferentes medidas | Papelería Local | | COP \$3.000 |
| Broca para taladro | Broca de 3/8' | Éxito | | COP \$1.500 |
| Sierra para segueta | 1 paquete x3 Sierras | Éxito | | COP \$4.500 |
| Soldadura Kester | 1 Libra | La Cascada | | COP \$30.000 |
| Alambre AWG 22 | 10 metros | Ferretería LocalC | | COP \$4.000 |

Tabla 9. Componentes del Vúmetro

| Elemento | Cantidad o Descripción | Proveedor | Precio | | |
|---|------------------------|-----------|-------------|--|--|
| Resistencias | | | | | |
| Potenciómetro 5k, 25 vueltas | 3 | JLM Audio | AU \$195,00 | | |
| 0RLink resistors | 2 | | | | |
| 10R resistor | 2 | | | | |
| 100R resistor | 2 | | | | |
| 3K3 resistor | 12 | | | | |
| 47k resistor | 8 | | | | |
| Capacitores | | | | | |
| 1uF mono caps | 4 | | | | |
| 10uF 63V electro caps | 4 | | | | |
| 100uF 25V electro caps | 2 | | | | |
| Diodos | | | | | |
| BAT85 diodes | 9 | | | | |
| Kit VU Meter Stereo | | | | | |
| CNC Machined front and back black Plastic UB2 Jiffy box | 1x (197Lx112Wx63Hmm) | | | | |
| Nissei Sifam lookalike AL29WF with full lamp box and 12v lamp | 2 | | | | |
| VU2 Buffer kit | 1 | | | | |
| Stereo in kit | 1 | | | | |
| Neutrik Female XLRs | 2 | | | | |
| Cliff S4 TRS Jacks | 2 | | | | |
| 12v 400mA Regulated Plug pack (100vac to 250vac input) | 1 | | | | |
| DC connector | 1 | | | | |
| 10 pin IDC plugs | 2 | | | | |
| 100mm 10 wire ribbon | 1 | | | | |
| Red wire | 1 | | | | |
| Black Wire | 1 | | | | |
| Misceláneos | | | | | |
| VU2 PCB | 1 | | | | |
| DIP8 machined IC socket | 1 | | | | |
| 10 pin IDC header | 1 | | | | |
| 4 pin header | 2 | | | | |
| 4 pin plugs pre wired | 2 | | | | |
| 3 pin headers and 3 pin plugs pre wired | 2 | | | | |
| TL072 Op amp | 1 | | | | |
| Toggle Switch DPDT ON-ON | 1x 691-2BL62-73 | Mouser | US \$7,52 | | |

(...*Ver totales en sección 4.1.4...)

4.1.2 Búsqueda de Proveedores. Como se mencionó anteriormente, los proveedores conseguidos son de diferentes procedencias del mundo. A continuación se detallan sus datos (ver Tabla 10). Esta información es útil para futuras adquisiciones de materiales e insumos electrónicos si se desean construir los dispositivos diseñados.

Cabe señalar que los tubos al vacío fabricados por la empresa Electro-Harmonix de Rusia fueron adquiridos mediante el proveedor Antique Electronic Supply en Estados Unidos. Así mismo, se realizó un pedido a Suconel en el cual esta empresa debió importar dichos suministros del exterior porque en el país no se encontraban disponibles, su procedencia no fue confirmada.

Tabla 10. Listado de Proveedores

| Nombre | Página Web | Ubicación | Modo de Pago |
|---------------------------|---|--|------------------|
| Mouser Electronics | http://www.mouser.com | Mansfield, Texas, Estados Unidos | American Express |
| Antique Electronic Supply | https://www.tubesandmore.com | Tempe, Arizona, Estados Unidos | American Express |
| Digi-Key Corporation | https://www.digikey.com | Thief River Falls, Minnesota, Estados Unidos | American Express |
| Surplus Sales of Nebraska | http://www.surplussales.com | Omaha, Nebraska, Estados Unidos | PayPal |
| Sowter Audio Transformers | http://www.sowter.co.uk | Ipswich, Suffolk, Inglaterra | MasterCard |
| Hairball Audio Seattle | http://www.hairballaudio.com | Seattle, California, Estados Unidos | PayPal |
| GearSlut Store | https://www.gearslut.com | Lexington, Kentucky, Estados Unidos | PayPal |
| Newark Element14 | https://www.newark.com | Palatine, Illinois, Estados Unidos | American Express |
| JLM Audio | http://www.jlmaudio.com | South Brisbane, Brisbane, Australia | PayPal |
| Suconel | http://suconel.com/virtual/ | Medellín, Antioquia, Colombia | Efectivo |

Los recibos de los pedidos y el proceso de importación se pueden ver en el Anexo C (...ver Anexos C1 a C10...).

4.1.3 Envíos y recepción de correos. El pedido a todos los proveedores internacionales se hizo para ser enviado a Palmetto Bay, Miami, Estados Unidos, debido a que salía más favorable llevarlos primero allá que enviarlos directamente a Colombia en unos casos, y en otros simplemente porque Colombia se encuentra fuera de su rango de entrega de correos.

En Palmetto Bay se encuentra el domicilio del Administrador de Empresas y Negocios Internacionales Edwin Restrepo Betancur, que muy amablemente estuvo al tanto de los *tracking* (seguimiento) y la recepción de los correos.

Los proveedores de Estados Unidos no tardaron más de 15 días en general para la entrega de los suministros, las empresas transportadoras fueron USPS (*United States Postal Service*), UPS (*United Parcel Service*), y FedEx (*Federal Express*).

El pedido de JLM Audio en Australia tardó 15 días en llegar, la empresa transportadora fue *Australia Post* desde Australia y USPS en Estados Unidos.

El pedido más retrasado fue el de Sowter en Inglaterra, que tardó 30 días en llegar, la empresa transportadora fue *Royal Mail* desde Inglaterra y USPS en Estados Unidos.

Todos estos pedidos fueron recibidos por Edwin Restrepo y enviados a Colombia por la empresa transportadora *Aerofast* (...ver recibo en Anexo C11....) Un paquete completo con todos los insumos tardó 3 días hábiles en llegar. Su envío costó \$ **220.000**.

Cabe anotar que el segundo pedido más retrasado fue el de Suconel en Colombia, tardó 20 días en llegar a la oficina del proveedor en Medellín.

Otro dato importante es que las únicas empresas que cobraron impuestos (*Tax*) fueron Digi-Key Corporation porque importó los suministros desde Canadá y su total de impuestos fue de **US\$3.78**; y Suconel en Medellín que cobró **COP \$5.040**. Además de esto, se pagaron **COP \$60.000** de impuestos por la entrada de la mercancía a Colombia.

4.1.4 Presupuesto Invertido. A continuación se hará la conversión de las monedas para presentar la información del costo total del presupuesto invertido en la adquisición de los elementos electrónicos.

Las tasas de conversión son del día 10 de noviembre de 2014 (Ver Tabla 11).

Tabla 11. Conversión de monedas

| Moneda | Conversión a Pesos COP |
|-------------------|------------------------|
| Dólar Americano | \$2.103.25 |
| Euro | \$2.616.69 |
| Dólar Australiano | \$1.823.48 |

4.1.4.1. Presupuesto Total de Insumos. En la siguiente tabla se puede ver el presupuesto invertido en insumos para la fabricación de los dispositivos, haciendo la conversión a moneda colombiana (Ver Tabla 12).

Tabla 12. Precio Total de Insumos

| Descripción | Precio en pesos COP |
|-----------------------------|---------------------|
| Insumos Prototipo Compresor | \$1'616.350 |
| Insumos Prototipo Vúmetro | \$355.578 |
| Papelería y Ferretería | \$63.700 |
| Total | \$2'035.629 |

4.1.4.2. Presupuesto Total en Envío de correos. A continuación se presenta el presupuesto total invertido en el envío de los elementos. En el Anexo C se presentan los precios en la moneda de origen de cada proveedor. (Ver Tabla 13).

Tabla 13. Precio Total de los Envíos e Impuestos

| | Origen del Envío | Precio en COP |
|---------------------------|--|------------------|
| | Mouser Electronics (USA) | \$35.734 |
| | Antique Electronic Supply (USA) | \$22.021 |
| | Digi-Key Corporation (Canadá) | \$23.114 |
| | Surplus Sales of Nebraska (USA) | \$21.032 |
| | Sowter Audio Transformers (Inglaterra) | \$39.602 |
| | Hairball Audio Seattle (USA) | \$13.692 |
| | GearSlut Store (USA) | \$19.980 |
| | Newark Element14 (USA) | \$19.160 |
| | JLM Audio (Australia) | \$60.995 |
| | Aerofast (Envío USA- Colombia) | \$200.000 |
| Total de Envíos | | \$455.333 |
| Total de Impuestos | | \$72.990 |
| TOTAL | | \$528.324 |

4.1.4.3 Presupuesto Total Insumos e Importación. Con la información anterior detallada, se presenta a continuación el presupuesto total invertido en los insumos e importación de los materiales necesarios para construir los prototipos del compresor y el vúmetro (Ver Tabla 14).

Tabla 14. Precio Total de Insumos y Proceso de Importación

| Descripción | Precio en pesos COP |
|----------------------|---------------------|
| Total de Insumos | \$2'035.629 |
| Total de Importación | \$528.324 |
| TOTAL | \$2'563.952 |

4.2. MONTAJE DEL PROTOTIPO COMPRESOR DE AUDIO

El montaje del prototipo del compresor tardó 15 días para ser terminado. Se realizó sobre un chasis de cartón industrial para poder realizar pruebas sobre él, y así posteriormente se puedan determinar las medidas idóneas para montarlo sobre un chasis de metal.

Como hay algunas conexiones que necesariamente deben ser aterrizadas a tierra (*Ground*), se soldaron dichas conexiones a tornillos de ensamble distribuidos por todo el chasis.

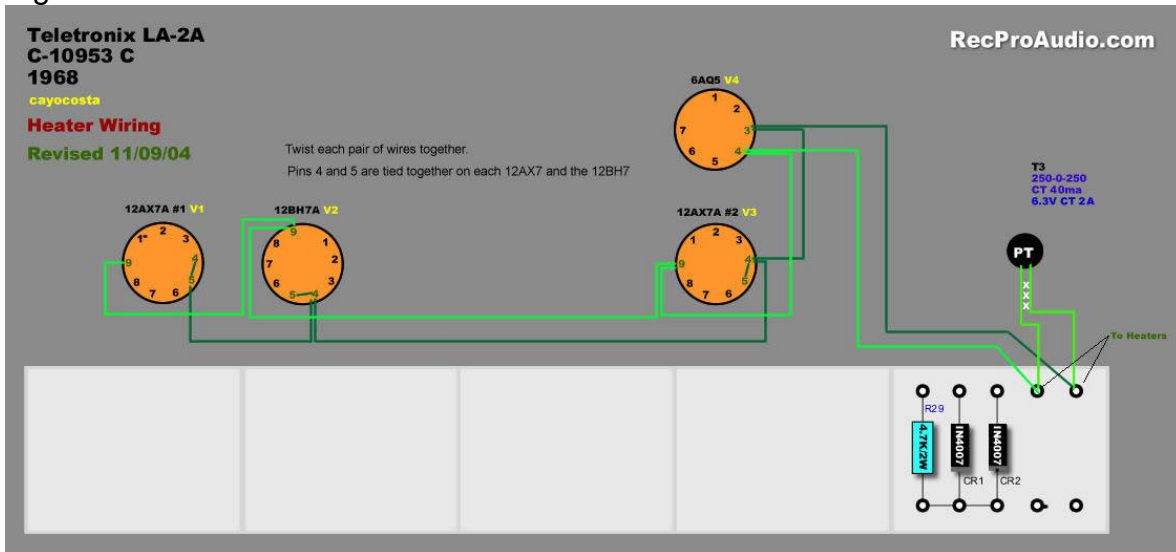
En cuanto a la ubicación de las partes, se instaló la *board* principal de resistencias en la base del chasis; las perillas y el indicador en la parte frontal; y las válvulas y transformadores en la parte trasera para mejorar la ventilación de los componentes.

Se hizo construcción “Punto a Punto” y no sobre circuito impreso porque ésa es la manera como se construyen estos dispositivos de alta gama, para evitar sobrecalentamientos en las pistas del circuito impreso, y debido al tamaño de sus componentes (mucho más grandes que los elementos que normalmente se sueldan en un circuito impreso PCB).

Los controles principales *Gain* (Ganancia), *Peak Reduction* (Reducción de Pico: funciona como selector de umbral aunque incluye los parámetros autoajustables), *Meter Select* (Selecciona la información que se quiere visualizar en el vúmetro: Salida +10, +4 y reducción de ganancia), *Zero Adjust* (Ajuste de punto cero en la medición), *Power* (Encendido), *Tipo* (*Compressor – Limitter*); nombrados en idioma internacional (inglés) se ubicaron en la parte frontal del chasis.

Los tubos al vacío deben funcionar con calentadores (*Tube Heaters*). La energía necesaria para la alimentación de estos calentadores y la lámpara del vúmetro proviene de la derivación de **6.3V@2A** como se detalló en la sección de diseño (...ver sección 3.1.1.6...). Para la adecuada conexión de los calentadores se tomó como referencia el siguiente diagrama disponible en la página de RecProAudio [50]. (Ver Figura 43).

Figura 43. Conexión de los calentadores de las válvulas.

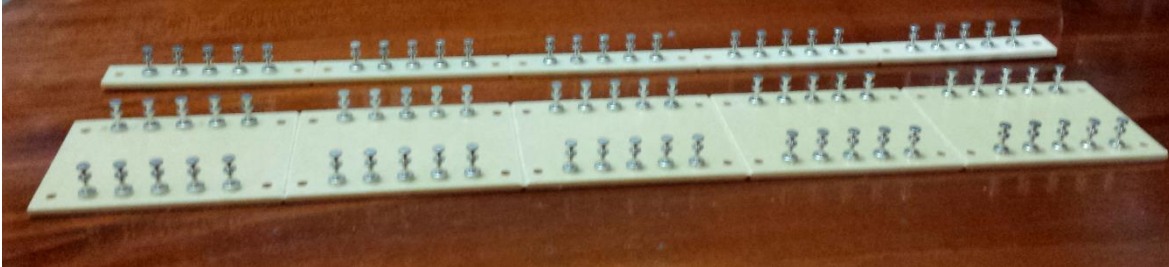


Fuente: Costa, 2004 [50].

Los tubos y transformadores, por su funcionamiento normal en “calor” se instalaron en la parte trasera del chasis para lograr mayor ventilación, por este motivo se les consiguieron los escudos o *shields*, para protegerlos además de los golpes.

4.2.1 Fotos del montaje del Compresor. Se detallan a continuación fotografías que evidencian el montaje del prototipo, tomadas en el orden de su construcción:

Figura 44. Boards para soldadura punto a punto.



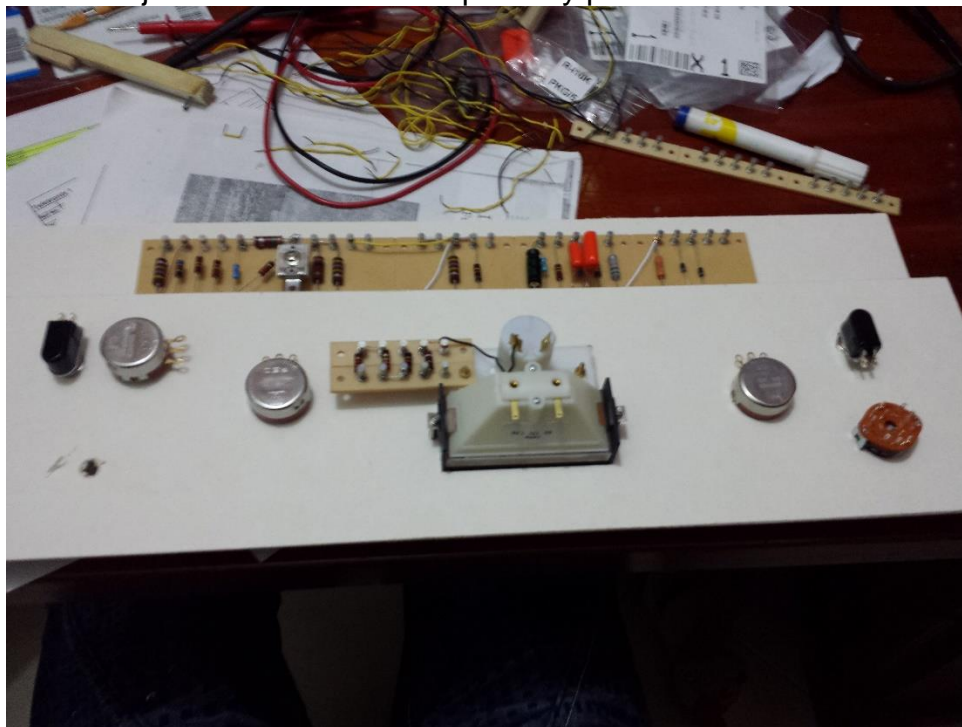
Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 45. Montaje de condensadores, diodos y resistencias en *Turret Board*



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 46. Montaje del Vúmetro de compresor y potenciómetros de control.



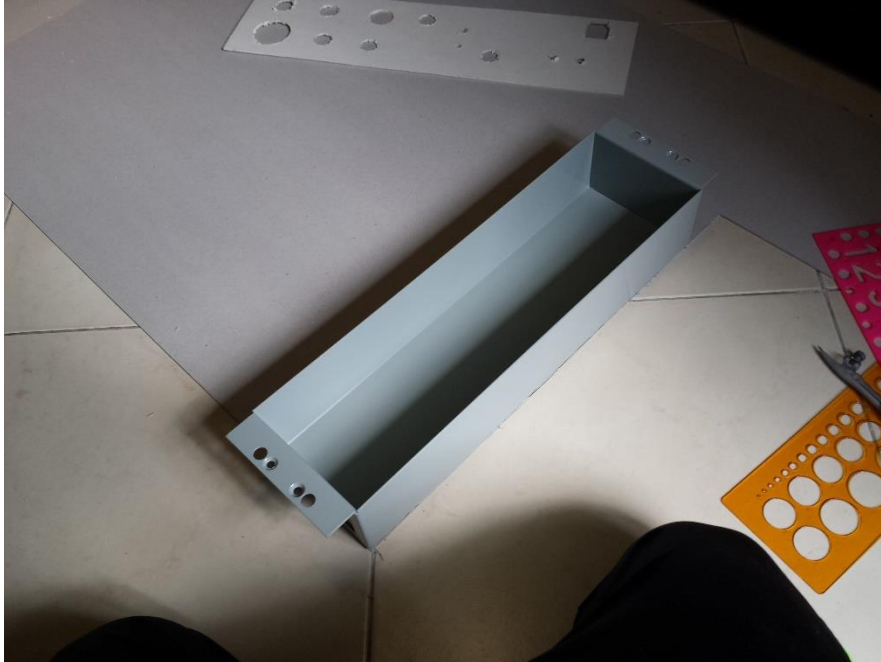
Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 47. Parte Frontal del compresor.



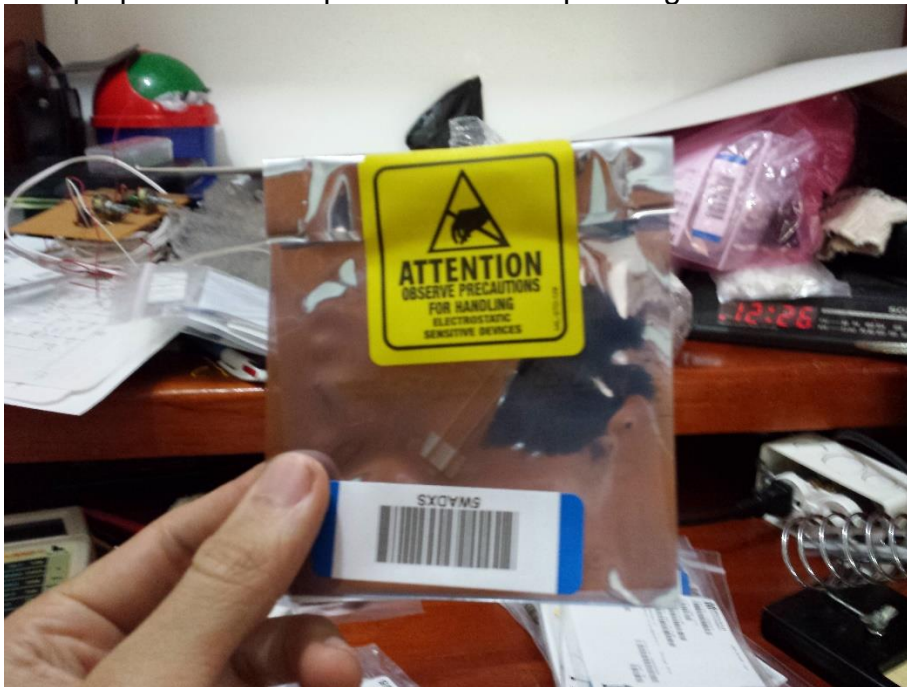
Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 48. Realización de molde a partir del chasis de metal.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 49. Empaque de Diodos para evitar daño por carga electrostática



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 50. Empaque acolchado para transformadores de Audio.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 51. Empaque especial para fusibles.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 52. Molde para parte trasera del compresor.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 53. Montaje de Transformadores y potenci6metros en la parte trasera



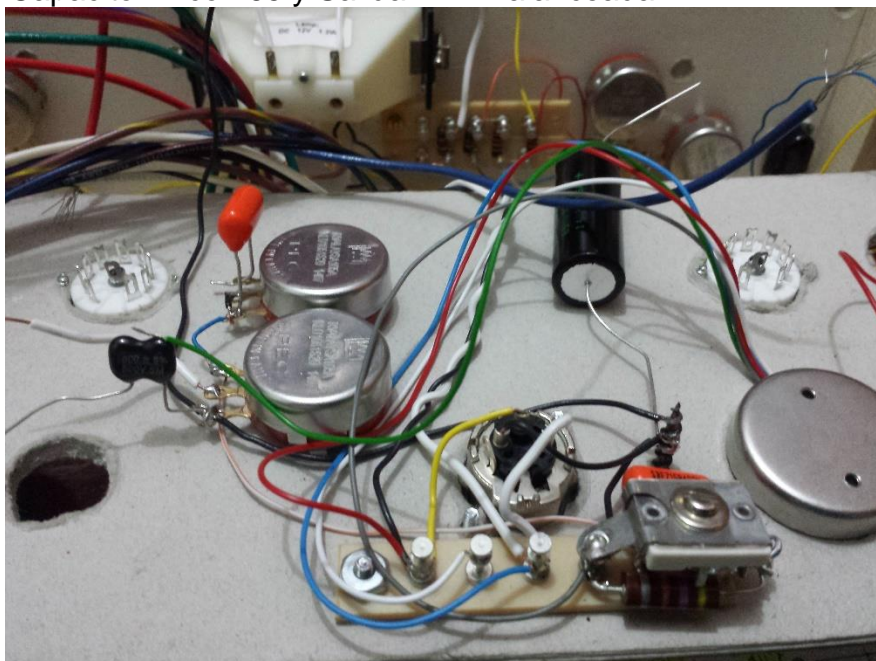
Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 54. Montaje de Sockets para válvulas



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 55. Capacitor Arco 465 y Salida XLR Balanceada



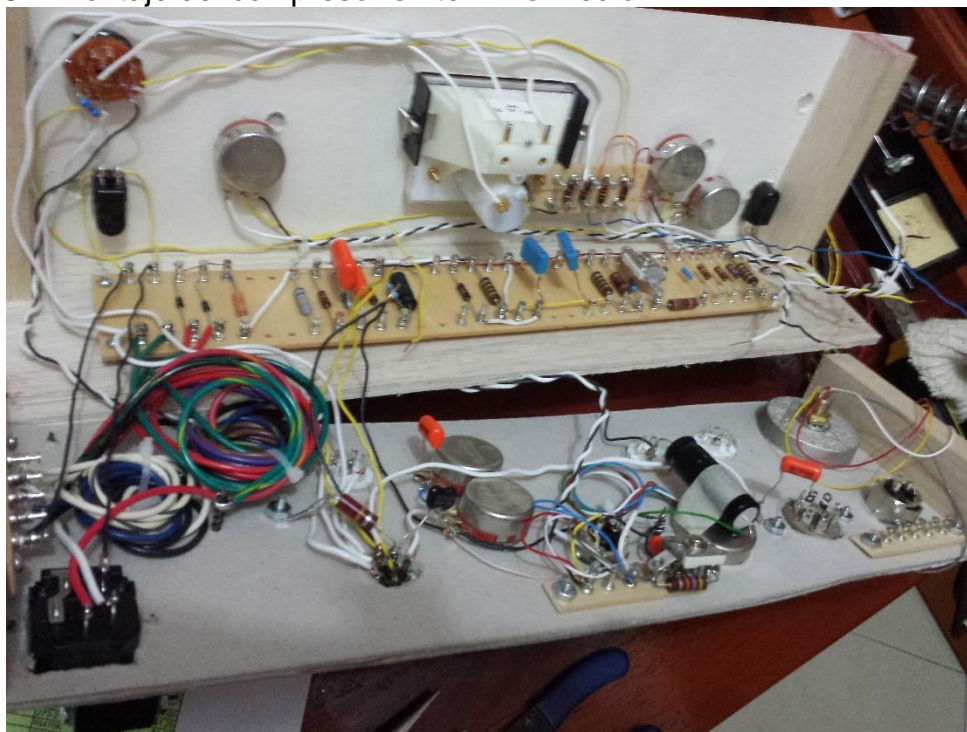
Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 56. Socket para AC y Fusible



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 57. Montaje del compresor en término medio



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 58. Válvulas, Shields para tubos y Opto-Attenuator Kenetek



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 59. Montaje de Válvulas electrónicas



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 60. Montaje parte trasera del compresor.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 61. Compresor en fase final de montaje.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 62. Prototipo Completo de Compresor Parte Frontal.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 63. Prototipo Completo de Compresor Parte Trasera.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 64. Vista de perfil del compresor.



Fuente: Foto realizada por el autor.

4.3 MONTAJE DE PROTOTIPO VÚMETRO CON CALIBRACIÓN

Los vúmetros poco varían en su diseño electrónico, es una herramienta estandarizada internacionalmente. El plus de este trabajo consiste en construir un vúmetro análogo pero con el plus de que tenga calibración especial para **mezcla** en **-14 dBFS** y **masterización** en **-9 dBFS**.

En el proceso de búsqueda de los proveedores para adquirir los elementos necesarios para construir el vúmetro análogo se pudo contactar a la empresa australiana **JLM Audio**, que vende kits de resistencias, diodos, capacitores, puertos XLR, amplificadores operacionales, *vu meters* (display indicador de vúmetro) y Protoboard impresas (PCB) para construir controladores universales de vúmetros ("*Univerlsa Vu Driver*"). Se decidió entonces adquirir este kit de insumos electrónicos para construirlo y luego hacerle la calibración especial.

El montaje se realizó en un chasis igualmente de cartón industrial, por tratarse de un prototipo de pruebas, para luego, determinando la posición idónea para cada componente, poder realizar un montaje en un chasis de fibra de vidrio, plástico o metal.

En cuanto a la calibración, en la fase de pruebas se detallará el proceso con el cual fue realizada (...ver capítulo 5...).

4.3.1 Fotos del montaje del Vúmetro. Las fotografías presentadas siguen un orden secuencial de acuerdo con el proceso de construcción del prototipo:

Figura 65. Chasis en cartón industrial y madera para vúmetro.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 66. Materiales para construir vúmetro.



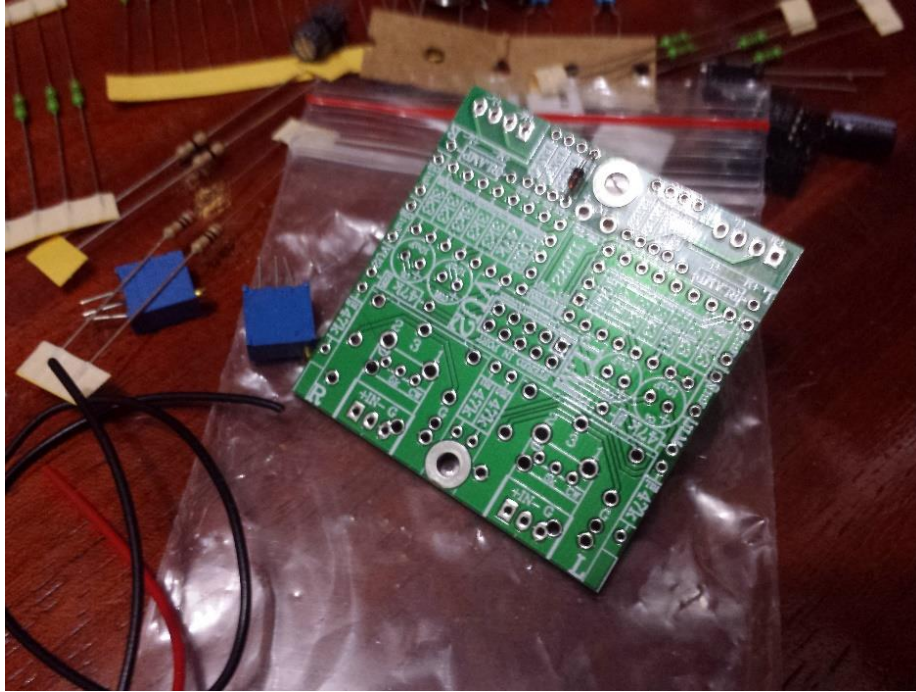
Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 67. Montaje de medidores en parte frontal.



Fuente: Foto realizada por el autor.

Figura 68. PCB utilizada para soldar los elementos.



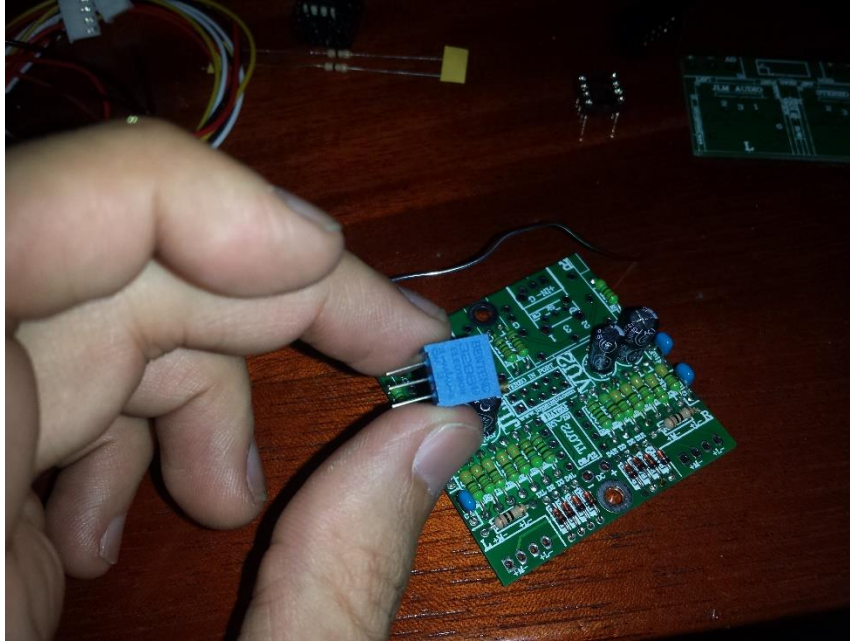
Fuente: Fotografía realizada por el autor

Figura 69. El autor Juan Sebastián soldando los elementos.



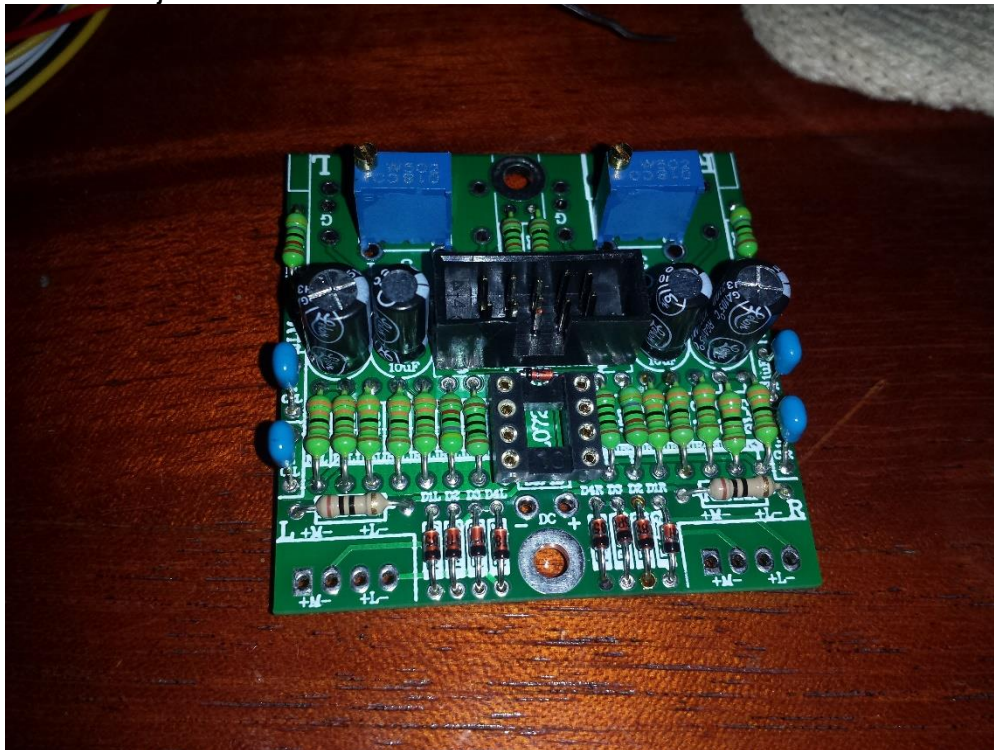
Fuente: Fotografía realizada por Yennifer Herrera Quintero

Figura 70. Trimmer de 5K.



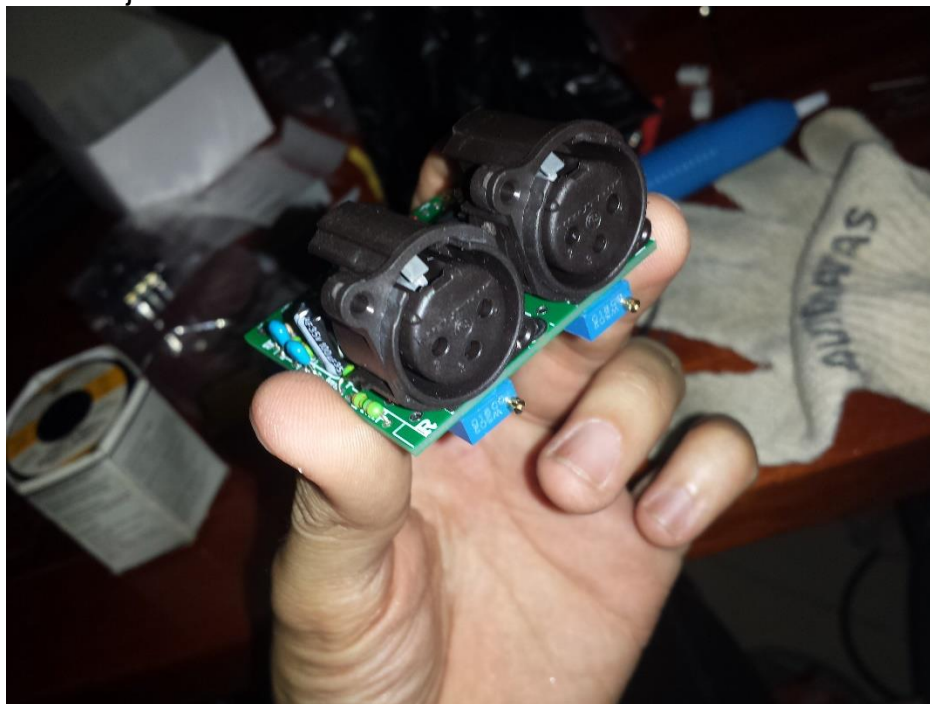
Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 71. Montaje del vúmetro en término medio.



Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 72. Montaje de XLR Hembras.



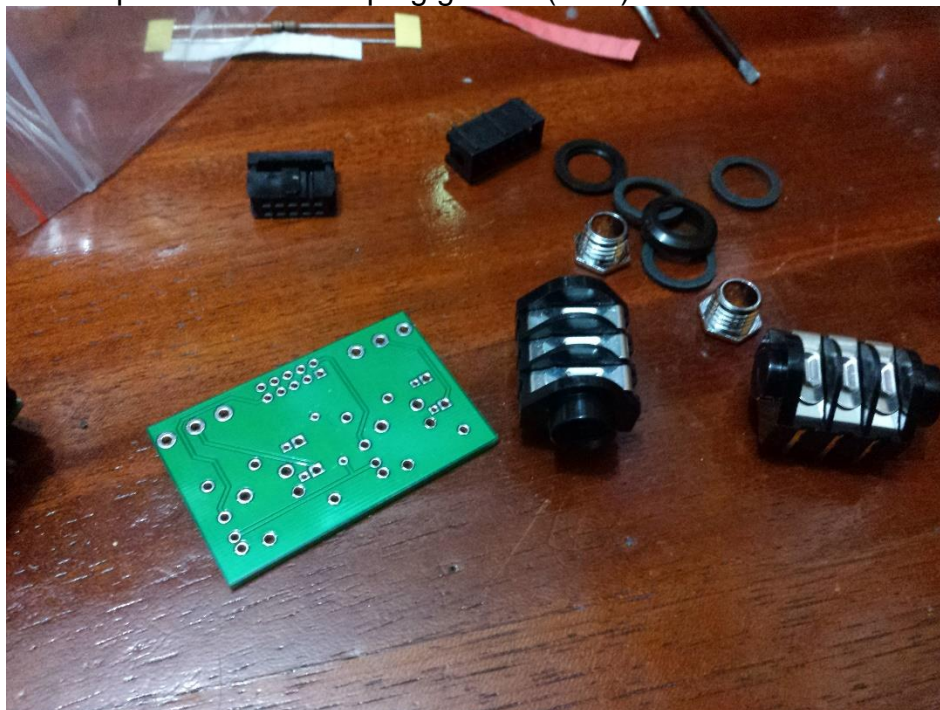
Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 73. Instalación de conector DC en parte trasera.



Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 74. PCB para entradas de plug grande (TRS) no balanceadas.



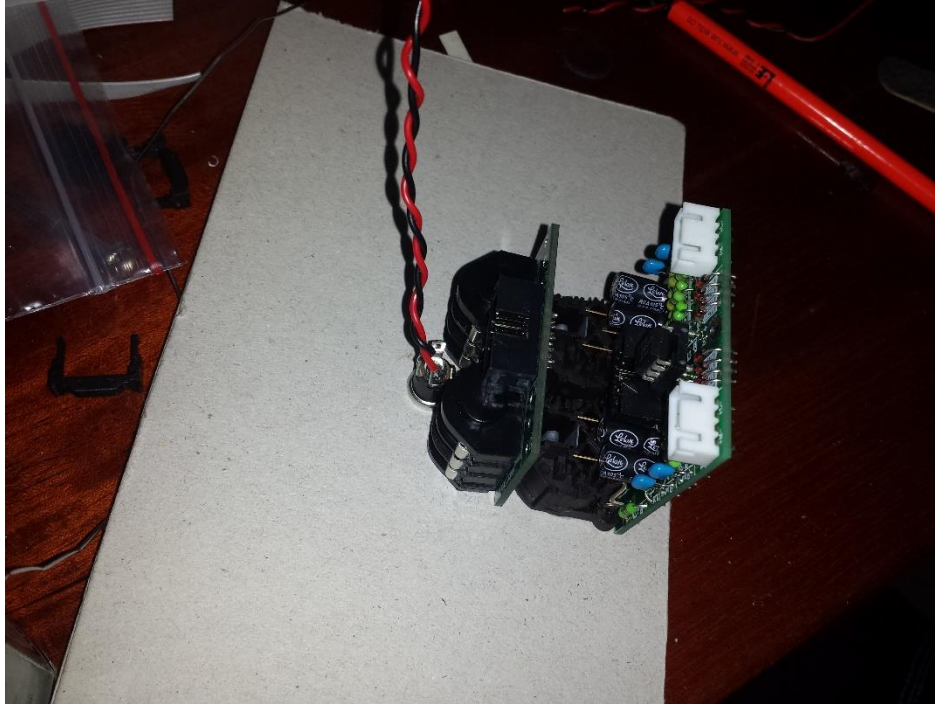
Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 75. Montaje de entradas de plug TRS no balanceadas.



Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 76. Montaje de circuitería principal del vúmetro en parte trasera.



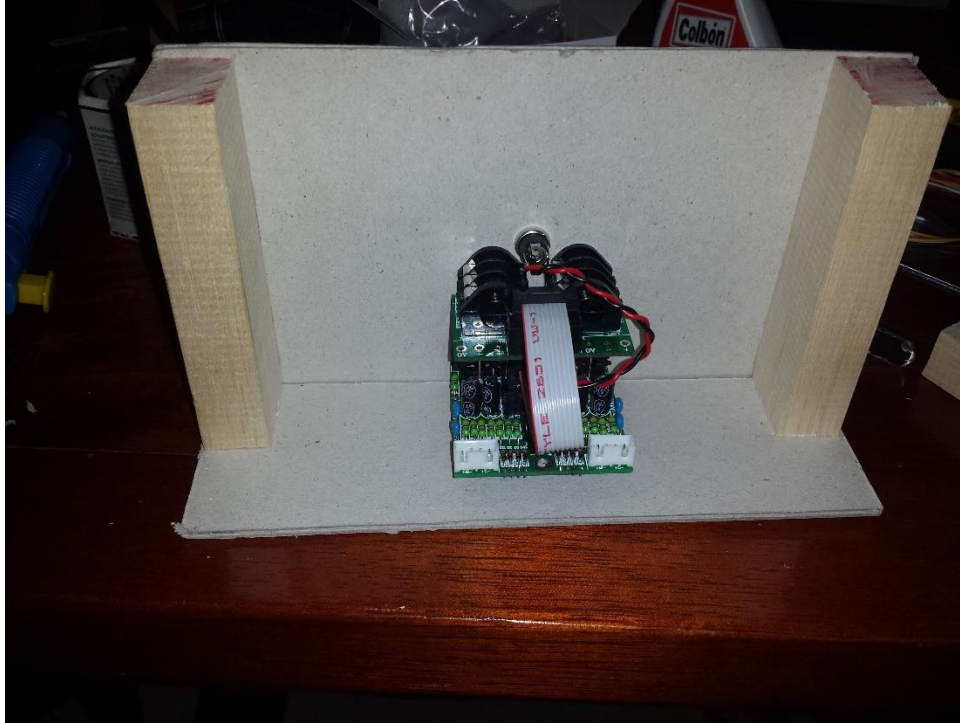
Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 77. Cable IDC para conectar los dos PCB.



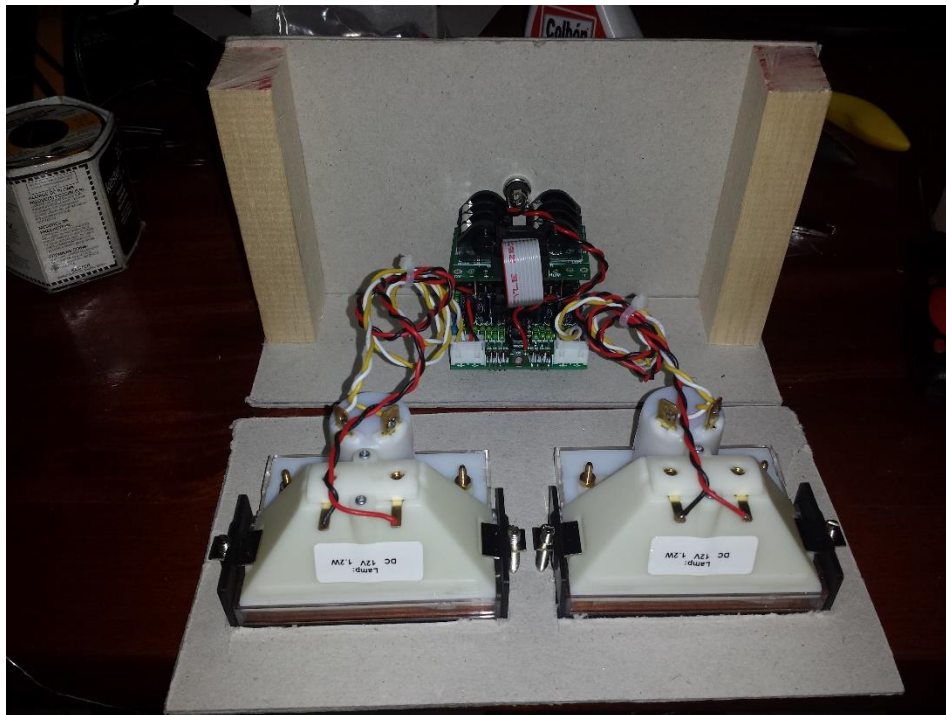
Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 78. Montaje de bases y soportes de madera.



Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 79. Montaje de vúmetro en estado avanzado.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 80. Fuente Suichada Mean Well GE12112-P1J.



Fuente: Fotografía Realizada por el autor

Figura 81. Prototipo Final del Vúmetro. Parte Trasera.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 82. Prototipo final del Vúmetro. Parte frontal.



Fuente: Fotografía realizada por el autor.



CAPÍTULO 5 "Pruebas de los Prototipos y Resultados"

5. PRUEBAS DE LOS PROTOTIPOS Y RESULTADOS

Ambas etapas del prototipo final (Compresor y Vúmetro) funcionaron adecuadamente y tuvieron resultados satisfactorios. A continuación se detallarán las pruebas realizadas en cada uno de ellos.

5.1 PRUEBAS DEL PROTOTIPO COMPRESOR DE AUDIO ANÁLOGO

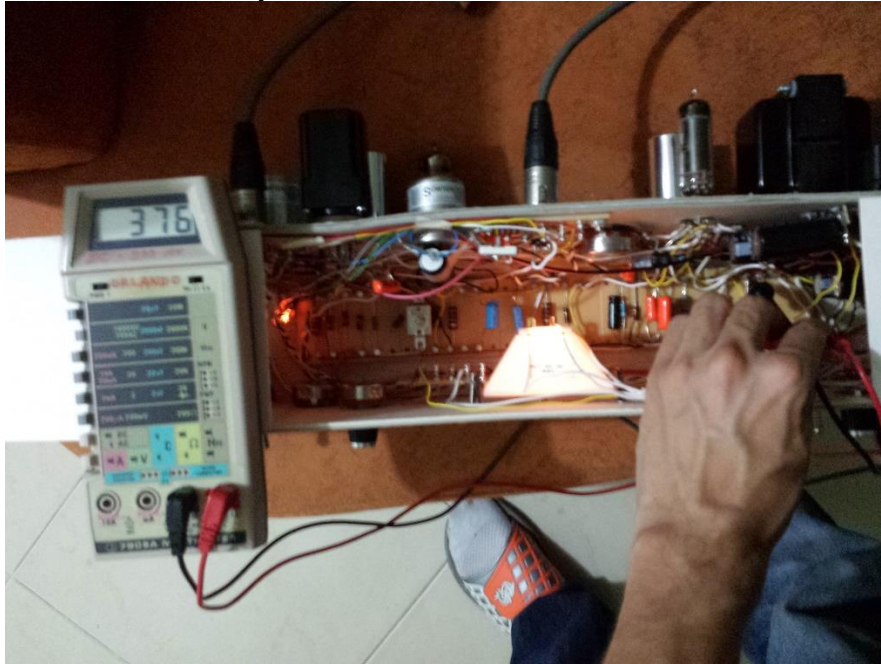
5.1.1 Prueba de funcionamiento. La primera prueba realizada fue la de encendido y medición de voltajes en algunos puntos importantes del circuito en los cuales, sin su correcta medición indicarían una falla en el sistema. Estos puntos de chequeo deben arrojar resultados aproximados a los mostrados en la siguiente tabla (ver tabla 15).

Tabla 15. Puntos de chequeo de voltajes en el compresor

| Punto de Chequeo | Voltaje Aproximado |
|---|--------------------|
| Directamente luego de los diodos 1N4007 | 370VDC |
| Directamente luego de la R29 de 4.7K/2W | 265VDC |
| 6AQ5 (V4) | |
| pin2 | 7.5V |
| pin5 | 115V |
| pin6 | 137V |
| 12AX7 (V3) | |
| pin1 | 107V |
| pin3 | 0.75V |
| pin6 | 107V |
| pin7 | 0V |
| pin8 | 0.75V |
| 12BH7 (V2) | |
| pin1 | 93V |
| pin2 | 0V |
| pin6 | 216V |
| pin8 | 98V |
| 12AX7 (V1) | |
| pin1 | 90V |
| pin3 | 1.53V |
| pin6 | 100V |

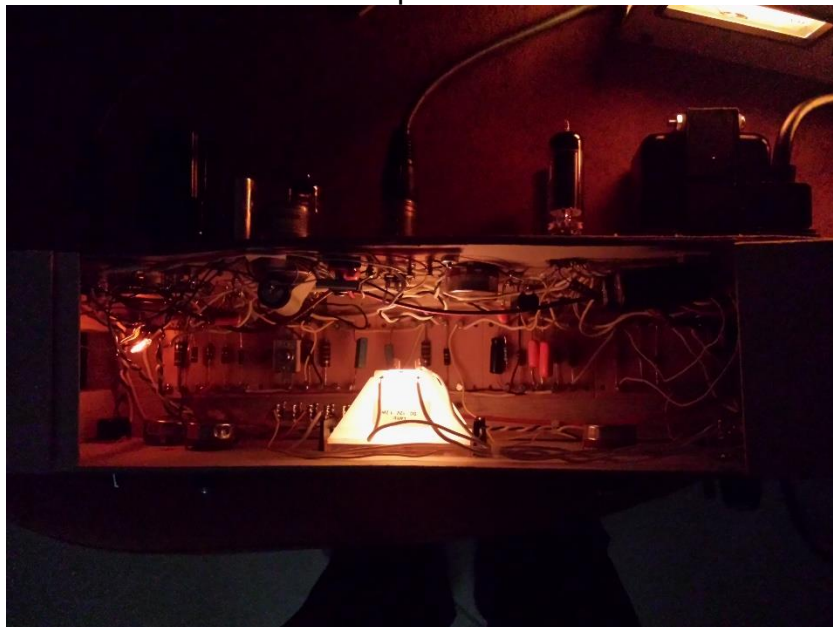
Los valores anteriores se tomaron antes de conectar el módulo T4B por seguridad (Ver figura 82).

Figura 83. Medición de voltaje en los diodos 1N4007



Fuente: Fotografía realizada por el autor

Figura 84. Luminosidad natural del compresor en funcionamiento.

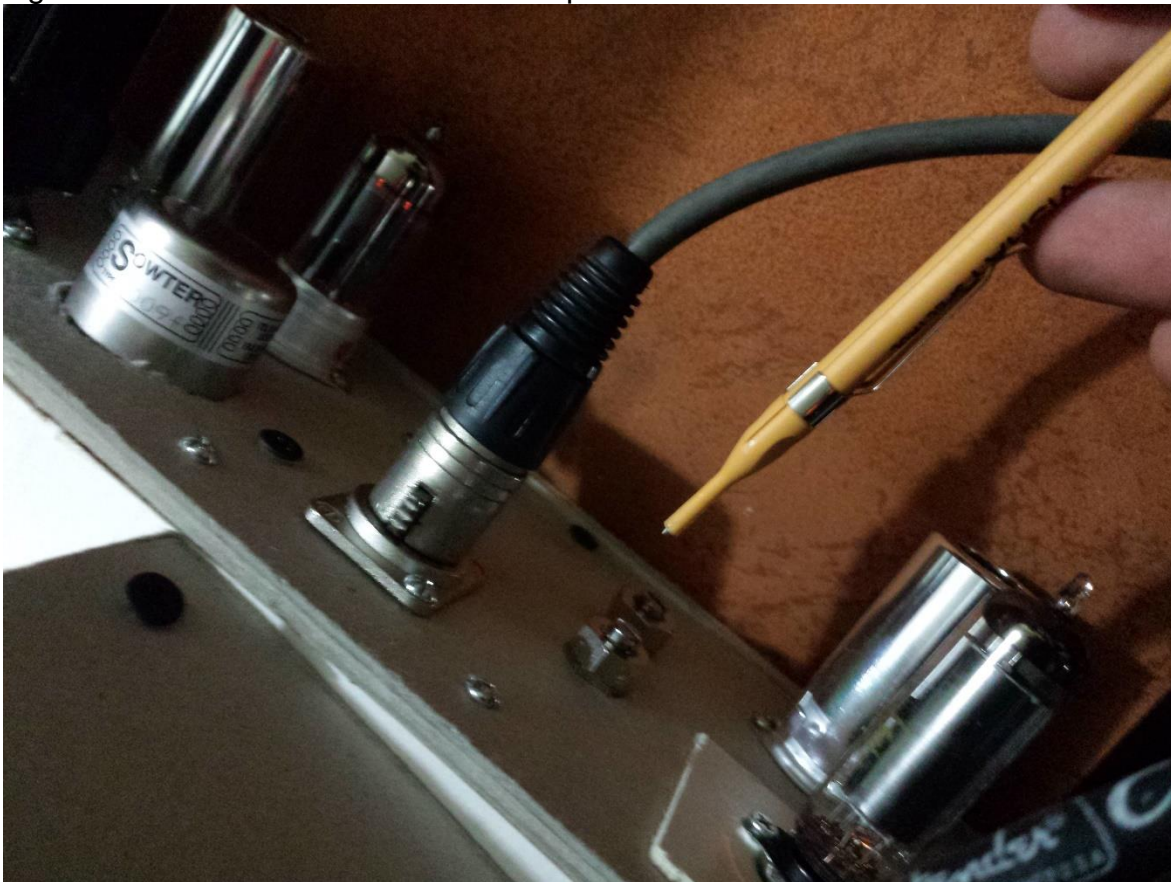


Fuente: Fotografía realizada por el autor

Con el prototipo funcionando adecuadamente, se puede ver encendido el bombillo NE-2, la lámpara del vúmetro del compresor y una leve luminosidad causada por las válvulas en su proceso de calentamiento (ver figura 84).

5.1.2 Prueba de Desempeño. Se realizaron pruebas del proceso de compresión como tal sobre una pista de audio. Para ello, se conectó una fuente de audio con la pista musical a una consola (*Mixer*) **Proel M8** con salida balanceada (ver figuras 85 y 86).

Figura 85. Conexión balanceada al compresor.



Fuente: Fotografía realizada por el autor

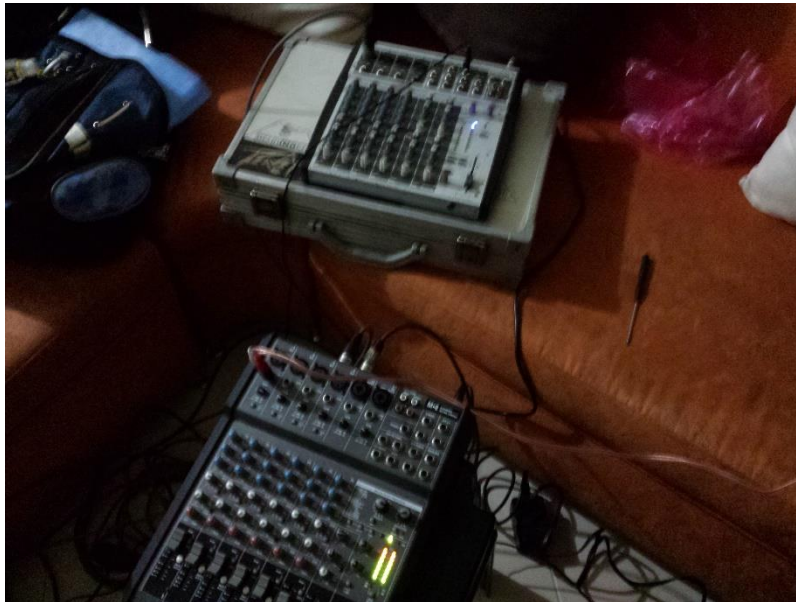
Ésta salida se conectó directamente al compresor; la salida del compresor a otra consola o *mixer* **Phonic MM1202a** (ver figura 87). Con este sistema se puede realizar un mini proceso de grabación de audio real con mezcla y masterización.

Figura 86. Mixer Proel M8 con salida balanceada



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 87. Conexión a la otra consola Phonic MM1202a



Fuente: Fotografía tomada por el autor

Y finalmente la salida de este *mixer* a la entrada de una tarjeta de sonido conectada a un computador portátil (ver figuras 88 y 89).

Figura 88. Conexión del sistema para las pruebas.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 89. Tarjeta de sonido y computador.

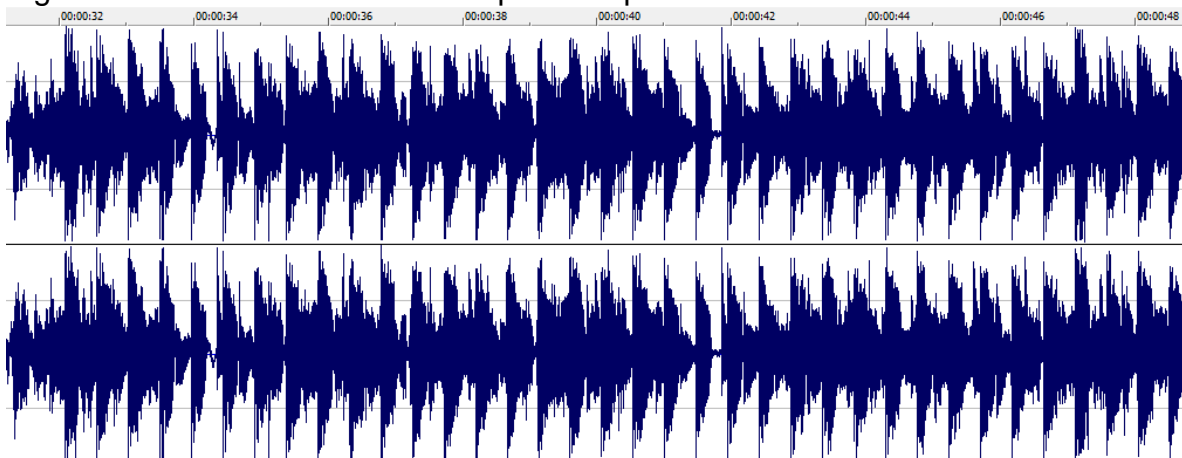


Fuente: Fotografía realizada por el autor.

5.1.3 Resultados. En el computador se utilizó el programa *Sound Forge Pro* para realizar una prueba de grabación real.

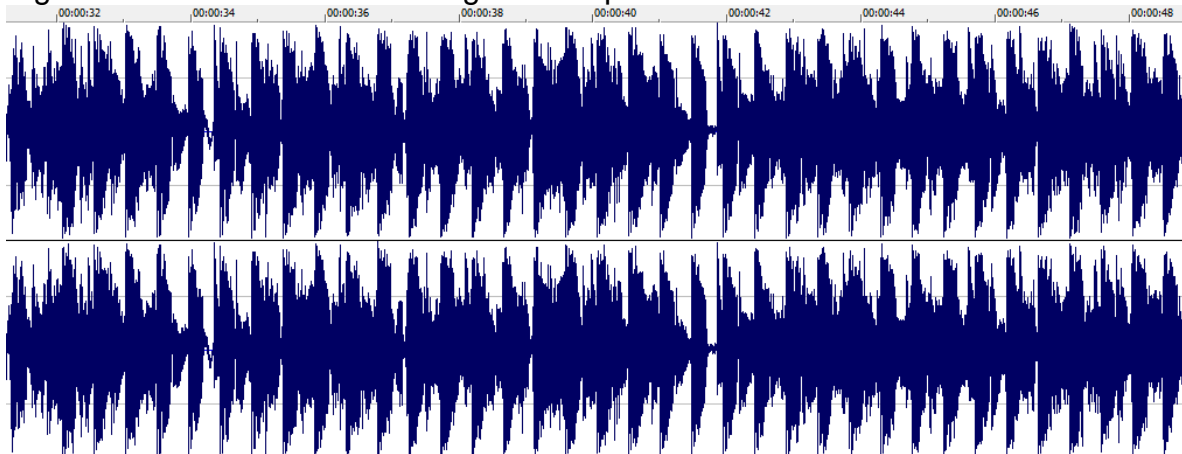
En una primera muestra se realizó la comparación del procesamiento del audio entre una toma de la pista sin procesar y otra toma de la pista procesada con el compresor. A continuación se presentan los resultados (ver figuras 90 y 91). Sus resultados son los esperados en un proceso de mezcla, donde se busca resaltar un poco la envolvente de la onda para suavizar los picos y darle más volumen y sonoridad:

Figura 90. Forma de la onda de la pista sin procesar



Fuente: Imagen tomada del Sound Forge Pro.

Figura 91. Forma de la onda luego de ser procesada.

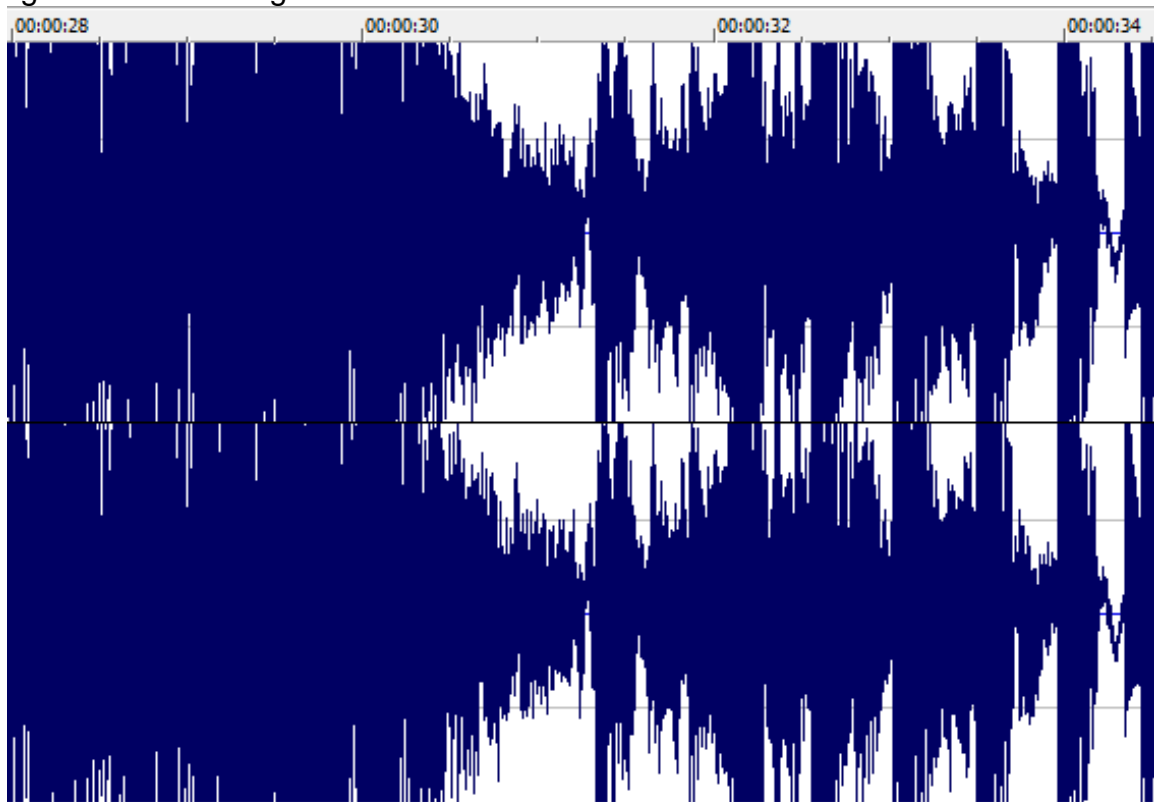


Fuente: Imagen tomada del Sound Forge Pro

Se puede observar que la onda procesada tiene más volumen en su envolvente o grueso de onda que la toma sin procesar (ver figuras 90 y 91), y esto logrado sin distorsionar la señal porque los picos no tocan las partes superior e inferior.

Se probaron diferentes tomas también sobre saturando y comprimiendo la señal. En las siguientes figuras se puede ver que la onda original está sobresaturada y el compresor la “arregla” corrigiendo los picos de ganancia (ver figuras 92 y 93). Este proceso es satisfactorio desde el punto de vista de una masterización, donde se busca que la canción tenga un volumen equilibrado en general.

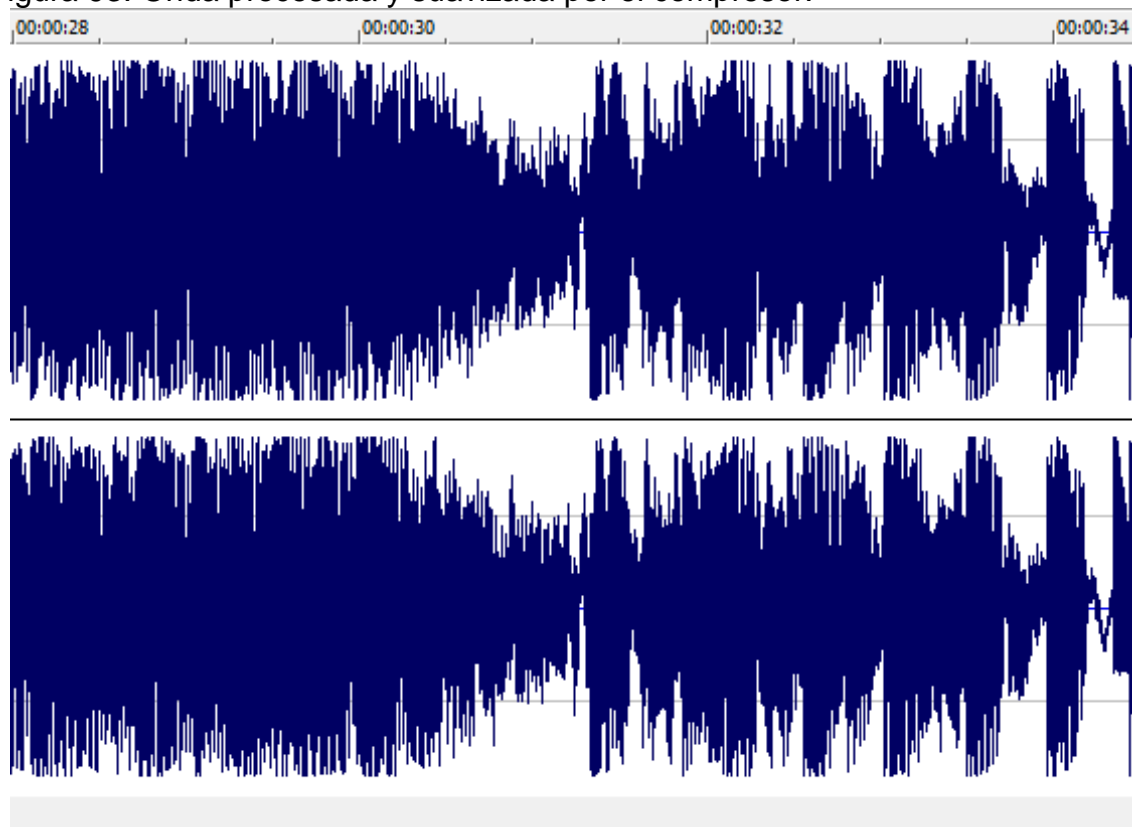
Figura 92. Onda original sobresaturada.



Fuente: Imagen tomada del programa Sound Forge Pro.

En la imagen anterior se puede visualizar que la onda queda recortada por la saturación. En estos casos se busca que el compresor suavice al máximo los picos de señal y “empareje” la onda para que suene más equilibrada, como se puede ver a continuación (ver figura 93). Así se logra el máximo volumen posible sin distorsionar la señal. Aunque este proceso es básico, puesto que en los estudios de grabación se realizan procesos más complejos pero para las pruebas iniciales buscadas con el prototipo es suficiente.

Figura 93. Onda procesada y suavizada por el compresor.



Fuente: Imagen tomada del programa Sound Forge Pro.

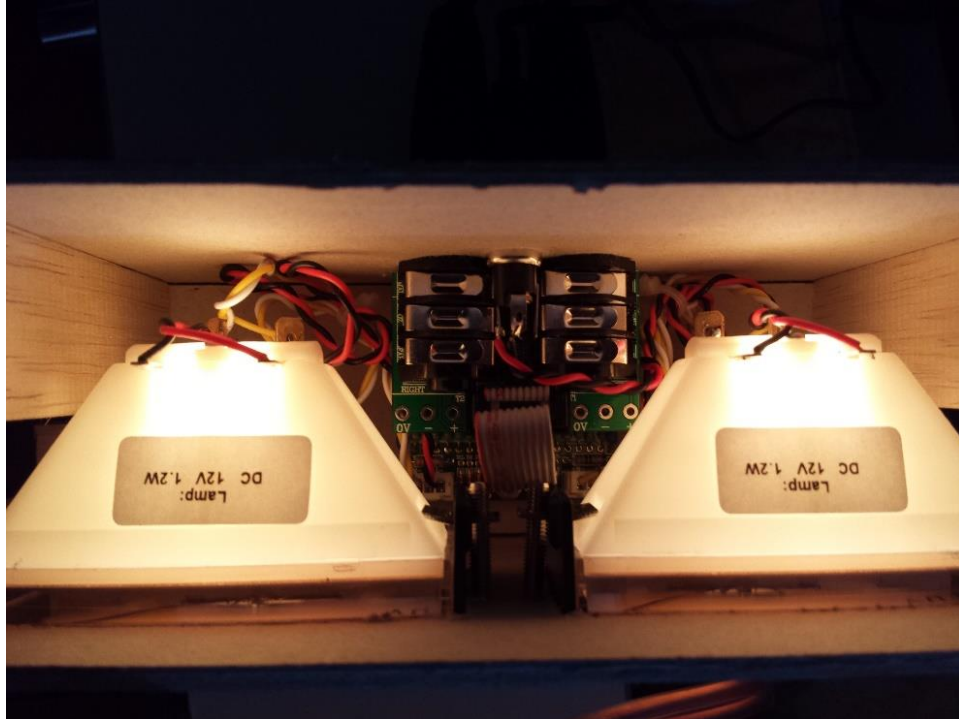
Estos resultados cumplen con los objetivos específicos propuestos desde el punto de vista del compresor en los procesos de mezcla y la masterización.

5.2 PRUEBAS DEL PROTOTIPO VÚMETRO CON CALIBRACIÓN

5.2.1 Prueba de Funcionamiento. De igual forma que con el prototipo de compresor, la primera prueba realizada al vúmetro con calibración fue chequear que el circuito funcionara adecuadamente.

En este caso, bastó con conectar el prototipo a la fuente de energía y chequear que las lámparas y los medidores respondieran correctamente mientras se encontraba conectado en el sistema anteriormente descrito (...ver sección 5.1.2...). A continuación se pueden ver fotografías que evidencian su funcionamiento (ver Figuras 94 y 95):

Figura 94. Lámparas e interior del vúmetro en funcionamiento.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 95. Chequeo del funcionamiento de los medidores.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

5.2.2 Prueba de Desempeño. La prueba de desempeño consistió en calibrar el vúmetro para mezcla y masterización por medio de los trimmers de precisión de 5K (ver figura 96) y chequear su funcionamiento en el sistema de conexión mencionado en la sección 5.1.2. A continuación se describe con fotografías este proceso:

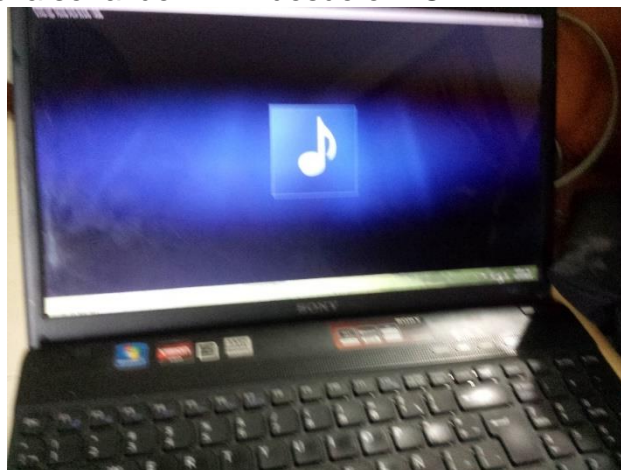
Figura 96. Calibración con el Trimmer Tool.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Primero se les envió una señal de 1KHz a los dos medidores y se calibraron a $0=+4\text{dBu}$ ó 1.23 VAC. La consola se utilizó para chequear que tuvieran las mismas mediciones (ver figuras 97, 98 y 99). Ésta es la calibración estándar de un vúmetro.

Figura 97. Envío de la señal de 1KHz desde el PC.



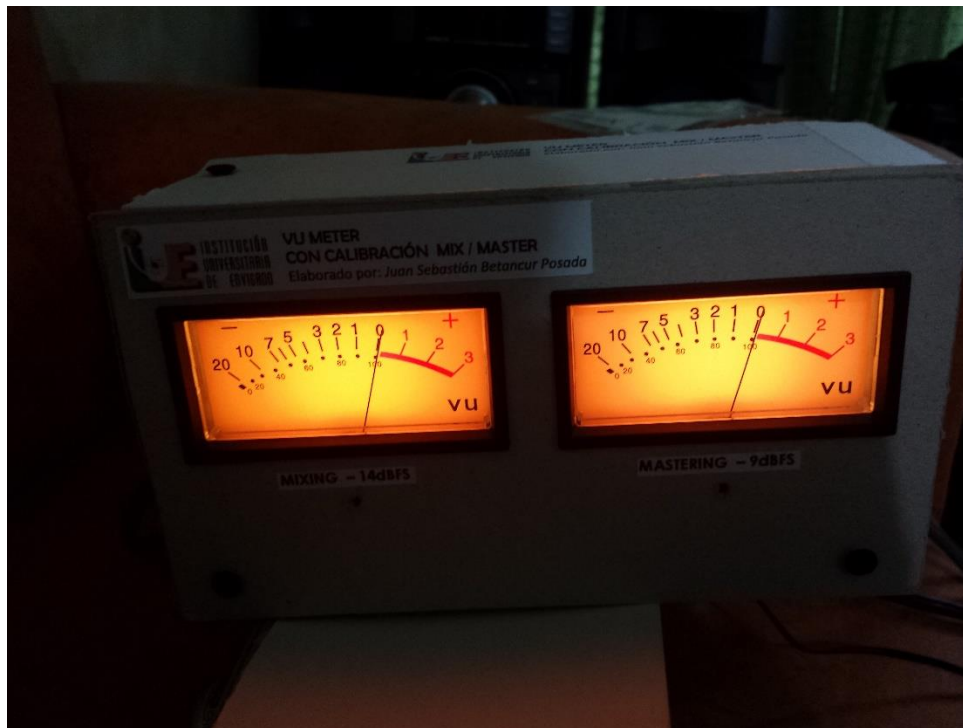
Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 98. Chequeo de +4 dBu en la consola.



Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 99. Medidores con calibración estándar en 0=+4dBu.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Terminada la calibración estándar, comprobando con esto que ambos medidores y el dispositivo funciona adecuadamente, se procedió a la calibración especial para mezcla y masterización.

Primero se envió la señal hasta alcanzar el punto de 0dBFS, osea el punto de “clip” o saturación de los actuales sistemas digitales, y a partir de allí, se disminuyó la señal -14dBFS, es decir, corresponde a +6 dBu en la consola utilizada (ver figura 100). En este punto se calibró el medidor correspondiente a *mixing* para mostrar 0VU.

Figura 100. +6dBu en la consola corresponden a -14 dBFS en el sistema.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

De igual forma, se procedió a disminuir la señal a partir del “Peak” de saturación en la señal en -9dBFS para calibrar el medidor marcado como “Mastering” para mostrar 0VU. Esto equivale aproximadamente a +11dBu en la consola que es cercano al “Clip” mas no al “Peak” (Ver figura 101).

Figura 101. -9dBFS equivalen a +11dBu en la consola utilizada.



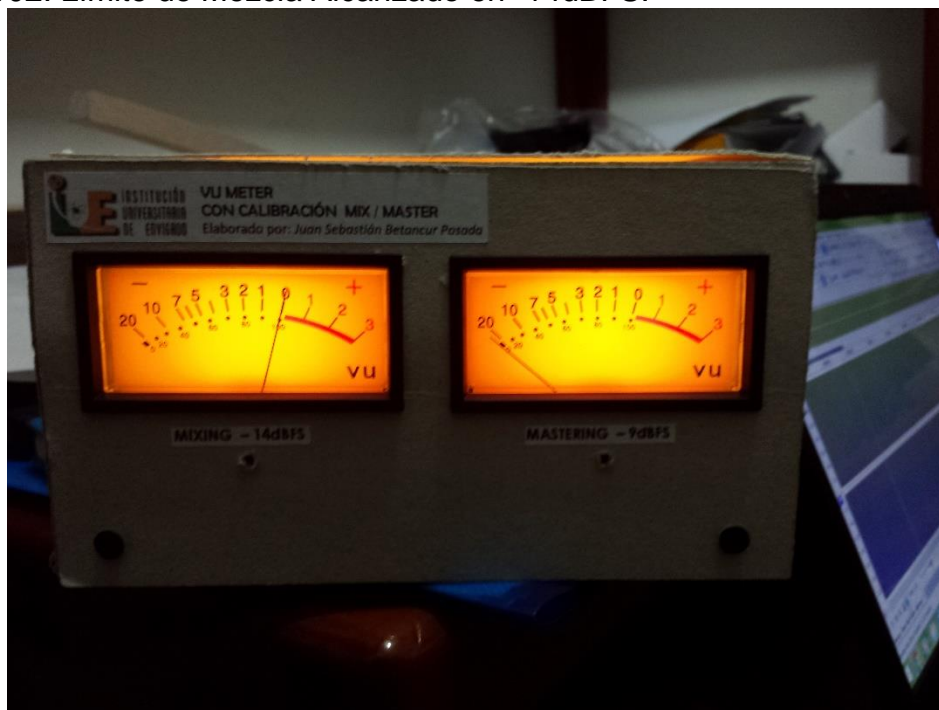
Fuente: Fotografía tomada por el autor.

5.2.3 Resultados. Se procedió a ingresar una señal de 1KHz en ambas entradas del vúmetro que alcanzara cada límite propuesto para mezcla y masterización y los resultados fueron los siguientes:

Con el límite de -14dBFS para mezcla el vúmetro alcanzó los 0VU mientras que el medidor de masterización no se alcanza a “levantar” (ver figura 102). Este resultado fue satisfactorio.

Luego se envió la señal hasta los -9dBFS (más volumen) y se pudo comprobar que mientras el medidor de *mixing* señalaba el tope o saturación, el medidor de *mastering* señaló los 0VU. Con esto quedó el sistema completamente listo y calibrado (ver figura 103)

Figura 102. Límite de Mezcla Alcanzado en -14dBFS.



Fuente: Fotografía realizada por el autor.

Figura 103. Límite de Masterización alcanzado en -9dBFS.



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Finalmente cabe resaltar los siguientes puntos importantes concluidos a partir de diversas mediciones y resultados:

- Los medidores alcanzan fácilmente los límites cuando se trabaja con equipos análogos como las consolas utilizadas o el compresor.
- La señal del computador con su máximo nivel de salida escasamente llegó al límite de medición de la mezcla. La “masterización ni siquiera movió la aguja”.
- Se hicieron mediciones con un teatro en casa y éste fue capaz de llegar al volumen ideal de la masterización.
- Se pueden utilizar las entradas no balanceadas como salidas o *links de la señal* cuando se conecta su entrada balanceada respectiva.

Con estos resultados se comprobó que un trabajo de audio realizado en computador jamás logrará el mismo nivel de volumen que uno realizado con equipos análogos, esto demuestra porqué los estudios populares de grabación en Colombia no consiguen el volumen y sonoridad, como se comentó a lo largo de todo este trabajo.

La prueba realizada en el teatro en casa demuestra que los estándares internacionales de las grabaciones profesionales se encuentran grabadas en el nivel de masterización calibrado para el vúmetro.

Con el cierre de este capítulo quedan todos los objetivos del trabajo cumplidos a cabalidad. Los resultados fueron satisfactorios y demostraron además la veracidad de la información consultada.

6. CONCLUSIONES

Las grabaciones fonográficas de los estudios de grabación realizadas en Colombia pueden aspirar a mejorar su calidad, si sus estudios de grabación se perfilan con los estándares internacionales para mejorar su volumen y sonoridad (estandarizados entre -8 dB y -9 dB RMS como producto final).

La guerra del volumen, o *Loudness War* ha llevado a los estudios de grabación a competir por volumen y sonoridad, sacrificando la dinámica de las producciones. Para competir en igualdad de condiciones se deben adquirir equipos análogos como los compresores y vúmetros, ya que sólo estos equipos manejan el voltaje (24 voltios) suficiente para tener más *Head Room* o “espacio” en una producción y poder así aumentar sus niveles de sonoridad.

Los parámetros de funcionamiento que puede tener un compresor como *Ratio*, *Threshold*, *Attack* y *Release* los define la topología de su diseño. Si su circuito de detección o *Sidechain* está antes del control de ganancia se denomina *Feed Forward* y suele tener todos estos controles manuales disponibles para el usuario. Si por el contrario ese circuito de detección se ubica después del control de ganancia se denomina *Feed Back* y realiza todos estos controles de manera automática.

La eufonía o color que agregan todos los compresores se debe a los errores en los circuitos, a los efectos producidos por las condiciones no ideales: La ganancia fija que produce distorsión al igual que la ganancia variable; el control de alimentación de voltaje que se filtra por el camino de la señal de audio; errores en la respuesta en frecuencia; la histéresis; la diafonía; y el ruido.

Los *plug-ins* compresores bien manejados pueden ofrecer resultados satisfactorios, pero sólo en la medida en que esos resultados se parezcan a los obtenidos con un dispositivo análogo real. Esto demuestra que la máxima calidad en la compresión de audio la siguen liderando los compresores análogos, de hardware físico y procesamiento electrónico.

Los vúmetros son una herramienta esencial que guía al ingeniero a la hora de mezclar y masterizar. Trabajar sin ellos es como volar un avión sin altímetro.

Actualmente se tienen estandarizados los volúmenes que debe tener una grabación. Para las mezclas se sitúa entre -15 dB y -11 dB RMS; y para las masterizaciones finales entre -9 dB y -6 dB RMS.

Los dos compresores que definieron la sonoridad de la música moderna fueron el Compresor VCA 1176 y el Compresor Óptico LA-2A. Para los ingenieros de sonido estos dispositivos son todo un referente, incluso una “leyenda”.

En base a la investigación realizada se eligió como modelo de diseño para el prototipo de compresión el Teletronix LA2A por su auto adaptabilidad y “buena fama” o aceptación entre la comunidad de ingenieros de sonido. Este modelo es de topología *Feed Back* y cuenta con un atenuador óptico, lo que aísla la señal de audio del ruido eléctrico. Se realizaron las modificaciones necesarias para adaptarlo a las conexiones actuales balanceadas y para reemplazar las partes o insumos que se dejaron de vender en el mercado. También se modificó su diseño exterior para aprovechar mejor los controles diseñados en el circuito.

Para el diseño del vúmetro con calibración especial se utilizó un modelo universal de controlador de vúmetro y se le realizaron las adaptaciones necesarias para mostrar dos medidores con posibilidad de calibrar uno para *mixing* en -14dBFS y otro para *mastering* en -9dBFS.

Para la construcción de estos prototipos es necesario realizar procesos de importación con proveedores del exterior, ya que sus materiales no se encuentran en el país debido a la exigente calidad de sus materiales y la poca frecuencia con la que son solicitados por los compradores.

Gracias a las pruebas realizadas con el prototipo de compresor se pudo comprobar que éste puede ayudar a mejorar y aumentar el volumen y la sonoridad de una canción manteniendo el “aspecto” de la señal original sin distorsionarla, y puede suavizar y arreglar las señales sobre saturadas para dejarlas dentro de los rangos audibles máximos.

Gracias a las mediciones y pruebas realizadas con el prototipo de vúmetro construido se pudo concluir que los estudios de grabación de Colombia que sólo cuentan con métodos de grabación digitales por computador jamás alcanzarán el nivel de masterización que brindan los equipos análogos.

Los resultados obtenidos en las pruebas cumplieron a cabalidad los objetivos propuestos en este trabajo. Sin embargo, cabe resaltar que un compresor de audio es un dispositivo complejo en su uso y para sacarle el mayor provecho debe ser utilizado por un profesional en la Ingeniería de sonido. Por este motivo, se deben seguir realizando pruebas en un estudio de grabación real para determinar el alcance del prototipo, hacerle las modificaciones necesarias, y terminarlo para convertirlo en un producto definitivo. Éste es uno de los post avances de este proyecto que busca a nivel personal el autor.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda revisar muy bien las especificaciones de los dispositivos que se quieren adquirir como reemplazo de otros, no sólo por sus características electrónicas sino por sus dimensiones físicas.

Se recomienda chequear las configuraciones y conexiones de los transformadores de audio y de poder, ya que todos los proveedores los fabrican con codificación de colores diferente para sus terminales.

Se recomienda utilizar fusibles para los ensayos del prototipo de compresor, ya que una falla podría significar la pérdida completa de la inversión en la adquisición de los elementos electrónicos.

Se recomienda realizar las mediciones de voltajes mencionadas en las pruebas del compresor antes de conectar el módulo de atenuación T4B. Con esto se asegura el correcto funcionamiento del circuito.

Se recomienda realizar el pedido a los proveedores de insumos electrónicos con tiempo de anticipación, ya que en algunos casos los materiales se pueden demorar hasta 4 meses en estar disponibles para el proveedor.

Se recomienda pedir la mayor cantidad de elementos disponibles en un mismo proveedor para evitar gastos innecesarios en envíos.

Se recomienda transportar los materiales electrónicos para estos prototipos en empaques adecuados que soporten las descargas electrostáticas y los golpes en los viajes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Dent, «Loud Professional Mastering,» 2014. [En línea]. Disponible: http://www.loudmastering.com/professional_mastering.php.
- [2] C. Silva, «Camilo Silva - Mixing/Mastering Engineer,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.camilosilvaf.com/faq.php>.
- [3] J. Savage y T. M. J. Caballero, «eHow en Español,» Enero 2014. [En línea]. Disponible: http://www.ehowenespanol.com/obtener-mas-volumen-grabaciones-voz-garageband-como_268185/. [Último acceso: 10 Ago 2014].
- [4] Abbey Road, «Abbey Road Studios,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.abbeyroad.com/Page/19/Equipment-Tech>.
- [5] Record Plant, «Record Plant Recording Studios,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.recordplant.com/>.
- [6] Capitol Studios, «Capitol Studios,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.capitolstudios.com/studios/>.
- [7] Atlantic Studios, «Atlantic Sound Studios,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.atlanticsoundstudios.com/gear.html>.
- [8] Criteria Studios, «Criteria Recording Studios,» [En línea]. Disponible: <http://www.criteriastudios.com/>.
- [9] C. Silva, «Camilo Silva F - Mixing / Mastering Engineer,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://camilosilvaf.com/>.
- [10] C. Silva, «Camilo Silva Gear,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.camilosilvaf.com/gear.php>.
- [11] A. Demaria, «Anthony Demaria Labs,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.anthonymarialabs.com/#&panel1-1>.
- [12] B. J. Ruz Guzmán, «Grabación, Edición, Y Masterización Del Disco “Música Para Guitarra Clásica De Víctor Biskupovik”,» Valdivia, 2005.
- [13] A. Escobar, «Hispasonic - Conceptos Básicos Sobre la Mezcla,» 5 Octubre 2005. [En línea]. Disponible: <http://www.hispasonic.com/tutoriales/conceptos-basicos-sobre-mezcla/1662>.

- [14] Perfiles Profesionales, «Perfiles Profesionales - Orientación Vocacional - Ingeniería en Sonido,» [En línea]. Disponible: <http://www.mi-carrera.com/IngenieriaSonido.html>.
- [15] B. Katz, *Matering Audio - The Art and the Science*, Miami: Focal Press, 2002.
- [16] M. Gordon y T. M. Santiago, «Secretos de la Masterización de Música,» 15 Febrero 2007. [En línea]. Disponible: http://www.ehowenespanol.com/secretos-masterizacion-musica-info_262331/. [Último acceso: 16 10 2014].
- [17] C. Vladimeru y T. P. Gutierrez, «Cómo masterizar una mezcla,» Marzo 2011. [En línea]. Disponible: http://www.ehowenespanol.com/masterizar-mezcla-como_227563/. [Último acceso: 16 Octubre 2014].
- [18] A. Escobar, «Análogo vs. Digital,» 18 Diciembre 2008. [En línea]. Available: <http://www.hispasonic.com/blogs/analogico-vs-digital/35950>.
- [19] J. Pelotas, «JDK Audio presenta R22 Compressor,» Musicador, 23 Diciembre 2009. [En línea]. Disponible: <http://www.musicador.com/jdk-audio-presenta-r22-compressor/>.
- [20] C. Bohórquez, *Notas del Curso de Grabación Digital y Análoga – ACINPRO*, Medellín: ACINPRO, 2012.
- [21] Magneto, «La Historia Interminable - Topologías de la compresión desde la planta 69,» Diciembre 2012. [En línea]. Disponible: <http://www.audiopeludo.com/index.php?ind=blog&op=home&idu=41&curmes e=Diciembre%202012>. [Último acceso: 2014].
- [22] Doctor ProAudio, «Compresores - Limitadores,» 2000 - 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.doctorproaudio.com/content.php?139-compresores-limitadores-compresion>.
- [23] F. Baudino, «Compresores. Tipos y Aplicaciones.,» Musiquiatra, 6 Septiembre 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.musiquiatra.com/index.php?/topic/70286-compresores-tipos-y-aplicaciones/>. [Último acceso: Septiembre 2014].
- [24] D. Hill, «Analog Compressors And Some Of The Bits That Make Them What They Are,» Audio Days, Paris, 2012.

- [25] Sonsonoros, «Algo mas sobre el compresor,» Sonsonoros, blog de técnica y sonido, 16 Enero 2010. [En línea]. Disponible: <http://sonsonoros.wordpress.com/2010/01/16/algo-mas-sobre-el-compresor/>. [Último acceso: 10 10 2014].
- [26] Vintage King Audio, «Universal Audio Teletronix LA-2A,» Vintage King Audio, 2014. [En línea]. Disponible: <http://vintageking.com/universal-audio-la-2a>.
- [27] Troy, «Ingeniería en Sonido - Production Notes, Tips, Artículos, Tendencias...,» 12 Diciembre 2011. [En línea]. Disponible: <http://hailsound.blogspot.com/2011/12/tipos-de-compresores-en-funcion-su.html>. [Último acceso: 20 Octubre 2014].
- [28] G. GTPS, «45 Of The Best Compressor Plugins In The World,» Get That Pro Sound, 9 Marzo 2014. [En línea]. Disponible: <http://getthatprosound.com/45-of-the-best-compressor-plugins-in-the-world/>.
- [29] Vintage King Audio, «NEVE 33609 J/D STEREO COMPRESSOR,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://vintageking.com/neve-33609-j-d-stereo-compressor>.
- [30] M. Cameron, «SSL XLogic G-series Compressor,» SOS Sound On Sound, Febrero 2006. [En línea]. Disponible: <http://www.soundonsound.com/sos/feb06/articles/sslxlogic.htm>.
- [31] Sonsonoros - Blog de Técnica y Sonido, «DEFINICIÓN: Compresor,» Sonsonoros, 16 Abril 2010. [En línea]. Disponible: <http://sonsonoros.wordpress.com/2010/04/16/definicion-compresor/>. [Último acceso: 15 Octubre 2014].
- [32] MEDIACOLLEGE.COM, «VU Meter,» [En línea]. Disponible: <http://www.mediacollege.com/audio/monitoring/vu.html>.
- [33] INGENIATIC, «Vúmetro,» Ingeniatic, 2011. [En línea]. Disponible: <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/660-v%C3%BAmetro#startOfPageld660>.
- [34] Wikipedia, «VU meter,» 18 Noviembre 2014. [En línea]. Disponible: http://en.wikipedia.org/wiki/VU_meter.
- [35] D. Mellor, «What is the difference between 0 dB and 0 dBFS?,» Audio Masterclass, 1 Enero 2009. [En línea]. Disponible:

<http://www.audiomasterclass.com/what-is-the-difference-between-0-db-and-0-dbf#.VE3CtfmG-So>.

- [36] G. M. Ballou, Handbook for Sound Engineers: The New Audio Cyclopedia, Second Edition, Focal Press, 1998.
- [37] A. Gimenez Freitez, «Qué es el "0" dB?,» SONOLOGÍA, 20 Enero 2008. [En línea]. Disponible: <http://sonologia.blogspot.com/2008/01/que-es-el-0-db.html>.
- [38] Wikipedia, «Nivel de Presión Sonora,» 19 Marzo 2014. [En línea]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Nivel_de_presi%C3%B3n_sonora.
- [39] D. Maggiolo, «Acústica Musical,» Abril 2003. [En línea]. Disponible: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/son.html>.
- [40] 12ax7, «Converter Levels,» Gearsutz.com, 11 Enero 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.gearsutz.com/board/so-much-gear-so-little-time/568404-converter-levels.html>.
- [41] Silverstone, «0db = ??,» Gearsutz.com, 19 Enero 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.gearsutz.com/board/so-much-gear-so-little-time/572301-0db.html>.
- [42] H. Covill, «Can you tell the decibell?,» Audiotechnology, 29 Septiembre 2014. [En línea]. Disponible: http://www.audiotechnology.com.au/wp/wp-content/uploads/2014/09/dB-RULER_v2.jpg.
- [43] Drip Electronics, «Opto series (LA2A),» 14 Junio 2014. [En línea]. Disponible: http://www.dripelectronics.com/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=120.
- [44] F. Vegas, «DIY Universal Audio (Teletronix) LA2A Compressor,» 2004. [En línea]. Disponible: http://www.recproaudio.com/diy_pro_audio/teletronix_la2a.htm.
- [45] Doctor ProAudio, «Conecciones Balanceadas y No balanceadas,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.doctorproaudio.com/content.php?135-conexiones-balanceadas-no-balanceadas>.

- [46] The TubeStore.com, «Electro-Harmonix 12AX7,» 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.thetubestore.com/Tubes/12AX7-ECC83-Tube-Types/Electro-Harmonix-12AX7-EH>.
- [47] Matthew, «LA2A day,» 13 Noviembre 2008. [En línea]. Disponible: <http://suspectdeviceaudio.com/tag/la2a/>.
- [48] AudioTechnology, «AudioTechnology - THE MAGAZINE FOR SOUND ENGINEERS & RECORDING MUSICIANS,» 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.audiotechnology.com.au/>.
- [49] R. Squire, «D.I.Y. VU,» 2012. [En línea]. Disponible: http://www.audiotechnology.com.au/PDF/TUTORIALS/AT51_DIY_VU.pdf.
- [50] C. Costa, «RecProAudio,» 11 Septiembre 2004. [En línea]. Disponible: http://www.recproaudio.com/diy_pro_audio/diy_files/la2a/la2a_heater_layout.jpg.
- [51] Fourier, «De Headroom va la cosa,» Hispasonic, 28 Noviembre 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.hispasonic.com/foros/headroom-va-cosa/234094>.
- [52] Jolal, «Phantom Power ¿Qué es y cuando se utiliza?,» ARTESONORO, 5 Junio 2012. [En línea]. Disponible: <http://www.artesonoro.com.mx/2012/06/phantom-power-que-es-y-cuando-se-utiliza.html>.

ANEXOS

Anexo A. Entrevista con el Ingeniero de Sonido Giovanni Bedoya Uribe.

Para complementar esta información, se entrevistó al Ingeniero en Audio, Músico de profesión y Productor musical Giovanni Bedoya Uribe el 2 de Septiembre de 2014 a las 15:30 hs en el municipio de Envigado.

Giovanni Bedoya es músico de la Escuela Superior tecnológica de artes Débora Arango, tiene especialización en audio y producción en el Berkeley College, especialización en la Escuela Fernando Sor y estudios con maestros privados. Tiene 10 años de experiencia trabajando con audio de manera profesional. Desde hace dos años trabaja en Beat Music (uno de los grandes estudios de grabación de Medellín) como jefe en la división de audio.

Se transcriben a continuación las preguntas y respuestas de la entrevista:

1. ¿Qué considera que tienen los mejores estudios de grabación del mundo en cuanto a hardware, que no posean el común de los estudios en Colombia y que determine una mejor calidad en cuanto a las producciones fonográficas?

“La mayoría de los estudios de gran formato a nivel internacional tienen como pieza central una consola y procesos análogos: **compresores**, preamplificadores extras, ecualizadores y demás; pero básicamente son equipos muy costosos, por lo cual **estas piezas análogas marcan una diferencia en sonoridad frente a plug-ins, DAW...** mientras que nosotros en Colombia estamos básicamente ligados a la tecnología digital y tenemos descuidada la parte analógica, se puede decir que esos estudios tienen mejores equipos análogos y eso marca la diferencia, una ‘pequeña’ gran diferencia y es que la mayoría de los equipos digitales tienen una fuente de poder a 16 voltios mientras que los equipos profesionales trabajan a 24 voltios y eso hace que el **Head Room**¹ de la señal sea menor entonces se logra saturar y llegar más rápido al nivel límite que los procesos usados ‘afuera’(internacionalmente)...**y eso no va a sonar nunca igual a uno de 24 voltios...**”

2. ¿Considera que el volumen y la sonoridad de las producciones en los estudios de grabación en Colombia se pueden mejorar, en comparación con las producciones norteamericanas y europeas?

“**Si**, es completamente mejorable, en cuanto al volumen es un tema comúnmente denominado ‘*The Loudness War*’ (La guerra del volumen), ahora no se trata de qué

¹ **Head Room**: margen de sobrecarga entre el nivel nominal y el nivel a partir del cual empieza a distorsionarse la señal. [51]

tan bien suene si no qué tan duro suene, lastimosamente esas son las reglas que puso el público y las empresas...es decir, pasamos de tener equipos de sonido buenos en las casas, a tener equipos de bolsillo de menos de medio dólar y todas las producciones tienen que sonar bueno ahí...entonces los estudios tienen que mandar las producciones con una carga de volumen tan grande que tienen que sonar 'bien' en esas miniaturizaciones. El volumen entonces se empezó a incrementar de manera exponencial hasta que ahora en el mundo digital se tienen unas 'barreras' o límites en cuanto a la consecución de mucho volumen, **es más fácil con equipo analógico llegar a esos niveles de volumen y de manera menos destructiva para la señal** que con los equipos digitales...**el equipo analógico nos da un poco más de rango...**"

3. ¿Cómo se puede mejorar ese volumen en una grabación?

"...los niveles de señal-ruido deben ser coherentes...la única manera para lograr esto es amplificando la señal de una manera constante y prudente sin ir destruyendo la señal, es decir, la señal sí se va a destruir, es el precio que hay que pagar por tener mucho volumen, a mayor volumen que se quiera, más se destruirá, pero se puede elegir cuánto, **para eso se usan los compresores y limitadores** que nos entregan una cantidad de volumen grande pero cuestan dinámica de la señal...Un **compresor** básicamente ayuda a controlar los picos o transientes de una señal, además, están otro tipo de compresores que además contienen un circuito de amplificación entonces se puede controlar la transiente y al mismo tiempo ganar más volumen..."

4. ¿Por qué es importante tener un dispositivo medidor o vúmetro analógico en un estudio?

"El vúmetro para un ingeniero de sonido experto es como el altímetro para el piloto, sin él se desnivela el avión y se va a tierra...nosotros estamos trabajando señales eléctricas, y la manera como se obtendrá más *head room* de la señal es algo completamente basado en su estado eléctrico, entonces es bueno tener un vúmetro que esté leyendo electricidad, es decir, un **vúmetro analógico**, es una herramienta **vital para el buen ingeniero de sonido**,...hay personas que pueden leer vúmetros digitales y está bien pero, vuelvo he insistido, estamos trabajando con electricidad en estado puro y la mejor manera de leer esa electricidad es con un vúmetro análogo..."

5. ¿Qué calibración considera que debe tener ese vúmetro para tener un proceso adecuado de guía en las grabaciones y por qué?

"Eso ha ido evolucionando, hace 20 ó 30 años lo que se buscaba era que el vúmetro no pasara del '0 dB', pero ahora con la guerra del volumen y el furor de sonar duro se tiene que pensar en otro tipo de escalas, entonces es como traer la escala digital a un vúmetro analógico. Nosotros tenemos un estándar hablando en RMS que es el **promedio de volumen que debe tener una grabación, las mezclas pueden**

estar hoy entre -15 dB a -11 dB RMS, y las masterizaciones finales entre -9 dB y -6 dB RMS, en ese rango debe estar la calibración en RMS....que es la forma como escuchamos los humanos, en picos..."

6. ¿Por qué considera que es mejor un compresor análogo que un *Plugin* compresor?

“Por el tema del *Head Room*, por el color, es decir, cada pieza de un compresor análogo es aleatoria, si hay un componente con un *performance* distinto que otro eso va a cambiar la ecuación de la forma en que opera el aparato, mientras que el *plugin* es un algoritmo matemático diseñado siempre de la misma manera, entonces **esa variable que nos puede brindar trabajar con tubos o transistores, que pueden en cualquier momento por el uso ‘madurar’ el sonido**, es algo como ‘místico’, eso **es lo que ayuda a colorear la señal**, algo que pasa con todo lo electrónico, lo que da ese ‘*plus*’ de usar un compresor análogo en lugar de un *plugin*...”

7. ¿Considera que un *plugin* en algún momento puede sonar mejor que un compresor análogo?

“No puede sonar mejor, pero puede llegar a sonar igual en algún momento, osea, un *plugin* lo que busca es llegar a sonar igual a los mejores compresores análogos, mas **No** mejor. Ahora, hay cosas que puede hacer un *plugin* que nunca podrá hacer un compresor análogo como compresores multibanda con filtros de ecualización, es algo que dentro del mundo análogo sería casi imposible por la cantidad de variables que hay, y que matemáticamente es posible con un *plugin*,...pero estamos en la onda de que **todos los *plugin* quieren emular el hardware: el compresor FET, el VCA, etc, es decir, quieren sonar como los equipos tradicionales...**”

8. ¿Por qué considera que es mejor un vúmetro real que un *plugin* vúmetro?

“...el vúmetro digital puede sonar casi igual que el análogo pero eso depende de las entradas de la conversión análogo digital que se tenga, si ésta es deficiente, **posiblemente los datos que entren al vúmetro digital no sean tan confiables como tener directamente el vúmetro conectado a la cadena análoga...**”

9. ¿Cuál es esa cadena, es decir, en qué momento se utiliza el vúmetro dentro de un proceso de grabación?

“...**en TODO**, en todas las etapas de la grabación, es decir, se utiliza un vúmetro para lograr un nivel de **grabación** óptimo entonces está un micrófono conectado al sistema de grabación, ese sistema de grabación conectado al vúmetro y el vúmetro a los parlantes y ahí se puede monitorear el nivel de grabación, que es un nivel más ‘bajito’; luego cuando se está **mezclando** igual, el vúmetro está al final de la cadena y muestra el consenso general de lo que se está midiendo; y luego esos digamos,

cien canales de audio que se tengan deben salir por un estéreo 'L y R' (canal izquierdo y canal derecho), que es lo que finalmente se está buscando, después de eso se llega a los parlantes...”

10. ¿Si el vúmetro está calibrado de acuerdo a los valores mencionados anteriormente, en qué puede eso contribuir a mejorar en la producción?

“A tener señales más estables y señales medidas, es como intentar construir una habitación que quede perfectamente cuadrada y no a ‘ojo’, el oído es una herramienta muy buena pero engañosa, porque pasados tres minutos se acostumbra a una presión sonora distinta, entonces por cualquier cosa el sistema está sonando más duro que antes pero el oído siente que está sonando bien, el vúmetro no, el vúmetro mide lo que tiene que medir entonces no falla...”

11. ¿En qué etapas de la producción se utiliza el compresor análogo?

“**SIEMPRE**, osea, si tú eres un ingeniero de sonido lo suficientemente hábil puedes usar el compresor desde la etapa de **grabación**, es decir, está el músico, luego un micrófono, luego ese micrófono va a un preamplificador y luego está el compresor que va al equipo de grabación. Cuando estás **mezclando** si se quiere se vuelve a comprimir una señal y se regraba luego; y cuando estás **masterizando** lo mismo, la señal completa va al compresor y se procesa, entonces **el compresor es una herramienta de primera mano en los estudios de grabación**;...y un detalle, hay compresores particulares como los **compresores ópticos que permiten funcionar como un preamplificador**, entonces se conecta el micrófono directamente al compresor haciendo una adaptación de *phantom power*¹ en caso de ser necesaria y esto ayuda a generar un color muy particular en las grabaciones, **ése es otro uso...**”

12. ¿Si tuviera todos sus equipos del estudio de grabación digitales y tuviera que elegir tener uno de ellos análogo, dentro de toda la cadena del sistema, cuál sería y por qué?

“...no escogería uno, tienen que ser dos, escogería un **Compresor VCA 1176** y escogería un **Compresor Óptico LA-2A**, esos dos compresores **fueron los que definieron la sonoridad de la música moderna**, ahí no hay discusión, y cualquier ingeniero (de sonido) del mundo lo va a decir...”

¹ **Phantom Power**: Alimentación fantasma, es la corriente eléctrica necesaria suministrada para que funcionen los micrófonos de condensador, porque necesitan una corriente que los polarice.
[52]

13. ¿Cuánto volumen y cuánta sonoridad se deben conseguir para lograr una buena producción?

“Hay niveles (volumen) de canciones en este momento que están sobre los **-5 dB RMS**, osea casi llegando al punto de la distorsión de una onda cuadrada, eso es mucho volumen, pero **un volumen decente está dentro de los -8 dB a -9 dB RMS de una producción masterizada comercial...**”

14. ¿Qué ingenieros conoce que consideren el compresor análogo y el vúmetro con calibración como herramientas que sirvan para mejorar sus producciones?

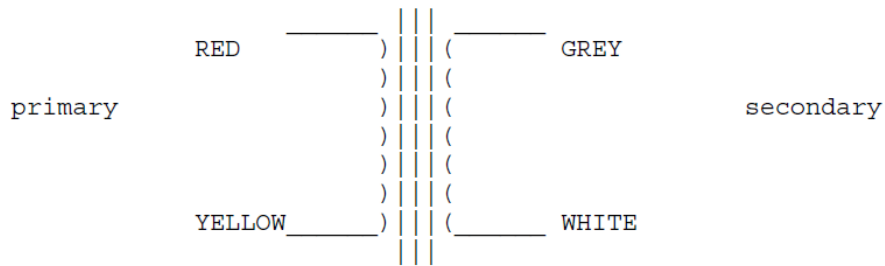
“...**para los ingenieros de ‘tope de gama’ los compresores y los vúmetros son herramientas de primera mano**, un ingeniero de ‘tope de gama’ que cobre \$8.000 dólares por mezcla tiene que tener un vúmetro general en su consola y un compresor óptico o el que sea, si se mira la lista del *gear* (equipo) que tienen los mejores ingenieros de sonido del mundo, en ella aparecen un vúmetro análogo para su consola y un compresor análogo ‘SÍ O SÍ’, es decir, **eso es UN ESTÁNDAR MUNDIAL...y si los estudios de grabación en Colombia quieren empezar a competir y perfilarse con esa calidad, deberían comenzar por ahí...**”

*Esta entrevista se encuentra grabada en un archivo magnético en un medio de soporte del autor.

Anexo B. Datasheets de los Componentes Electrónicos Utilizados

B1. Transformador de Salida Sowter 1290e

1290e



1290 Teletronix LA-2A 1968 15K/600 Line op.

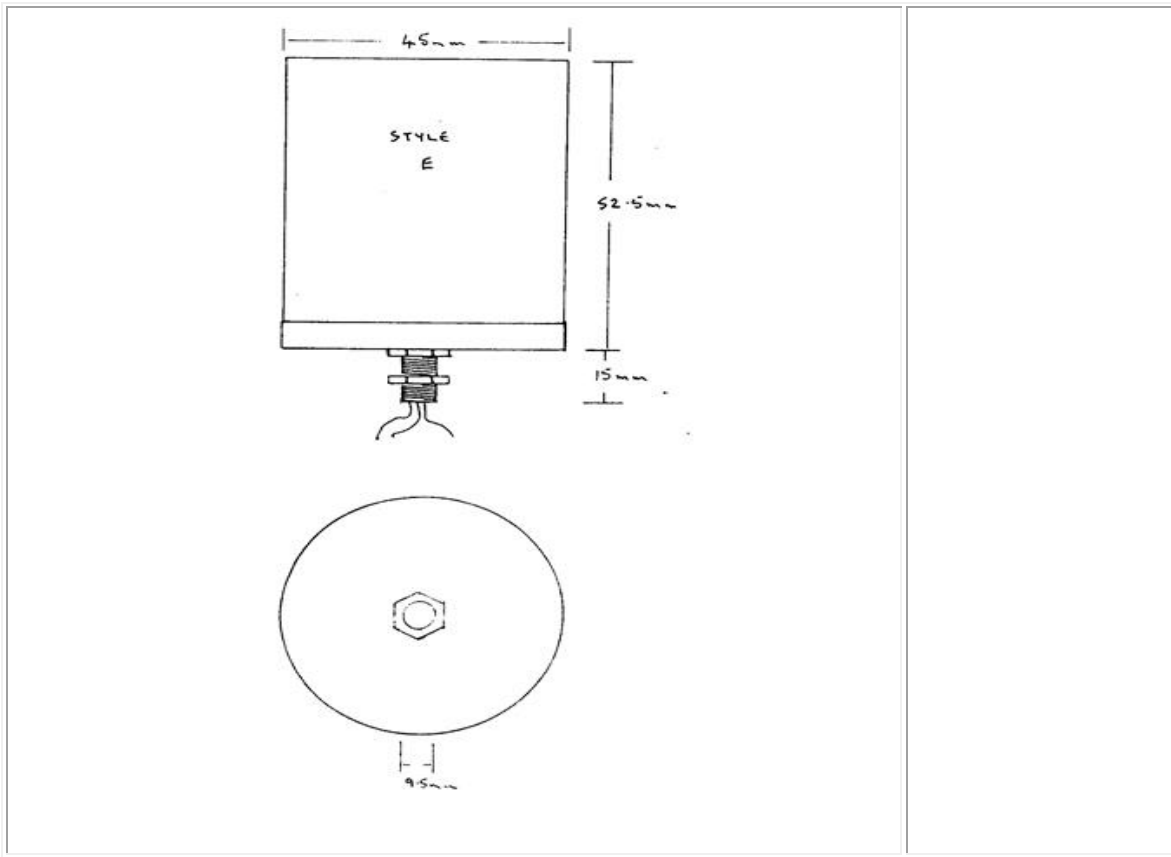
Ratio 5:1. 15k/600 ohms output transformer for driving balanced line from ac coupled cathode follower or SRPP circuit. Total dc resistance ref secondary 31 ohms. Colour coded leads and threaded grommet mounting. Max output level +30 dBu. 30% Mumetal core for exceptional bandwidth and dynamic range. Similar to UTC A24 and Triad HS-50 (in overall 5:1 configuration) but with improved bandwidth.

| | | |
|---|---|----------------------------------|
| <h2>Sowter Type 1290</h2> <p>AC coupled cathode follower Output Transformer for OPTO4/5 (LA-2A) Compressor.</p> | <p>PACKAGE OPTIONS</p> <p>Mumetal can with threaded grommet</p> | <p>Part Number</p> <p>1290-E</p> |
| | | |
| <p>APPLICATION For use in a high performance valve compressor/amplifier etc for driving a balanced line from an ac coupled cathode follower or SRPP circuit. Similar to UTC A24 and Triad HS-50 (in overall 5:1 configuration) but</p> | | |

with improved bandwidth. Introduced to provide a mumetal can option at reduced cost transformer option relative to our type 1010. Suitable for the Drip OPTO 4 and OPTO 5 (LA-2A) PCB.

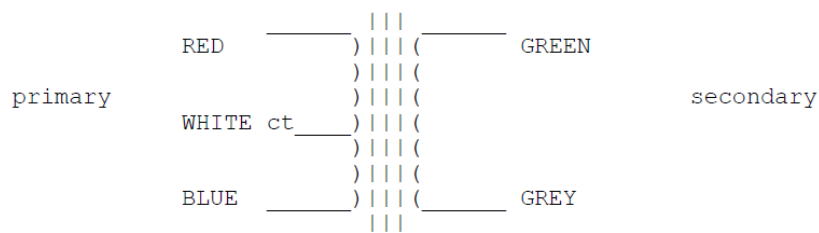
FEATURES Combination core using Mumetal 30% and high grade M6 Grain Oriented Silicon Iron (70%) for high level capability whilst ensuring minimal distortion particularly at mid and high frequencies. Exceptional bandwidth. Colour coded leads. Mounting with Threaded Grommet.

| | |
|---|--|
| RATIO | 5 : 1 |
| TOTAL HARMONIC DISTORTION at 1000Hz | 0.01% maximum |
| MAXIMUM OUTPUT LEVEL 0.5 % THD at 20 Hz | +24 dBu |
| MAXIMUM OUTPUT LEVEL 0.5 % THD at 50 Hz | +30 dBu |
| FREQUENCY RESPONSE 2kOhm source 600 ohm load | +/- 0.5 dB 10 Hz to 100 kHz typical |
| MAXIMUM PRIMARY DC per side | 0 mA |
| TOTAL DC RESISTANCE referred to secondary | 31 ohms |
| DIMENSIONS | 45 dia x 52.5 high. 15 mm below board. |



B2. Transformador de Entrada Sowter 1009

1009



1009 Teletronix LA-2A 1968 Input transformer

600 ohm to 50K input transformer ratio 1:9.1 Bandwidth -1.6 dB 20Hz to 20 kHz. Similar to UTC A10. Mumetal can with colour coded leads or PCB pins

B3. Atenuador Electro Óptico Kenetek T4B

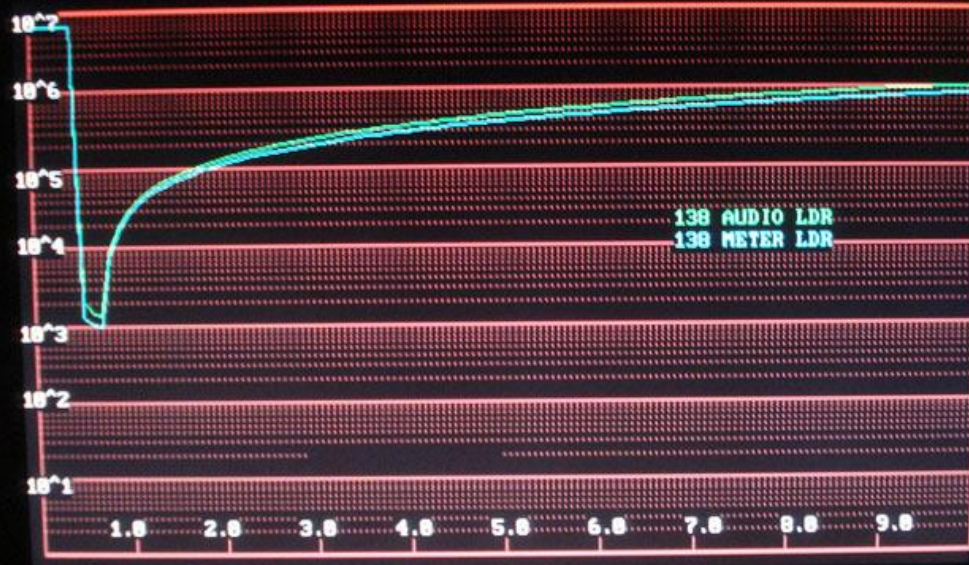
The Kenetek T4B is a direct, drop-in replacement for the Teletronix and Urei T4A, T4B and T4C opto-attenuator modules. The electroluminescent panel (EL panel) is custom built to our specifications and provides a smoother, more musical attenuation curve than T4B units from other vendors. T4B units built with these panels are much more musical and will restore the classic behavior of your LA-2A, LA-3A or BL-40. Your unit will be smoother and more versatile, and you will find it becomes a pleasure to use again.

Kenetek has been building, servicing and restoring Teletronix and Urei LA-2A Tube Limiters for 20 years. By necessity, we had to exhaustively research the components, materials, suppliers, construction and history of the T4B unit. We discovered that the modern EL panels built by the "Original Equipment Manufacturer" (which was at least four times removed from Grimes, the original manufacturer of the EL panel used in the original LA-2A and LA-3A units) has updated their materials and manufacturing techniques to provide a brighter, more efficient and reliable EL panel. You see, the primary use for their panels is for instrument lighting in aircraft. While the "improvements" they made may benefit pilots, they were actually detrimental to the performance of the opto-attenuator units used in LA-2A, LA-3A and BL-40 units. Modern panels have a much lower threshold voltage and put out more light at lower voltages than the original panels. The result is that opto-attenuator units using these panels exhibit a sharp knee at the threshold of compression, and the unit goes into heavy compression much sooner than the classic units. It is difficult to dial in the exact amount of compression desired, and the musicality and versatility of the compressor is diminished.

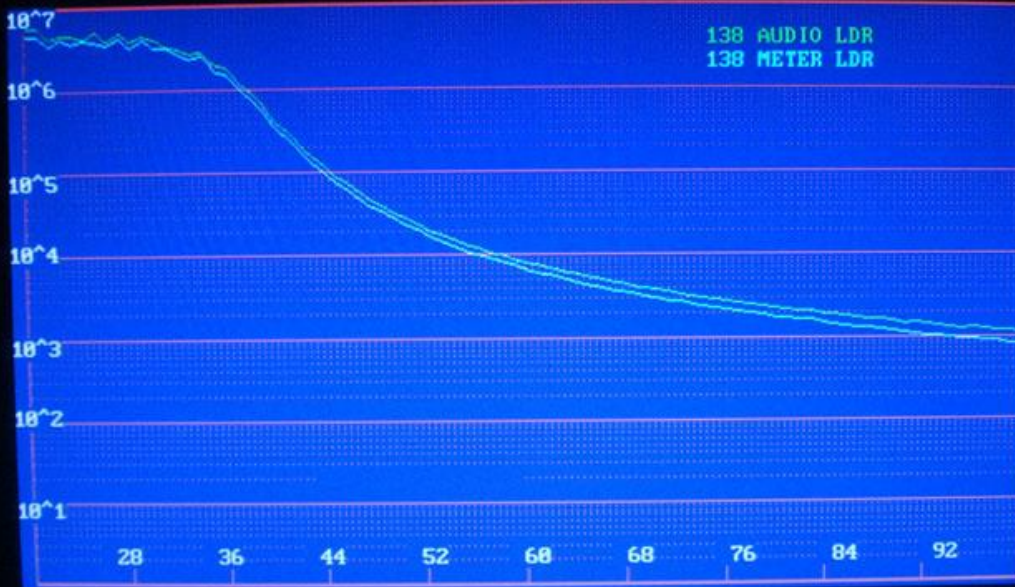
The Kenetek T4B is hand built from specially selected components and is guaranteed to be the most accurate T4B you can buy. The photocells, EL panels and finished units are graded and matched using our custom-built, computer-driven T4B tester, which gives us unmatched precision and accuracy when testing T4 units.



This screenshot compares two Kenetek T4B units, one built with the new Kenetek EL panel and the other built with an EL panel from the "OEM" supplier. This graph plots the resistance of the photocells dependent upon the voltage applied to the EL panel. Notice the difference in the shape of the two curves. The Kenetek EL panel responds much more gradually to the applied voltage, giving a softer, smoother knee. The OEM panel's response is much sharper, acting more like a brickwall limiter than a compressor. The difference is not subtle, and the Kenetek EL panel yields a much more musical compression curve.



This screenshot shows the results of the Pulse Test. A 1 kHz, 65 VRMS pulse is applied to the T4B and the resistance of the photocells is then measured for a total of 10 seconds. As you can see, the responses of the cells match almost exactly.



This screenshot shows the results of the Dynamic Range Test. The resistance of the photocells is measured while a 1 kHz signal is applied and varied from 0 to 100 volts peak. Once again, the cells are almost an exact match.

B4. Válvula Electro-Harmonix 12AX7EH.

ELECTRO-HARMONIX

12AX7EH
NEW SENSOR CORP.
tested by jcm

Drawing #
G1006
Drawn by:
jcm



The 12AX7EH is a dual high mu triode with a spiral filament and special construction to minimize microphonic behavior, ideal for replacement use in guitar amps and any place low noise and high gain is important.



| Pin # | description |
|-------|-------------|
| 1 | plate 2 |
| 2 | grid 2 |
| 3 | cathode 2 |
| 4,5,9 | heater |
| 6 | plate 1 |
| 7 | grid 1 |
| 8 | cathode 1 |

| Electrical Data | |
|--|--------------------------|
| Heater Voltage, not less than | 6.0 or 12.0 V |
| Heater Voltage, not more than | 6.6 or 13.2 V |
| Plate Voltage, not more than | 300 V |
| Heater to Cathode Voltage: | |
| positive, V not more than | 100 V |
| negative, V not less than | 200 V |
| Plate Current, not more than | 9 mA |
| Plate Dissipation, each triode, not more than | 1.0 watts |
| Maximum grid circuit resistance: | |
| fixed bias, not more than | 1 Mohm |
| self bias, not more than | 2.2 Mohm |
| Inter-electrode Capacitances: | |
| C, grid to plate | 1.6 pF (triode 1 and 2) |
| C, grid to cathode and heater | 1.6 pF (triode 1 and 2) |
| C, plate to cathode and heater | 0.44 pF (1) and 0.36 (2) |
| C, cathode to heater | 5.0 nF (nominal) |
| C, plate to plate | 520 pF |
| Measured Electrical minima: | |
| Grid reverse current, not more than (see note below) | 0.2 uA |
| Plate current, not less than (see note below) | 0.75 mA |
| Plate current (Ep= 250V, Ec= -4V) | 10 uA |
| Transconductance, not less than (see note below) | 1.4 mA/V |
| Amplification Factor, not less than (see note below) | 78 |
| Amplification Factor (nominal) | 92 |
| Transconductance (nominal) | 1.7 mA/V |
| Plate Resistance (nominal) | 64.1 K OHM |
| Max Neg. Grid Voltage | 55 V |
| Max Pos. Grid Voltage | 0 V |
| Max Cold Voltage | 600 V |

NOTE: heater V, 12.6vac; plate V, 250v; grid bias, -2v; grid circuit resistance, 1K ohm

B5. Válvula Electro Harmonix 12B7EH

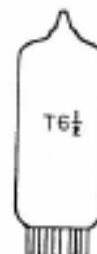
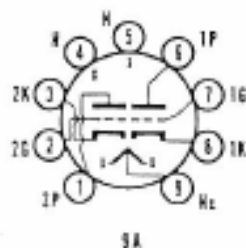
ELECTRO-HARMONIX

12BH7EH

AF VOLTAGE AMPLIFIER

Double Low Mu Triode

Construction Miniature T-6½
 Base Button 9 Pin, E9-1
 Basing⁽²⁾ 9A
 Outline 6-3
 Maximum Diameter 0.875 In.
 Maximum Seated Height 2.375 In.
 Maximum Overall Height 2.625 In.



ELECTRICAL DATA

HEATER OPERATION

| | |
|--|----------------|
| Heater Voltage..... | 12.6/6.3 Volts |
| Heater Current | 300/600 Ma |
| Heater Warm-up Time ⁽¹⁾ | 11 Seconds |
| Maximum Heater-Cathode Voltage | |
| Heater Negative with Respect to Cathode | |
| Total DC and Peak..... | 200 Volts |
| Heater Positive with Respect to Cathode | |
| DC | 100 Volts |
| Total DC and Peak..... | 200 Volts |

DIRECT INTERELECTRODE CAPACITANCES (Unshielded)

| | Section 1 ⁽²⁾ | Section 2 |
|----------------------|--------------------------|-----------|
| Grid to Plate | 2.6 | 2.5 Pf |
| Input | 3.2 | 3.2 Pf |
| Output | 0.5 | 0.4 Pf |
| Plate to Plate | | Pf |
| | 0.8 | |

RATINGS (Design Center Rating System)

| | Class A1 Amplifier |
|---|---------------------------|
| Plate Voltage (Max.) | 300 Volts |
| Peak Positive Plate Voltage (Abs. Max.) | — Volts |
| Plate Dissipation (Each Plate) (Max.) | 3.5 Watts |
| Peak Negative Pulse Grid Voltage (Max.) | — Volts |
| Average Cathode Current (Each Section) | 20 Ma |
| Peak Cathode Current (Max.) | — Ma |
| Grid Circuit Resistance | |
| Fixed Bias (Max.) | 0.25 Megohm |
| Cathode Bias (Max.) | 1.0 Megohms |

CHARACTERISTICS AND TYPICAL OPERATION

Class A1 Amplifier

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Plate Voltage | 250 Volts |
| Grid Voltage | -10.5 Volts |
| Plate Current | 11.5 Ma |
| Transconductance | 3100 μmhos |
| Amplification Factor | 16.5 |
| Grid Voltage for Ib = 50 μa..... | -23 Volts |
| Plate Resistance (Approx.) | 5300 Ohms |

B6. Válvula 6AQ5A

TUNG-SOL

BEAM PENTODE MINIATURE TYPE

COATED UNIPOTENTIAL CATHODE

HEATER

6.3 VOLTS 0.45 AMP.
AC OR DC

ANY MOUNTING POSITION



GLASS BULB



BOTTOM VIEW
MINIATURE BUTTON
7 PIN BASE

782

THE 6AQ5 AND 6AQ5A ARE BEAM POWER AMPLIFIERS USING THE 7 PIN MINIATURE CONSTRUCTION. THEY ARE DESIGNED FOR SERVICE IN TELEVISION RECEIVERS WHERE HIGH POWER SENSITIVITY AND HIGH POWER OUTPUT IS DESIRED. THERMAL CHARACTERISTICS OF THE HEATER OF THE 6AQ5A ARE CONTROLLED SUCH THAT HEATER VOLTAGE SURGES DURING THE WARM-UP CYCLE ARE MINIMIZED PROVIDED IT IS USED WITH OTHER TYPES WHICH ARE SIMILARLY CONTROLLED. EXCEPT FOR THE CONTROLLED HEATER WARM-UP TIME OF THE 6AQ5A, THE TUBES ARE IDENTICAL.

DIRECT INTERELECTRODE CAPACITANCES — APPROX. ←

WITH NO EXTERNAL SHIELD

| | | |
|------------------|-----|-----|
| GRID #1 TO PLATE | 0.4 | μμf |
| INPUT | 8.0 | μμf |
| OUTPUT | 8.5 | μμf |

RATINGS

INTERPRETED ACCORDING TO DESIGN MAXIMUM SYSTEM

CLASS A₁ AMPLIFIER

| | | |
|--|-------|---------|
| HEATER VOLTAGE | 6.3 | VOLTS |
| MAXIMUM PEAK HEATER-CATHODE VOLTAGE: HEATER NEGATIVE WITH RESPECT TO CATHODE TOTAL DC AND PEAK | 200 | VOLTS |
| HEATER POSITIVE WITH RESPECT TO CATHODE DC | 100 | VOLTS |
| TOTAL DC AND PEAK | 200 | VOLTS |
| MAXIMUM PLATE VOLTAGE | 275 ← | VOLTS |
| MAXIMUM GRID #2 VOLTAGE | 275 ← | VOLTS |
| MAXIMUM PLATE DISSIPATION | 12 | WATTS |
| MAXIMUM GRID #2 INPUT | 2 | WATTS |
| MAXIMUM BULB TEMPERATURE (AT HOTTEST POINT ON BULB SURFACE) ^A | 250 | °C |
| MAXIMUM GRID #1 CIRCUIT RESISTANCE: FIXED BIAS OPERATION | 0.1 | MEGΩMS |
| CATHODE BIAS OPERATION | 0.5 | MEGΩMS |
| HEATER WARM-UP TIME (APPROX.) [*] (6AQ5A ONLY) | 11.0 | SECONDS |

^A HIGH AMBIENT TEMPERATURE AND SHIELDING MAY NECESSITATE A REDUCTION IN OPERATING DISSIPATION. WHEN TUBE SHIELDS ARE USED, IT IS ADVISABLE TO PAINT THE INSIDE AND OUTSIDE SURFACES OF THE TUBE SHIELD A DULL BLACK AND TO PROVIDE VENTILATION SLOTS TO REDUCE OPERATING TEMPERATURE.

^{*} HEATER WARM-UP TIME IS DEFINED AS THE TIME REQUIRED FOR THE VOLTAGE ACROSS THE HEATER TO REACH 80% OF ITS RATED VOLTAGE AFTER APPLYING 1/2 TIMES RATED HEATER VOLTAGE TO A CIRCUIT CONSISTING OF THE TUBE HEATER IN SERIES WITH A RESISTANCE OF VALUE 3 TIMES THE NOMINAL HEATER OPERATING RESISTANCE.

CONTINUED ON FOLLOWING PAGE

TUNG-SOL

RATINGS - CONT'D.
INTERPRETED ACCORDING TO DESIGN MAXIMUM SYSTEM

VERTICAL DEFLECTION AMPLIFIER^{B,C*} GRID #2 CONNECTED TO PLATE

| | | |
|---|------|-------|
| HEATER VOLTAGE | 6.3 | VOLTS |
| MAXIMUM DC PLATE VOLTAGE | 275 | VOLTS |
| MAXIMUM PEAK POSITIVE PLATE VOLTAGE (ABS. MAX.) | 1100 | VOLTS |
| MAXIMUM PLATE DISSIPATION ^D | 10 | WATTS |
| MAXIMUM PEAK NEGATIVE GRID #1 VOLTAGE | 275 | VOLTS |
| MAXIMUM AVERAGE CATHODE CURRENT | 40 | MA. |
| MAXIMUM PEAK CATHODE CURRENT | 115 | MA. |
| MAXIMUM BULB TEMPERATURE (AT HOTTEST POINT) | 250 | °C |

TYPICAL OPERATING CONDITIONS AND CHARACTERISTICS

CLASS A₁ AMPLIFIER^E

| | | | |
|--|--------|--------|---------|
| HEATER VOLTAGE | 6.3 | 6.3 | VOLTS |
| HEATER CURRENT | 0.45 | 0.45 | AMP. |
| PLATE VOLTAGE | 180 | 250 | VOLTS |
| GRID #2 VOLTAGE | 180 | 250 | VOLTS |
| GRID #1 VOLTAGE | -8.5 | -12.5 | VOLTS |
| PEAK AF GRID #1 VOLTAGE | 8.5 | 12.5 | VOLTS |
| ZERO-SIGNAL PLATE CURRENT | 29 | 45 | MA. |
| MAXIMUM SIGNAL PLATE CURRENT | 30 | 47 | MA. |
| ZERO-SIGNAL GRID #2 CURRENT [APPROX.] | 3 | 4.5 | MA. |
| MAXIMUM SIGNAL GRID #2 CURRENT [APPROX.] | 4 | 7 | MA. |
| PLATE RESISTANCE [APPROX.] | 58 000 | 52 000 | OHMS |
| TRANSCONDUCTANCE | 3 700 | 4 100 | MUMOS |
| LOAD RESISTANCE | 5 500 | 5 000 | OHMS |
| TOTAL HARMONIC DISTORTION | 8 | 8 | PERCENT |
| MAXIMUM SIGNAL POWER OUTPUT | 2.0 | 4.5 | WATTS |

^E SINGLE TUBE.

AVERAGE CHARACTERISTICS - TRIODE CONNECTED^B

| | | |
|---|-------|-------|
| PLATE VOLTAGE | 250 | VOLTS |
| GRID VOLTAGE | -12.5 | VOLTS |
| PLATE CURRENT | 49.5 | MA. |
| TRANSCONDUCTANCE | 4800 | MUMOS |
| AMPLIFICATION FACTOR | 9.5 | |
| PLATE RESISTANCE [APPROX.] | 1970 | OHMS |
| GRID VOLTAGE [APPROX.] FOR I _b ⁰ =0.5 MA. | -37 | VOLTS |

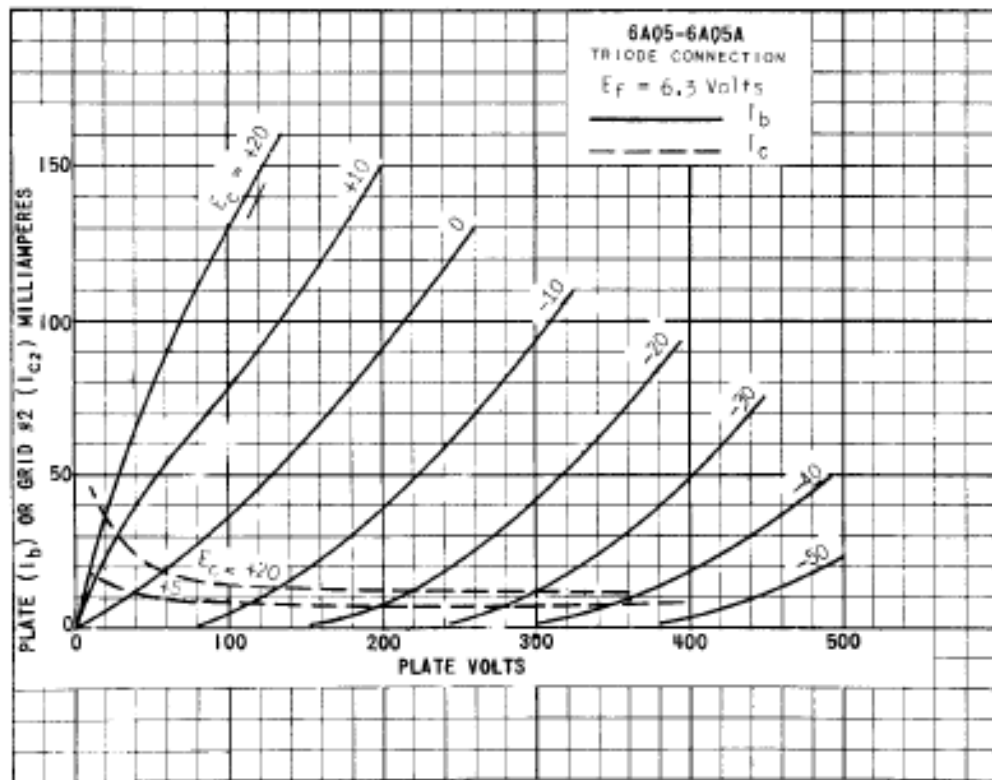
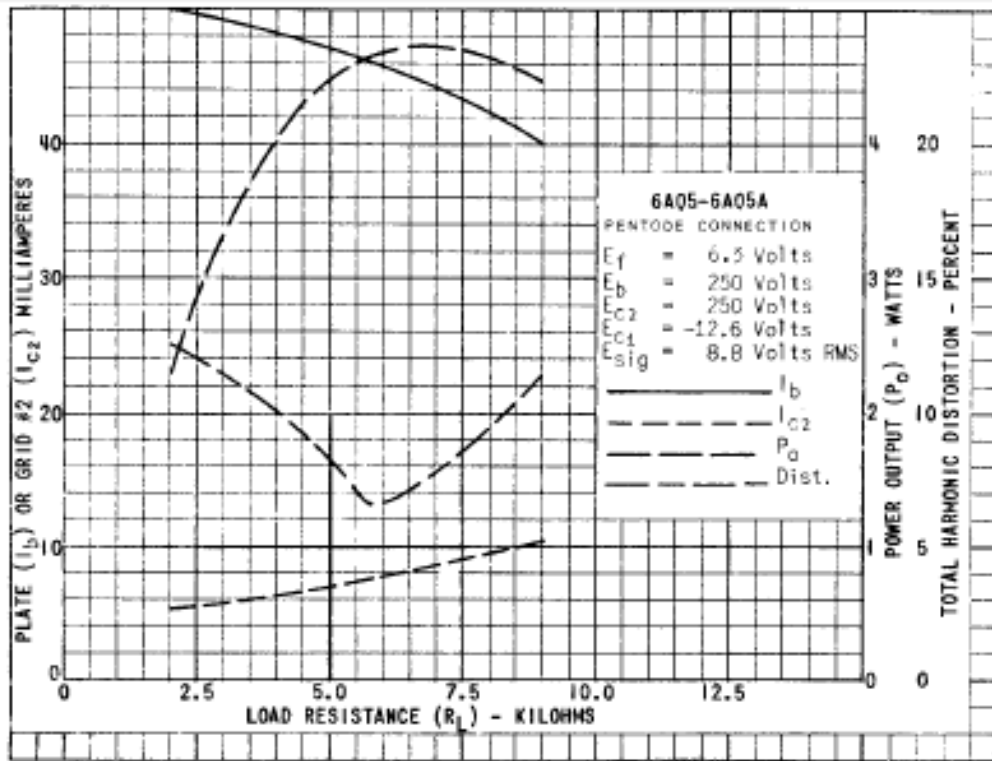
^B FOR OPERATION IN A 525-LINE, 30-FRAME SYSTEM AS DESCRIBED IN "STANDARDS OF GOOD ENGINEERING PRACTICE FOR TELEVISION BROADCAST STATIONS; FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION", THE DUTY CYCLE OF THE VOLTAGE PULSE MUST NOT EXCEED 1% OF ONE SCANNING CYCLE.

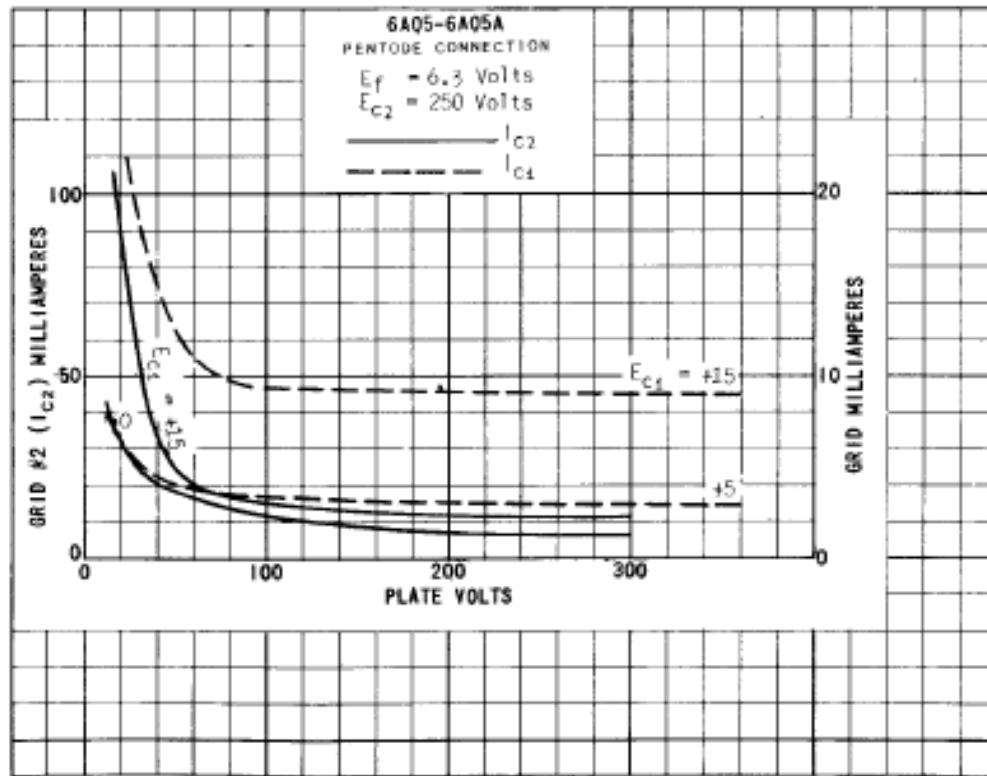
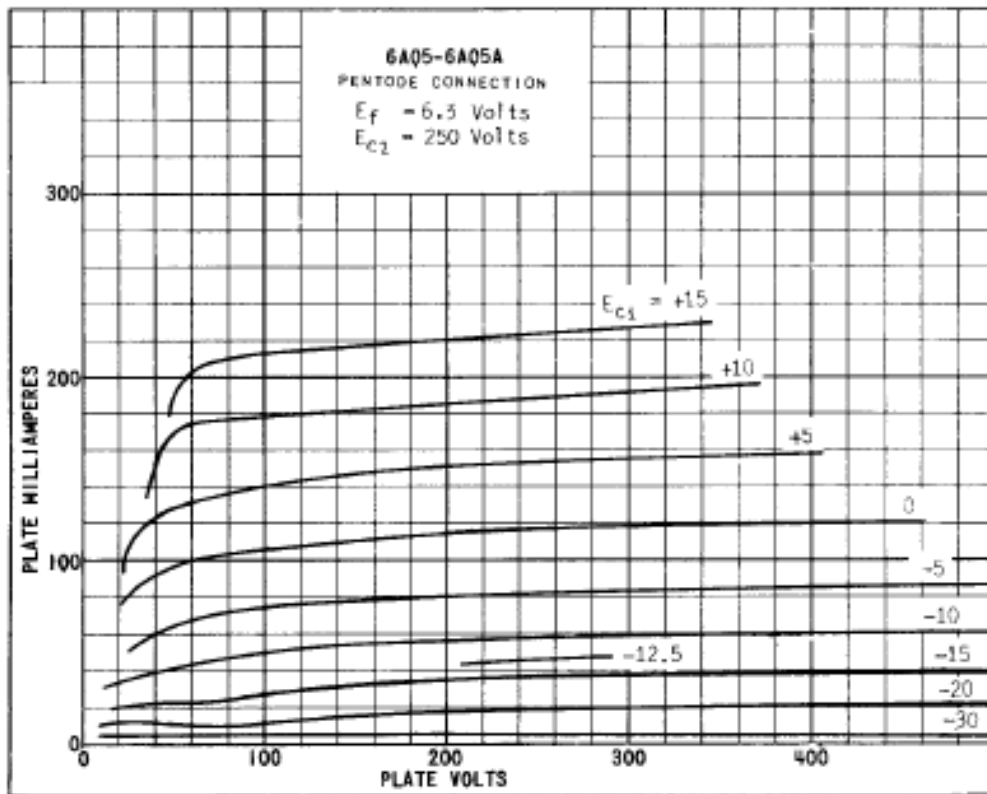
^C TRIODE CONNECTED.

^D IN STAGES OPERATING WITH GRID LEAK BIAS, AN ADEQUATE CATHODE BIAS RESISTOR OR OTHER SUITABLE MEANS IS REQUIRED TO PROTECT THE TUBE IN THE ABSENCE OF EXCITATION.

* INDICATES AN ADDITION.

→ INDICATES A CHANGE.





B7. VU Meter 12V Lamp 8037 Hairball Audio

A great VU meter for your FET compressor builds. Quality VU meter build to our strict standards and featuring a custom retro scale.

Specs:

Configured to read 0db at 1.228V through an external 3.6k resistor +/- 10%

Internal Resistance: 3.9K ohms +/- 10%

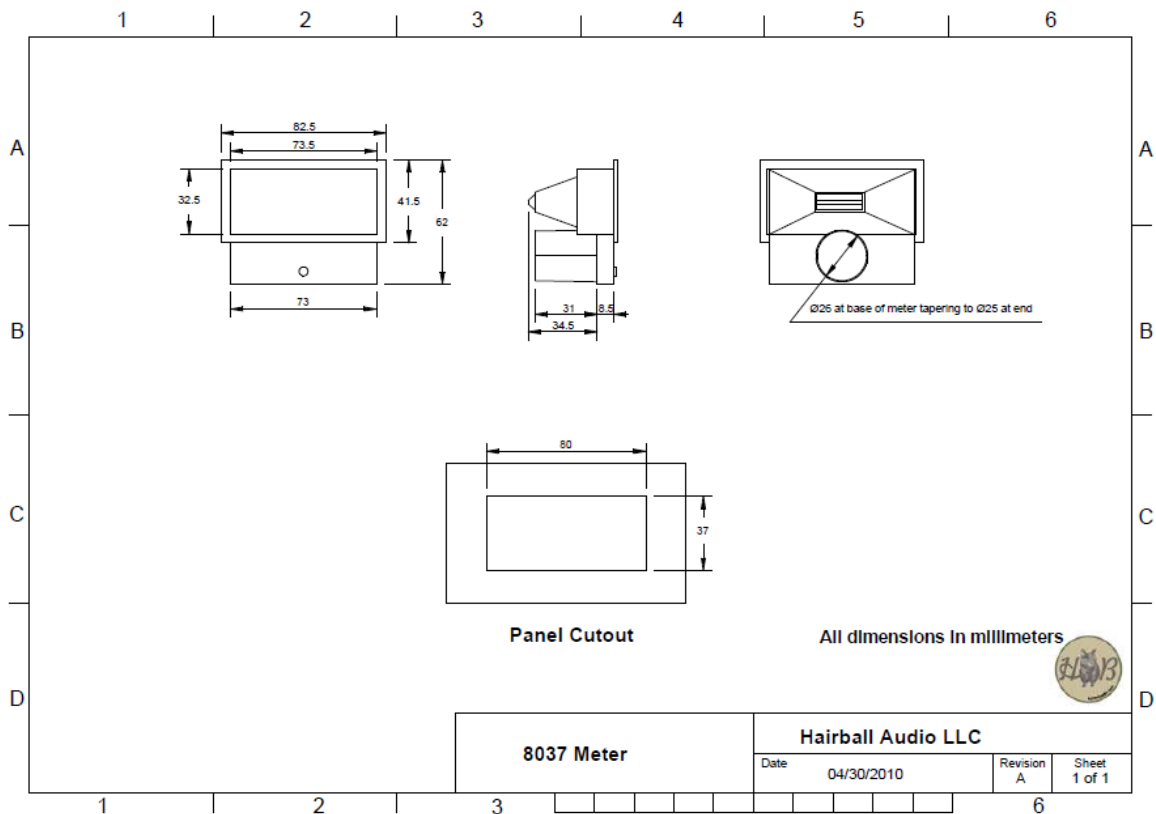
Built in germanium diode bridge rectifier

80mm x 37mm cutout

Lamp box included w/ 12V lamp

Mounting hardware included

Cutout and Dimensional Info:

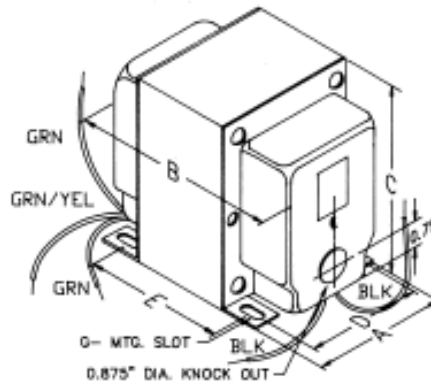


B8. Transformador Hammond 369JX



"CLASSIC" ENCLOSED PLATE & FILAMENT

- Universal Primary, 100, 110, 120, 200, 220, 240 VAC, 50/60 Hz.
- H.V. DC current measured with full wave C.T. rectifier and capacitor input filter.
- Concentric wound windings for low stray field and low noise.
- Includes bias tap (50 VAC) from high voltage C.T.
- Enclosed, 4 hole chassis mount.
- Minimum 6" long leads.
- Class A insulation (105 degrees C).
- Hi-Pot test of 2,000V RMS.
- Conservative designs - CSA certified (# LR3902).
- P/N 300BX designed for use with 300B tube designs and the 302AX designed for 2A3 tube designs

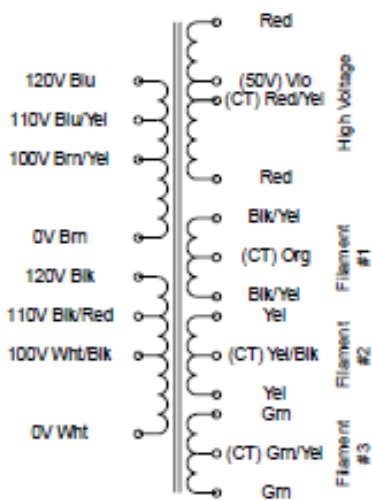


Dimension Table

| Mtg. Style | Dimensions | | | | | G-Mtg. Slot |
|------------|------------|------|------|------|------|-------------|
| | A | B | C | D | E | |
| X6 | 2.50 | 2.75 | 3.06 | 2.00 | 1.69 | .203 X .38 |
| X7 | 2.50 | 3.00 | 3.06 | 2.00 | 1.94 | .203 X .38 |
| X10 | 3.13 | 3.50 | 3.81 | 2.50 | 2.19 | .203 X .38 |
| X11 | 3.13 | 3.75 | 3.81 | 2.50 | 2.44 | .203 X .38 |
| X13 | 3.75 | 4.00 | 4.56 | 3.00 | 2.81 | .203 X .38 |
| X14 | 3.75 | 4.50 | 4.56 | 3.00 | 3.34 | .203 X .38 |
| X15 | 3.75 | 5.00 | 4.56 | 3.00 | 3.81 | .203 X .38 |
| X20 | 3.13 | 4.25 | 3.81 | 2.50 | 2.94 | .203 X .38 |
| X21 | 4.38 | 6.00 | 5.50 | 3.50 | 3.54 | .203 X .38 |
| X22 | 3.75 | 3.06 | 4.56 | 3.00 | 3.06 | .203 X .38 |

Transformer Schematic

| Cat. No. | Total Power (VA) | Secondary | | Bias Tap (VAC) | Filament #1 (VAC) | Filament #2 (VAC) | Filament #3 (VAC) | Dim. Ref. |
|--------------|------------------|-----------|------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| | | (R.M.S.) | D.C. (ma.) | | | | | |
| 300BX | 280 | 400-0-400 | 250 | 50 | 5V ct @ 1.2A | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 6A | X15 |
| 302AX | 198 | 300-0-300 | 200 | 50 | 2.5V CT @ 2.5A | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 6A | X13 |
| 363CX | 119 | 180-0-180 | 250 | 50 | 5V ct @ 3A | - | - | X11 |
| 369AX | 40 | 125-0-125 | 100 | 50 | 6.3V ct @ 2A | - | - | X6 |
| 369BX | 39 | 150-0-150 | 75 | 50 | 6.3V ct @ 2A | - | - | X6 |
| 369EX | 45 | 190-0-190 | 65 | 50 | 6.3V ct @ 2.5A | - | - | X6 |
| 369GX | 50 | 225-0-225 | 65 | 50 | 6.3V ct @ 2.5A | - | - | X6 |
| 369JX | 50 | 250-0-250 | 60 | 50 | 6.3V ct @ 2.5A | - | - | X6 |
| 370AX | 44 | 240-0-240 | 50 | 50 | 6.3V ct @ 2.5A | - | - | X6 |
| 370BX | 55 | 275-0-275 | 50 | 50 | 5V ct @ 2A | 6.3V ct @ 2A | - | X7 |
| 370FX | 142 | 275-0-275 | 150 | 50 | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 5A | - | X20 |
| 370HX | 180 | 275-0-275 | 200 | 50 | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 6A | - | X20 |
| 372BX | 98 | 300-0-300 | 100 | 50 | 5V ct @ 2A | 6.3V ct @ 3A | - | X10 |
| 372FX | 150 | 300-0-300 | 150 | 50 | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 5A | - | X20 |
| 372JX | 243 | 300-0-300 | 250 | 50 | 5V ct @ 4A | 6.3V ct @ 8A | - | X14 |
| 373BX | 187 | 350-0-350 | 175 | 50 | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 5A | - | X13 |
| 373X | 125 | 350-0-350 | 110 | 50 | 5V ct @ 2A | 6.3V ct @ 4A | - | X11 |
| 374BX | 200 | 375-0-375 | 175 | 50 | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 6A | - | X13 |
| 378CX | 465 | 400-0-400 | 465 | 50 | 6.3V ct @ 6A | - | - | X21 |
| 378X | 237 | 400-0-400 | 200 | 50 | 5V ct @ 3A | 6.3V ct @ 6A | - | X22 |



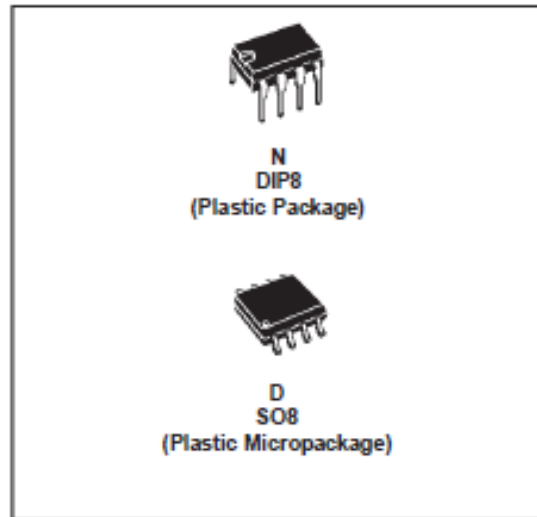
B9. Amplificador Operacional TL072 J-FET de Bajo Ruido



TL072
TL072A - TL072B

LOW NOISE J-FET DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE COMMON-MODE (UP TO V_{CC}^+) AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGE
- LOW INPUT BIAS AND OFFSET CURRENT
- LOW NOISE $e_n = 15\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (typ)
- OUTPUT SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- HIGH INPUT IMPEDANCE J-FET INPUT STAGE
- LOW HARMONIC DISTORTION : 0.01% (typ)
- INTERNAL FREQUENCY COMPENSATION
- LATCH UP FREE OPERATION
- HIGH SLEW RATE : $16\text{V}/\mu\text{s}$ (typ)

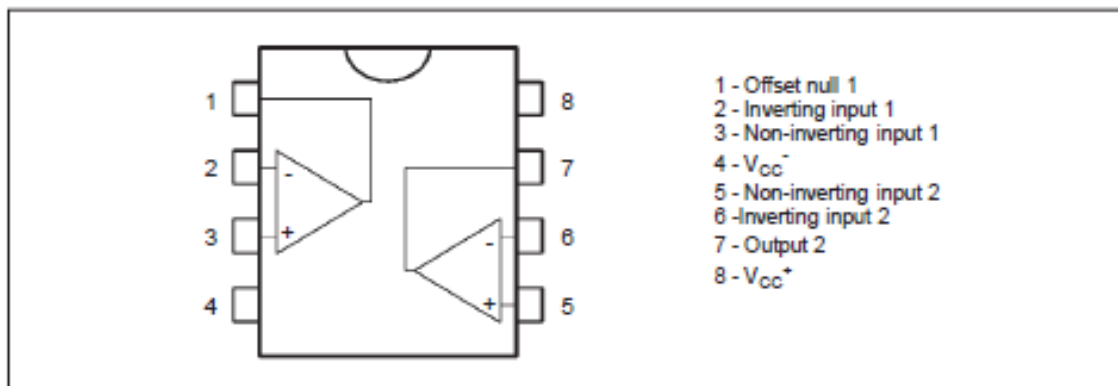


DESCRIPTION

The TL072, TL072A and TL072B are high speed J-FET input dual operational amplifiers incorporating well matched, high voltage J-FET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

The devices feature high slew rates, low input bias and offset current, and low offset voltage temperature coefficient.

PIN CONNECTIONS (top view)



ORDER CODE

| Part Number | Temperature Range | Package | |
|--------------|-------------------|---------|---|
| | | N | D |
| TL072M/AM/BM | -55°C, +125°C | • | • |
| TL072I/AI/BI | -40°C, +105°C | • | • |
| TL072C/AC/BC | 0°C, +70°C | • | • |

Example : TL072CN

N = Dual In Line Package (DIP)
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)

B10. Diodo Schottky BAT85



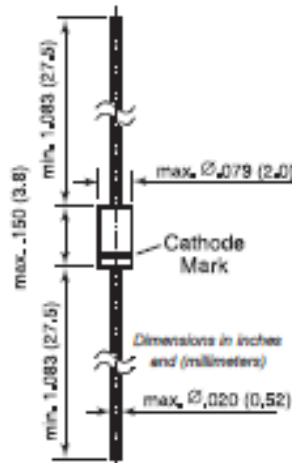
BAT85

Vishay Semiconductors
formerly General Semiconductor

Schottky Diode



DO-204AH (DO-35 Glass)



Features

- For general purpose applications.
- This diode features low turn-on voltage. This device is protected by a PN junction guard ring against excessive voltage, such as electrostatic discharge.
- This diode is also available in the MiniMELF case with type designation BAS85.

Mechanical Data

Case: DO-35 Glass Case

Weight: approx. 0.13g

Packaging Codes/Options:

D7/10K per 13" reel (52mm tape), 20K/box

D8/10K per Ammo tape (52mm tape), 20K/box

Maximum Ratings & Thermal Characteristics Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

| Parameter | Symbol | Value | Unit |
|--|-----------------|--------------------|---------------------------|
| Continuous Reverse Voltage | V_R | 30 | V |
| Forward Continuous Current at $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ | I_F | 200 ⁽¹⁾ | mA |
| Peak Forward Current at $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ | I_{FM} | 300 ⁽¹⁾ | mA |
| Surge Forward Current at $t_p < 1s$, $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ | I_{FSM} | 600 ⁽¹⁾ | mA |
| Power Dissipation at $T_{amb} = 65^\circ\text{C}$ | P_{tot} | 200 ⁽¹⁾ | mW |
| Thermal Resistance Junction to Ambient Air | $R_{\theta JA}$ | 430 ⁽¹⁾ | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |
| Maximum Junction Temperature | T_J | 125 | $^\circ\text{C}$ |
| Ambient Operating Temperature Range | T_A | -65 to +125 | $^\circ\text{C}$ |
| Storage Temperature Range | T_S | -65 to +150 | $^\circ\text{C}$ |

Electrical Characteristics ($T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

| Parameter | Symbol | Test Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|---|-------------|--|-----|-----|---------------------------------|---------------|
| Reverse Breakdown Voltage | $V_{(BR)R}$ | $I_R = 10\mu\text{A}$ (pulsed) | 30 | — | — | V |
| Leakage Current | I_R | $V_R = 25\text{V}$ | — | — | 2 | μA |
| Forward Voltage Pulse Test $t_p < 300\mu\text{s}$, $\delta < 2\%$ | V_F | $I_F = 0.1\text{mA}$ $I_F = 1\text{mA}$ $I_F = 10\text{mA}$ $I_F = 30\text{mA}$ $I_F = 100\text{mA}$ | — | — | 0.24 0.32 0.4 — 0.8 | V |
| Capacitance | C_{out} | $V_R = 1\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$ | — | — | 10 | pF |
| Reverse Recovery Time | t_{rr} | $I_F = 10\text{mA}$ to $I_R = 10\text{mA}$ to $I_R = 1\text{mA}$ | — | — | 5 | ns |

Note: (1) Valid provided that leads at a distance of 4mm from case are kept at ambient temperature

B11. Vúmetro Nissei Sifam AL29WF



SIFAM AUDIO LEVEL METERS

A lower cost alternative to the standard range of Sifam full specification VU meters. The specification for the AL range is based on BS6840 : Part 17, IEC 268-17 : 1990, but does not fully meet the dynamic range characteristics.

The AL-WF meters are suitable for rear of panel mounting, together with bezel, with a rear zero adjust and tab terminals as standard, except for AL20SQ which is front-mounted. Top illumination kits are available as optional accessories. Front-of-panel mounting versions are available to special order.

AL20SQ, which is a front-mounted, 'vintage' look meter, with rounded corner bezel, comes complete with 150mm flying leads and illumination.

The AL-RETRO meters are suitable for front of panel mounting, and feature the distinctive 'vintage retro' stylings of the AL20SQ. The casing is black ABS, with beige scale, with a rear zero adjust and 12V LED illumination as standard. AL15 has flying leads, AL19 has 6.3mm tab terminals.

| Type | Panel cutout | Bezel | Depth from front of panel |
|------------|---------------|-----------------|---------------------------|
| AL19WF | 47mm x 24mm | 49mm x 27mm | 41mm |
| AL29WF | 80mm x 37mm | 83mm x 42mm | 43mm |
| AL39WF | 98mm x 46mm | 101mm x 51mm | 44mm |
| AL20SQ | 55mm dia. | 57.1mm x 57.1mm | 40.2 mm |
| AL15-Retro | 27mm diameter | 36.5mm x 36.5mm | 32.8mm |
| AL19-Retro | 27mm diameter | 46.3mm x 42.3mm | 31.0mm excl. tabs |

- 58-381 SIFAM AUDIO LEVEL METER AL19WF
- 58-382 SIFAM AUDIO LEVEL METER AL29WF
- 58-383 SIFAM AUDIO LEVEL METER AL39WF
- 58-379 SIFAM AUDIO LEVEL METER AL20SQ-Retro
- 58-398 SIFAM AUDIO LEVEL METER AL15-Retro
- 58-399 SIFAM AUDIO LEVEL METER AL19-Retro
- 58-384 SIFAM ILLUMINATION KIT Festoon lamp type, for AL19WF meters (with 12V lamp)
- 58-385 SIFAM ILLUMINATION KIT Festoon lamp type, for AL29WF meter (with 12V lamp)
- 58-386 SIFAM ILLUMINATION KIT Festoon lamp type, for AL39WF meters (with 12V lamp)

UK Sales - tel 0191 418 1122
 fax 0191 418 1123
 sales@canford.co.uk

International Sales - tel +44 191 418 1133
 fax +44 191 418 1134
 international@canford.co.uk

Tech Support - tel 0191 418 1144
 fax 0191 418 1145
 techsupport@canford.co.uk

B12. Fuente Suichada Mean Well GE12I12-P1J



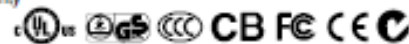
10 ~ 15W AC-DC Single Output Interchangeable Wall-mounted type

GE12 series



Features :

- Interchangeable AC plugs (plug kit sold separately)
- Universal AC input / Full range
- No load power consumption: 0.3W
- ErP step2 compliant
- Meet EISA 2007 (Energy Independence and Security Act) for 5-24V
- Class II power (without earth pin)
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Fully enclosed plastic case
- LED indicator for power on
- Pass LPS
- Approvals: UL / CUL / TUV / CCC / CB / FCC / CE / C-Tick
- 2 years warranty



AC INLET PLUG

| TYPE | | | | | |
|-----------|-----------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | Australian type | UK type | European type | US type | Mix four type |
| ORDER NO. | AC plug-AU | AC plug-UK | AC plug-EU | AC plug-US | AC plug-MIX |

SPECIFICATION

| POWER SUPPLY MAINS BODY ORDER NO. | GE12[05-PI-J] | GE12[07-PI-J] | GE12[09-PI-J] | GE12[12-PI-J] | GE12[15-PI-J] | GE12[18-PI-J] | GE12[24-PI-J] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|------------------------------|---|------|----|-----|-----|-----|-------------------|-------------------------|---|-------|-------|------|------|-------|------------|------------------------------|--|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|---|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| OUTPUT | <table border="1"> <thead> <tr> <th>SAFETY MODEL NO.</th> <th>FRA012-S05-[</th> <th>FRA012-S07-[</th> <th>FRA012-S09-[</th> <th>FRA012-S12-[</th> <th>FRA012-S15-[</th> <th>FRA012-S18-[</th> <th>FRA012-S24-[</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DC VOLTAGE ^{Note.2}</td> <td>5V</td> <td>7.5V</td> <td>9V</td> <td>12V</td> <td>15V</td> <td>18V</td> <td>24V</td> </tr> <tr> <td>RATED CURRENT</td> <td>2.0A</td> <td>1.33A</td> <td>1.33A</td> <td>1.0A</td> <td>0.8A</td> <td>0.83A</td> <td>0.625A</td> </tr> <tr> <td>CURRENT RANGE</td> <td>0 ~ 2.0A</td> <td>0 ~ 1.33A</td> <td>0 ~ 1.33A</td> <td>0 ~ 1.0A</td> <td>0 ~ 0.8A</td> <td>0 ~ 0.83A</td> <td>0 ~ 0.625A</td> </tr> <tr> <td>RATED POWER</td> <td>10W</td> <td>10W</td> <td>12W</td> <td>12W</td> <td>12W</td> <td>15W</td> <td>15W</td> </tr> <tr> <td>RIPPLE & NOISE (max.) ^{Note.3}</td> <td>50mV/p-p</td> <td>75mV/p-p</td> <td>100mV/p-p</td> <td>120mV/p-p</td> <td>150mV/p-p</td> <td>180mV/p-p</td> <td>240mV/p-p</td> </tr> <tr> <td>VOLTAGE TOLERANCE ^{Note.4}</td> <td>±5.0%</td> <td>±5.0%</td> <td>±5.0%</td> <td>±3.0%</td> <td>±3.0%</td> <td>±3.0%</td> <td>±3.0%</td> </tr> <tr> <td>LINE REGULATION ^{Note.5}</td> <td>±1.0%</td> <td>±1.0%</td> <td>±1.0%</td> <td>±1.0%</td> <td>±1.0%</td> <td>±1.0%</td> <td>±1.0%</td> </tr> <tr> <td>LOAD REGULATION ^{Note.6}</td> <td>±5.0%</td> <td>±5.0%</td> <td>±5.0%</td> <td>±3.0%</td> <td>±3.0%</td> <td>±3.0%</td> <td>±3.0%</td> </tr> <tr> <td>SET UP, RISE, HOLD UP TIME</td> <td colspan="7">4000ms, 100ms, 30ms / 230VAC 4000ms, 100ms, 10ms / 115VAC at full load</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | SAFETY MODEL NO. | FRA012-S05-[| FRA012-S07-[| FRA012-S09-[| FRA012-S12-[| FRA012-S15-[| FRA012-S18-[| FRA012-S24-[| DC VOLTAGE ^{Note.2} | 5V | 7.5V | 9V | 12V | 15V | 18V | 24V | RATED CURRENT | 2.0A | 1.33A | 1.33A | 1.0A | 0.8A | 0.83A | 0.625A | CURRENT RANGE | 0 ~ 2.0A | 0 ~ 1.33A | 0 ~ 1.33A | 0 ~ 1.0A | 0 ~ 0.8A | 0 ~ 0.83A | 0 ~ 0.625A | RATED POWER | 10W | 10W | 12W | 12W | 12W | 15W | 15W | RIPPLE & NOISE (max.) ^{Note.3} | 50mV/p-p | 75mV/p-p | 100mV/p-p | 120mV/p-p | 150mV/p-p | 180mV/p-p | 240mV/p-p | VOLTAGE TOLERANCE ^{Note.4} | ±5.0% | ±5.0% | ±5.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | LINE REGULATION ^{Note.5} | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | LOAD REGULATION ^{Note.6} | ±5.0% | ±5.0% | ±5.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | SET UP, RISE, HOLD UP TIME | 4000ms, 100ms, 30ms / 230VAC 4000ms, 100ms, 10ms / 115VAC at full load | | | | | | |
| SAFETY MODEL NO. | FRA012-S05-[| FRA012-S07-[| FRA012-S09-[| FRA012-S12-[| FRA012-S15-[| FRA012-S18-[| FRA012-S24-[| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DC VOLTAGE ^{Note.2} | 5V | 7.5V | 9V | 12V | 15V | 18V | 24V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RATED CURRENT | 2.0A | 1.33A | 1.33A | 1.0A | 0.8A | 0.83A | 0.625A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CURRENT RANGE | 0 ~ 2.0A | 0 ~ 1.33A | 0 ~ 1.33A | 0 ~ 1.0A | 0 ~ 0.8A | 0 ~ 0.83A | 0 ~ 0.625A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RATED POWER | 10W | 10W | 12W | 12W | 12W | 15W | 15W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RIPPLE & NOISE (max.) ^{Note.3} | 50mV/p-p | 75mV/p-p | 100mV/p-p | 120mV/p-p | 150mV/p-p | 180mV/p-p | 240mV/p-p | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VOLTAGE TOLERANCE ^{Note.4} | ±5.0% | ±5.0% | ±5.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LINE REGULATION ^{Note.5} | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOAD REGULATION ^{Note.6} | ±5.0% | ±5.0% | ±5.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | ±3.0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SET UP, RISE, HOLD UP TIME | 4000ms, 100ms, 30ms / 230VAC 4000ms, 100ms, 10ms / 115VAC at full load | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INPUT | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>VOLTAGE RANGE</td> <td colspan="2">90 ~ 264VAC</td> <td colspan="4">135 ~ 370VDC</td> </tr> <tr> <td>FREQUENCY RANGE</td> <td colspan="7">47 ~ 63Hz</td> </tr> <tr> <td>EFFICIENCY (Typ.)</td> <td>74%</td> <td>77%</td> <td>79%</td> <td>81%</td> <td>82%</td> <td>83%</td> <td>83%</td> </tr> <tr> <td>AC CURRENT</td> <td colspan="7">0.4A / 100VAC 0.25A / 230VAC</td> </tr> <tr> <td>INRUSH CURRENT (max.)</td> <td colspan="7">COLD START 40A / 100VAC 80A / 230VAC</td> </tr> <tr> <td>LEAKAGE CURRENT (max.)</td> <td colspan="7">0.25mA / 240VAC</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | VOLTAGE RANGE | 90 ~ 264VAC | | 135 ~ 370VDC | | | | FREQUENCY RANGE | 47 ~ 63Hz | | | | | | | EFFICIENCY (Typ.) | 74% | 77% | 79% | 81% | 82% | 83% | 83% | AC CURRENT | 0.4A / 100VAC 0.25A / 230VAC | | | | | | | INRUSH CURRENT (max.) | COLD START 40A / 100VAC 80A / 230VAC | | | | | | | LEAKAGE CURRENT (max.) | 0.25mA / 240VAC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VOLTAGE RANGE | 90 ~ 264VAC | | 135 ~ 370VDC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FREQUENCY RANGE | 47 ~ 63Hz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EFFICIENCY (Typ.) | 74% | 77% | 79% | 81% | 82% | 83% | 83% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AC CURRENT | 0.4A / 100VAC 0.25A / 230VAC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INRUSH CURRENT (max.) | COLD START 40A / 100VAC 80A / 230VAC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LEAKAGE CURRENT (max.) | 0.25mA / 240VAC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROTECTION | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>OVERLOAD</td> <td colspan="7">110% ~ 200% rated output power Protection type: Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed</td> </tr> <tr> <td>OVER VOLTAGE</td> <td colspan="7">115% ~ 135% Protection type: Clamp by zen or diode</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | OVERLOAD | 110% ~ 200% rated output power Protection type: Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed | | | | | | | OVER VOLTAGE | 115% ~ 135% Protection type: Clamp by zen or diode | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OVERLOAD | 110% ~ 200% rated output power Protection type: Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OVER VOLTAGE | 115% ~ 135% Protection type: Clamp by zen or diode | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENVIRONMENT | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>WORKING TEMP.</td> <td colspan="7">-10 ~ +50°C (Refer to "Derating Curve")</td> </tr> <tr> <td>WORKING HUMIDITY</td> <td colspan="7">20% ~ 90% RH non-condensing</td> </tr> <tr> <td>STORAGE TEMP., HUMIDITY</td> <td colspan="7">-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH</td> </tr> <tr> <td>TEMP. COEFFICIENT</td> <td colspan="7">±0.3% / °C (0 ~ 40°C)</td> </tr> <tr> <td>VIBRATION</td> <td colspan="7">10 ~ 500Hz, 20 10min./cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axis</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | WORKING TEMP. | -10 ~ +50°C (Refer to "Derating Curve") | | | | | | | WORKING HUMIDITY | 20% ~ 90% RH non-condensing | | | | | | | STORAGE TEMP., HUMIDITY | -20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH | | | | | | | TEMP. COEFFICIENT | ±0.3% / °C (0 ~ 40°C) | | | | | | | VIBRATION | 10 ~ 500Hz, 20 10min./cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| WORKING TEMP. | -10 ~ +50°C (Refer to "Derating Curve") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| WORKING HUMIDITY | 20% ~ 90% RH non-condensing | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STORAGE TEMP., HUMIDITY | -20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TEMP. COEFFICIENT | ±0.3% / °C (0 ~ 40°C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VIBRATION | 10 ~ 500Hz, 20 10min./cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAFETY & EMC | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>SAFETY STANDARDS</td> <td colspan="7">UL 60950-1, CSA C22.2, TUV EN60950 -1, CCC GB 943 approved</td> </tr> <tr> <td>WITHSTAND VOLTAGE</td> <td colspan="7">I/P-O/P: 4042VDC</td> </tr> <tr> <td>ISOLATION RESISTANCE</td> <td colspan="7">I/P-O/P: 100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH</td> </tr> <tr> <td>EMC EMISSION</td> <td colspan="7">Compliance to EN55022, EN61000-3-2,3, FCC part15, GB9254 class B</td> </tr> <tr> <td>EMC IMMUNITY</td> <td colspan="7">Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, light industry level, criteria A</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | SAFETY STANDARDS | UL 60950-1, CSA C22.2, TUV EN60950 -1, CCC GB 943 approved | | | | | | | WITHSTAND VOLTAGE | I/P-O/P: 4042VDC | | | | | | | ISOLATION RESISTANCE | I/P-O/P: 100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH | | | | | | | EMC EMISSION | Compliance to EN55022, EN61000-3-2,3, FCC part15, GB9254 class B | | | | | | | EMC IMMUNITY | Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, light industry level, criteria A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SAFETY STANDARDS | UL 60950-1, CSA C22.2, TUV EN60950 -1, CCC GB 943 approved | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| WITHSTAND VOLTAGE | I/P-O/P: 4042VDC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ISOLATION RESISTANCE | I/P-O/P: 100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EMC EMISSION | Compliance to EN55022, EN61000-3-2,3, FCC part15, GB9254 class B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EMC IMMUNITY | Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, light industry level, criteria A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OTHERS | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>LIFE</td> <td colspan="7">2 years : 100% load 30°C, 8 hours / day</td> </tr> <tr> <td>MTBF</td> <td colspan="7">10,000 hrs. min. ML-HDBK-217F (25°C)</td> </tr> <tr> <td>DIMENSION</td> <td colspan="7">70.7*40*38.8mm (L*W*H)</td> </tr> <tr> <td>PACKING</td> <td colspan="7">97g / 60pcs / 6.88kg / CARTON</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | LIFE | 2 years : 100% load 30°C, 8 hours / day | | | | | | | MTBF | 10,000 hrs. min. ML-HDBK-217F (25°C) | | | | | | | DIMENSION | 70.7*40*38.8mm (L*W*H) | | | | | | | PACKING | 97g / 60pcs / 6.88kg / CARTON | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LIFE | 2 years : 100% load 30°C, 8 hours / day | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MTBF | 10,000 hrs. min. ML-HDBK-217F (25°C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIMENSION | 70.7*40*38.8mm (L*W*H) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PACKING | 97g / 60pcs / 6.88kg / CARTON | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DC OUTPUT CONNECTOR | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>PLUG</td> <td colspan="7">Standard type PI 2.2.2.φ * 5.5φ * 11mm turning fork type, center positive for stock ; Other type available by customer requested</td> </tr> <tr> <td>CABLE</td> <td colspan="7">See page2</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | PLUG | Standard type PI 2.2.2.φ * 5.5φ * 11mm turning fork type, center positive for stock ; Other type available by customer requested | | | | | | | CABLE | See page2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLUG | Standard type PI 2.2.2.φ * 5.5φ * 11mm turning fork type, center positive for stock ; Other type available by customer requested | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CABLE | See page2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTE | <p>1.All parameters are specified at 230VAC input, rated load, 25°C, 70% RH ambient. 2.DC voltage: The output voltage set at point measure by plug terminal & 50% load. 3.Ripple & noise are measured at 20MHz by using a 12" twisted pair terminated with a 0.1uF & 47uF capacitor. 4.T dimension includes set up tolerance, line regulation, load regulation. 5.Line regulation is measured from low line to high line at rated load. 6.Load regulation is measured from 10% to 100% rated load. 7.Main body unit and AC inlet plug should be ordered separately ; it needs to be used along with any of the AC inlet plug.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo C. Recibos de los pedidos del proceso de importación.

C1. Recibo de Mouser Electronics (*última página)



**MOUSER
ELECTRONICS**

1000 NORTH MAIN STREET
MANSFIELD, TX 76063-1514
UNITED STATES

Recibo de Tarjeta de Crédito
Credit Card Receipt

Repr. de Ventas/Sales Rep: Internet Customer Service
Ventas/Sales: +52 33 3612 7301
Crédito/Credit: +1 817 804 3879
RFC / Federal ID# 61-1520598

*Número de Referencia 5524804
INCOTERMS: FCA, Punto de Embarque

| | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| N° de Factura Invoice No. | Fecha de la Factura Invoice Date | N° de Página Page No. |
| 36025938 | 12-SEP-14 | 9 of 9 |
| Número de Orden de Com Purchase Order Num | Número de Guía Master Tracker No. | |
| 7766707 | 1Z7759450356999183 | |
| Número de Cliente Customer Num | Términos Terms | Fecha Del Pedido Order Date |
| 5524804 | AX 3799 | 08-SEP-14 |

| | | | | |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Contacto Contact Name | Enviar Vía Ship Via | Número de Cliente Customer Num | Términos Terms | Fecha Del Pedido Order Date |
| GUILLERMO BETANCUR | UPS GROUND SERVICE | 5524804 | AX 3799 | 08-SEP-14 |

Facturar
A
Bill To
BETANCUR H, GUILLERMO L
TRANSVERSAL 34 D SUR # 32 - 32
SAN MATEO
MEDELLIN
COLOMBIA

Enviar
A
Ship To
EDWIN BETANCUR
9021 SW 156 STREET APTO C 106
PALMETTO BAY, FLORIDA 33157
UNITED STATES

| Línea N° Line No. | Número de Parte de M N° de Parte-Ciente/Fabricante Descripción | Mouser Part Number Customer/MFG Part No. Description | Cantidad Ordenada Quantity Ordered | Cantidad Enviada Quantity Shipped | Cantidad Pendiente Quantity Pending | Precio Por Unidad Unit Price USD | Precio Total Extended Price USD |
|-------------------------|---|--|--|---|--|--|---------------------------------------|
| 49 | 598-715P10354JD3 .01 ORANGE / 715P10354JD3 CDE Film Capacitors US HTS:8532250070 ECCN:EAR99 COO:CN | | 3 | 3 | | 2.110 | 6.33 |
| 50 | 71-CPF2-F-2K POWER CHAIN / CPF22K0000FKB14 Vishay Metal Film Resistors - Thro US HTS:8533210090 ECCN:EAR99 COO:US | | 1 | 1 | | 0.600 | 0.60 |
| 51 | 594-5093NW470K0J BLEEDER / PR03000204703JAC00 Vishay Metal Film Resistors - Thro US HTS:8533210090 ECCN:EAR99 COO:IN | | 1 | 1 | | 0.460 | 0.46 |
| 52 | 594-8T000 TRIMMER TOOL / ACCTRITOB308-T000 Vishay Potentiometer Tools & Hardw US HTS:8205598000 ECCN:EAR99 COO:MX | | 1 | 1 | | 1.950 | 1.95 |
| 53 | 75-TVA1705-E3 ATOM OUTPUT CAP / TVA1705-E3 Vishay Aluminum Electrolytic Capac US HTS:8532220020 ECCN:EAR99 COO:US | | 1 | 1 | | 7.380 | 7.38 |

| | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------------------|------------|--|--------------|
| Mercancía Merchandise | Manejo Handling | Flete Freight | IVA TAX | Pagado con tarjeta de crédito Paid by credit card | USD \$245.96 |
| 228.97 | 0.00 | 16.99 | 0.00 | | |

Información de Envío

Shipping Information

| | | | |
|------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Número(s) de Guía y Peso Facturado | | Tracking Number(s) and Billed Weights | |
| | | | |

Este pedido está sujeto a todos los términos y condiciones mencionados en: <http://www.mouser.com/saleterms>
This order is subject to all terms and conditions displayed at: <http://www.mouser.com/saleterms>

C2. Recibo de Antique Electronic Supply



Antique Electronic Supply

6221 S Maple Ave · Tempe, AZ 85283 · 480-820-5411
www.tubesandmore.com

INVOICE # 1523678

Order #: 284667
Pick Ticket #: 260818
Invoice Date: 09/09/2014

Ship To:

Edwin Restrepo Betancur
9021 SW 156 Street Apto C 106
Palmetto Bay, FL 33157, United States

Customer ID: 10698974

| Order Date | PO Number | Terms | Carrier | Order Taker |
|------------|-----------|---------|-----------------|-------------|
| 09/08/2014 | WEB-92729 | Prepaid | D-Mail Priority | WEB |

Tracking #: 9405515901405920195868

| Item Description | Qty Ordered | Qty Shipped | Qty Backordered | UOM | Unit Price | Extended Price |
|---|-------------|-------------|-----------------|-------|------------|----------------|
| R-10K Resistor - Carbon Composition, 1/2 W, 10K Ohm, package of 5 | 2.0000 | 2.0000 | - | PKG/5 | 2.00 | 4.00 |
| R-168K Resistor - Carbon Composition, 1/2 W, 68K Ohm, package of 5 | 1.0000 | 1.0000 | - | PKG/5 | 2.00 | 2.00 |
| C-PD022-600 Capacitor - Polypropylene Film, .022 µF @ 600 V (716P600V223J) Item Note: RoHS Compliant | 1.0000 | 1.0000 | - | EA | 1.08 | 1.08 |
| C-PD1-600 Capacitor - Polypropylene Film, .1 µF @ 600 V (716P600V104J) | 1.0000 | 1.0000 | - | EA | 2.25 | 2.25 |
| C-SM500 Capacitor - Silver Mica, 500 pF @ 500V | 2.0000 | 2.0000 | - | EA | 0.70 | 1.40 |
| T-12AX7EH 12AX7 - Triode, Dual, Electro-Harmonix | 2.0000 | 2.0000 | - | EA | 12.50 | 25.00 |
| T-12BH7-EH 12BH7 - Electro-Harmonix | 1.0000 | 1.0000 | - | EA | 13.95 | 13.95 |
| T-6669 6AQ5A 6669/6AQ5A - Tetrode, Beam Power | 1.0000 | 1.0000 | - | EA | 4.25 | 4.25 |
| P-K341 Knob - Mini Marshall Style, Black with Silver Cap | 4.0000 | 4.0000 | - | EA | 1.95 | 7.80 |
| P-ST7-311 Socket - 7 Pin, Ceramic for 1625 | 1.0000 | 1.0000 | - | EA | 3.95 | 3.95 |
| P-ST9-162 Socket - 9 Pin, Miniature, Ceramic Base with Aluminum Shield | 3.0000 | 3.0000 | - | EA | 2.25 | 6.75 |
| P-ST8-209MIP Socket - 8 Pin Octal, Micallex, MIP | 1.0000 | 1.0000 | - | EA | 3.50 | 3.50 |
| P-H395 Switch, Rotary, 3 Poles, 3 Position | 1.0000 | 1.0000 | - | EA | 2.50 | 2.50 |



Antique Electronic Supply

6221 S Maple Ave · Tempe, AZ 85283 · 480-820-5411
www.tubesandmore.com

INVOICE # 1523678

Order #: 284667
Pick Ticket #: 260818
Invoice Date: 09/09/2014

Tracking #: 9405515901405920195868

| Item Description | Qty Ordered | Qty Shipped | Qty Backordered | UOM | Unit Price | Extended Price |
|--------------------|-------------|-------------|-----------------|-----|------------|----------------|
| SUBTOTAL: | | | | | | 78.43 |
| TAX: | | | | | | 0.00 |
| SHIPPING: | | | | | | 10.47 |
| Credit Card: | | | | | | 88.90 |
| AMOUNT DUE: | | | | | | 0.00 |

C3. Recibo de Digi-Key Corporation



Web ID: 116537163 Access ID: 85552 Salesorder Number: 40664930 Submitted: 9/8/2014 10:22:19 AM

Shipping Address

Edwin Restrepo Betancur
9021 SW 156TH ST APTO C 106
PALMETTO BAY, FL 33157-1984
USA
Email JUANSEBASTIANBETANCUR@HOTMAIL.COM
Telephone 17862004391

Billing Address

Guillermo L Betancur H
Mandarina
Transversal 34 D Sur # 32 - 32
San Mateo
Medellin, ANT NA
COLOMBIA
Telephone +573006088633

Shipping Method FedEx Ground

Payment Method American Express

Customer Number 7889161

Purchase Order

Name on Card Guillermo L Betancur H


All prices are in US dollars.

| Index | Quantity | Part Number | Manufacturer Part Number | Description | Customer Reference | Available Quantity | Backorder Quantity | Unit Price | Extended Price |
|--------------------------|----------|--------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|----------------|
| 1 | 2 | KA1041S28-ND | KA1041S28 | POT 100K OHM 2W LOG TAPER | POT 100K PRECISION | 2 Immediate | 0 | 12.85000 | \$25.70 |
| 2 | 3 | RV4L105C-ND | RV4LAYS105A | POT 1MEG OHM CARBON 2W | POT 1M PRECISION | 3 Immediate | 0 | 9.41000 | \$28.23 |
| Subtotal | | | | | | | | | \$53.93 |
| Shipping Estimate | | | | | | | | | |
| Sales Tax | | | | | | | | | \$3.78 |
| Total | | | | | | | | | unknown |

| | |
|--|---------|
| TOTAL INVOICED | 53.93 |
| SHIPPING CHARGES APPLIED | 10.99 |
| ** CHARGES SUBTOTAL ** | 64.92 |
| SALES TAX (T INDICATES TAXABLE AMOUNTS) | 3.78 |
| TOTAL CHARGED TO CREDIT CARD | 68.70 |
| | U.S. \$ |

C4. Recibo de Surplus Sales of Nebraska

*** HISTORICAL ***



*Where the hard to
are found, at*

Invoice

Page 1/1
Invoice INV000197071
Date 9/8/2014

Surplus Sales of Nebraska
1218 Nicholas Street
Omaha NE 68102-4211

Bill To: Guillermo L Betancur H
Transversal 34 D Sur #32-32
Medellin Antioquia

Ship To: Edwin Restrepo Betancur
9021 SW 156th Street
Apt C 106
Palmetto Bay FL 33157

| Purchase Order No. | Customer ID | Salesperson ID | Shipping Method | Payment Terms | Req Ship Date | Master No. | |
|--------------------|-------------|----------------|-----------------|--------------------------------|---------------|------------|------------|
| 1217348 | G00096530 | AMANDA | UPS | Credit Card | 9/8/2014 | 0 | |
| Ordered | Shipped | B/O | Item Number | Description | Discount | Unit Price | Ext. Price |
| 1 | 1 | 0 | TUA-TS102U02 | 7 Pin Tube Shield, Tin ** | \$0.00 | \$5.00 | \$5.00 |
| 1 | 1 | 0 | TUR-6X4 | Tube, 6X4 Various Brand ## | \$0.00 | \$6.00 | \$6.00 |
| 4 | 4 | 0 | CTM-465 | Arco 4B0001-1Trimmer 75-380pf* | \$0.00 | \$2.75 | \$11.00 |

Subtotal \$22.00
 Misc \$0.00
 Tax \$0.00
 Freight \$10.00
 Trade Discount \$0.00
Total \$32.00

C5. Recibo de Sowter Audio Transformers

Works and Registered Office:
E.A.Sowter Ltd.,
The Boatyard, Cullingham Road,
Ipswich, Suffolk, IP1 2EG.
Reg.in England No: 303990



Tel: (01473) 219390
(01473) 252794
Fax: (01473) 236188
E.mail sales@sowter.co.uk

VAT Reg No: 103422723

Invoice

Mr Guillermo L Betancur H
Transversal 34 D Sur# 32-32
San Mateo
Medellin
Antioquia
Columbia

Invoice Number: 40909
Invoice Date: 12 Sep 2014
Order Number: GB19NA10005228
Account No: BETA1

Tel: 00 1 786 200 4391

| Quantity | Type | Details | Unit £ | Net £ |
|----------|-------|--|--------|-------|
| 1 | 1290e | Teletronix LA-2A 1968 15k/600 line op | 83.63 | 83.63 |
| 1 | 1009f | Teltronix LA-2A 1968 Input transformer | 56.36 | 56.36 |

Harmonised Code 8504.31.2000 Electrical transformers

with handling capacity not exceeding 1kVA

Mr Edwin Restrepo Betancur
9021 SW 156 Street Apto C 106
Palmetto Bay
Miami
Florida 33157
USA
Tel: 00 1 786 200 4391

Total Net Amount £139.99
Carriage Net £15.20
Invoice Total £155.19

Trading Terms: **Paid via PSP**

Packages: 1 x Bag
Size: 26 x 22 x 7cm
Weight: 750g

by Royal Mail - International Signed by I hereby confirm this invoice is true and correct and that the goods are of UK origin.

Date:
Place: Ipswich
Signed:
Name: R M Loveday / B W Last

Directors: Brian Last Brian Sowter BSc FIEE

C6. Recibo de Hairball Audio Seattle

Thank you for your order!

Order Information

Merchant: Hairball Audio, LLC
Description: Hairball Audio
Customer ID: 4517

Billing Information

Guillermo L Betancur H
Transversal 34 D Sur # 32 - 32
Medellín, Antioquia 055420
Colombia
juansebastianbetancur@hotmail.com
3006949308

Shipping Information

Edwin Restrepo Betancur
9021 SW 156 Street Apto C 106
Palmetto Bay, Florida 33157
United States

| Item | Description | Qty | Taxable | Unit Price | Item Total |
|------|---|-----|---------|------------|------------|
| 1 | 8037 VU Meter 12V Lamp (Fits Ha 8037 VU Meter 12V Lamp (Fits Hairball Enclosure) | 1 | N | US \$32.00 | US \$32.00 |

Shipping: US \$6.51

Total: US \$39.86

MasterCard

Date/Time: 8-Sep-2014 8:57:39 PDT
Transaction ID: 6479987332

C7. Recibo de GearSlut Store

Order Confirmation

Edwin Restrepo Betancur,
Thanks for shopping with us today!
The following are the details of your order.

Order Number: 1291
Date Ordered: Monday 08 September, 2014
[Click here for a Detailed Invoice](#)

Products

| | |
|---|--|
| 1 x Kenetek T4B Opto-Attenuator (KENETEK-T4B) | \$125.00 |
| | ----- |
| | Sub-Total: \$125.00 |
| | United States Postal Service (Priority Mail™): \$9.50 |
| | Total: \$134.50 |

Address Information

Delivery Address

Edwin Restrepo Betancur
9021 SW 156th St Apto C 106
Palmetto Bay, FL 33157
United States

Shipping Method

United States Postal Service (Priority Mail™)

Billing Address

Guillermo L Betancur H
Transversal 34 D Sur # 32 - 32
San Mateo
Medell, 055420
Antioquia, Colombia

Payment Method

PayPal

Copyright (c) 2014 [GearSlut Store](#). Powered by [Zen Cart](#)

This email address was given to us by you or by one of our customers. If you feel that you have received this email in error, please send an email to support@gearslut.com

This email is sent in accordance with the US CAN-SPAM Law in effect 01/01/2004. Removal requests can be sent to this address and will be honored and respected.

C8. Recibo de Newark Element14

Order Confirmation

 [Print Page](#)

Thank you

An email has been sent confirming the order you have just placed.

Your order reference is **08/09/14 11.18**




Track the status of your order by accessing [Order Status & Tracking](#) in the My Account section.

[Continue Shopping](#)

Payment Details

| | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------|
| Order Date: | Sep 8, 2014 | PO Number: | 08/09/14 11.18 |
| Account Number: | 395462 | PO Release : | |
| Placed By: | Juan Sebastian Betancur Posada | | |
| Email Address: | juansebastianbetancur@hotmail.com | | |

Items To Be Shipped

| Line No. | Newark Part No. | Manufacturer Part Number | Manufacturer / Description | Avail. | Qty | Scheduled Quantity | Ship Date | Unit Price | Line Price |
|------------------|---|--------------------------|---|---|-----|--------------------------------|----------------------|------------|------------|
| 1 |  59K0303 | 15033 | KEYSTONE TERMINAL BOARD, TURRET | 39 | 1 | <input type="text" value="1"/> | <input type="text"/> | \$23.28 | \$23.28 |
| Line Note | | | | 39 in stock for same day shipping see cut-off times | | | | | |
| 2 |  59K0302 | 15031 | KEYSTONE TERMINAL BOARD, TURRET | 4 | 1 | <input type="text" value="1"/> | <input type="text"/> | \$11.70 | \$11.70 |
| Line Note | | | | 4 in stock for same day shipping see cut-off times | | | | | |
| 3 |  29F587 | 54C | CINCH TERMINAL STRIP, LUG TYPE, 5POS, 0.375IN | 937 | 1 | <input type="text" value="1"/> | <input type="text"/> | \$0.98 | \$0.98 |
| Line Note | | | | 937 in stock for same day shipping see cut-off times | | | | | |

| | |
|-------------------------|----------------|
| All Items Total: | \$35.96 |
| Basic Shipping: | \$9.11 |
| Handling Charge: | \$0.00 |
| Tax: | \$2.52 |
| Total: | \$47.59 |

C9. Recibo de JLM Audio



Order No: 140909-022941-6956

Please review this order below:

Customer Info:

Invoice Address:

Mr Juan Sebastian Betancur
Posada
Transversal 34 D Sur # 32 - 32
San Mateo
Medellín, Antioquia
055420
Colombia

Delivery Address:

Mr Edwin Restrepo Betancur
9021 SW 156 Street Apto C
106
Palmetto Bay, Florida
33157
United States

Customer Comments:

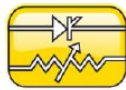
"n/a"

Order Summary:

| Product | Product Code | Quantity | Price |
|--|--|--------------|----------|
| Stereo VU Meter kit Fully Built and tested - No | STEREOVUKIT | 1 | \$195.00 |
| Order Status: | Processing (See order notes) | Subtotal: | \$195.00 |
| Order Date/Time: | Sep 09 2014, 02:29 AM | Discount: | \$0.00 |
| Payment Method: | PayPal | Total Tax: | \$0.00 |
| Shipping Method: | Australia Post (AIR NO track 10day) \$33.45 | Shipping: | \$33.45 |
| | | Grand Total: | \$228.45 |

***Precios en Dólar Australiano**

C10. Recibo de Suconel



SUCONEL
SUMINISTROS Y CONTROLES ELECTRÓNICOS S.A.

CERTIFICADOS ISO 9001:2008

Calidad en nuestros productos. Tecnología a su servicio.

| | | | |
|--------------|--------------------------|-------------------|---------|
| Fecha | 12 de Septiembre de 2014 | Cotización | 9214189 |
|--------------|--------------------------|-------------------|---------|

| | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--|
| Empresa | | E-mail | juansebastianbetancur@hotmail.com |
| NIT | | Telefono | |
| Contacto | Juan Sebastian Betancur | Direccion | |
| Cargo | | Ciudad | Medellin |

CALIDAD Y SERVICIO





| Item | Codigo | Descripcion | Cant. | Vr. Unitario | Vr. Total |
|------|---------------------|--------------------------------------|-------|--------------|-----------|
| 1 | RN60D1002F | Resistencia 10Kohm 500mW 1% 300V | 5 | \$ 2.400 | \$ 12.000 |
| 2 | BFC237251223 | Capacitor 22000pF 400V +/-10% Radial | 5 | \$ 1.300 | \$ 6.500 |
| 3 | B32652A4104J | Capacitor 0.1uF 400V 5% Radial | 5 | \$ 2.600 | \$ 13.000 |

| | | |
|-----------------------|-----------------|--------|
| OBSERVACIONES: | SUBTOTAL | 31.500 |
| | IVA | 5.040 |
| | FLETE | |
| | TOTAL | 36.540 |

| | | | |
|-----------------|--|-----------------------------|--------------|
| Vendedor | MARISOL ESTRADA GUERRA | Tiempo de entrega | 10 A 15 DIAS |
| Telefono | 4487830-3004189274 | | |
| E-mail | marisol@suconel.com | Validez de la oferta | |
| NIT | 890.943.055-0 | Forma de pago | |

Cr 53 # 50-51 L- 207; Centro comercial LaCascada
 Conmutador: 4487830. Fax: 5127594
www.suconel.com
 Medellin

C11. Recibo de entrega de la empresa transportadora AEROFAST

| | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|-----------------------------|--|--------------------|---|--|---------|--|
| PAGO ORIGINAL | | FACTURACION | | QUE RECIBE | | QUE ENTREGA | | REPARTO | |
| ORIGINAL | | Este incorpora la voluntad de celebrar un contrato de transporte, regulado por los artículos 1028 al 1035 del C. de C. y demás normas concordantes. En caso de indemnización solamente se responderá máximo hasta el valor declarado, en ningún caso deberá ser superior al valor de la mercancía. | | 359596564 | | | | | |
|  | | FECHA DE RECIBO EN AEROFAST 01/10/2014 12:00:00a.m. | | REMESA TERRESTRE DE CARGA | |  | | | |
| NIT 832.000.432-7 CARRERA 38 No. 11-67 BOGOTÁ D.C. | | CODIGO CIUDAD | ORIGEN | CODIGO CIUDAD | DESTINO | | | | |
| | | 10 | BOGOTA | 87 | ENVIGADO-ANTIOQUIA | | | | |
| DE: COLOCAR/LARS EXPRESS (FASTER2) | | PARA: JUAN SEBASTIAN BETANCOURT | | | | | | | |
| Dirección: CRA 81 N° 24 D-80 | | Dirección: CR 27 # 38 SUR -51 APT 307 SENDERO VERDE | | | | | | | |
| Teléfono: 2237767 NIT/C.C. 0 | | Teléfono: 3006949038 NIT/C.C. 1 | | | | | | | |
| ORDEN DE COMPRA | REMISION | PEDIDO | FACTURA | No. | No. PIEZAS | PESO (KILOS) | PESO (VOLUMEN) | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | 1 | 7 | 0 | | |
| TRANSPORTE | AEREO | TERRESTRE | | VR. DECLARADO | FLETE VARIABLE | FLETE FIJO | TOTAL FLETES | | |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | \$400,000 | | | | | |
| DICE CONTENER: ARTICULOS PERSONALES | | | | RECIBI CON-FORME, FIRMA, SELLO, CEDULA, NIT Y TELEFONO | | | OBSERVACIONES DE LA ENTREGA (DESTINATARIO) | | |
| NOTA: ES RESPONSABILIDAD DEL REMITENTE LA VERACIDAD DE LA INFORMACIÓN Y EL CONTENIDO DEL ESPACIO | | | | C.C. No. | | | HORA FECHA | | |
| CONDICIONES DE ENTREGA: 10X10X10 ENV0002107740M | | | | NOMBRE: | | | ESCRIBA EN LETRA LEGIBLE | | |
| FORMA DE PAGO | CÓDIGO DE FACTURACIÓN | CÓDIGO AUXILIAR QUE RECIBE | CÓDIGO AUXILIAR QUE ENTREGA | ZONA DE REPARTO | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| DESTINATARIO | | Este incorpora la voluntad de celebrar un contrato de transporte, regulado por los artículos 1028 al 1035 del C. de C. y demás normas concordantes. | | 359596564 | | | | | |

| | | | |
|--|--|-----|--|
| ENV0002107740  | | 1/1 | |
| 9/29/2014 11:27:03 AM | | | |
| REMITENTE: EDWIN RESTREPO TEL: 305-207-3777 | DESTINATARIO: JUAN SEBASTIAN BETANCOURT CR 27 # 38 SUR -51 APT 307 SENDERO VERDE ENVIGADO [ANTIOQUIA][COLOMBIA] TEL: 3006949038 DESC: PUERTA A PUERTA | | |
| TRACKING: MIC-520 | 16 LB | | |

<http://micargaexpress.controlbox.net/imprimirguiaws.asp?id=7773&v=1;>

9/29/2014