

**DESARROLLO DE GUÍAS PRÁCTICAS PARA EL CURSO DE SISTEMAS DE  
AUDIO**

**DAVID ESTEBAN TORRES BUSTAMANTE**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
MEDELLÍN  
2013**

**DESARROLLO DE GUÍAS PRÁCTICAS PARA EL CURSO DE SISTEMAS DE  
AUDIO**

**DAVID ESTEBAN TORRES BUSTAMANTE**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director  
ÓSCAR JAIRO CARDONA VILLEGAS  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
MEDELLÍN  
2013**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Medellín, Mayo de 2013**

A mis abuelos Q.E.P.D Adán De J Bustamante y José Vicente Torres Mesa, siempre los recordaré, por lo que como personas hicieron y caracterizaron en toda su vida.

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco infinitamente a mis padres Oscar y Lucidia, por todo el acompañamiento que me brindaron en el arduo camino que culminé para convertirme en Ingeniero, este título y este libro es para ellos.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1 CAPITULO 1. GUÍAS PARA EL INSTRUCTOR DE SISTEMAS DE AUDIO .....	13
<b>1.1 PRÁCTICA No 1: RESPUESTA EN FRECUENCIA DE SISTEMAS DE AUDIO</b>	<b>13</b>
1.1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.2 MARCO TEÓRICO.....	13
1.1.3 EQUIPOS NECESARIOS.....	14
1.1.4 PROCEDIMIENTO .....	15
<b>1.2 PRÁCTICA No 2: FABRICACIÓN DE UN PARLANTE</b> .....	<b>15</b>
1.2.1 OBJETIVOS .....	15
1.2.2 MARCO TEÓRICO.....	15
1.2.3 MATERIALES NECESARIOS PARA EL PROYECTO .....	16
1.2.4 PROCEDIMIENTO .....	17
<b>1.3 PRÁCTICA No 3: AMPLIFICADORES</b> .....	<b>17</b>
1.3.1 OBJETIVOS .....	17
1.3.2 MARCO TEÓRICO.....	17
1.3.3 PROCEDIMIENTO .....	18
<b>1.4 PRÁCTICA No 4: CROSSOVERS</b> .....	<b>19</b>
1.4.1 OBJETIVOS .....	19
1.4.2 MARCO TEÓRICO.....	19
1.4.3 PROCEDIMIENTO .....	21
<b>1.5 PRÁCTICA No 5: SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA</b> .....	<b>23</b>
1.5.1 OBJETIVOS .....	23
1.5.2 MARCO TEÓRICO.....	23
1.5.3 PROCEDIMIENTO .....	25
<b>1.6 PRÁCTICA No 6: CALIBRACIÓN DE SISTEMAS DE AUDIO</b> .....	<b>27</b>
1.6.1 OBJETIVOS .....	27
1.6.2 MARCO TEÓRICO.....	28
1.6.3 PROCEDIMIENTO .....	28
CAPITULO 2. GUÍAS PARA EL ESTUDIANTE DE SISTEMAS DE AUDIO.....	30
<b>2.1 PRÁCTICA No 1: RESPUESTA EN FRECUENCIA DE SISTEMAS DE AUDIO</b>	<b>30</b>
2.1.1 OBJETIVOS .....	30
2.1.2 MARCO TEÓRICO.....	30

2.1.3	EQUIPOS NECESARIOS .....	32
2.1.4	PROCEDIMIENTO .....	32
2.1.5	INFORME .....	33
<b>2.2</b>	<b>PRÁCTICA No 2: FABRICACIÓN DE UN PARLANTE .....</b>	<b>33</b>
2.2.1	OBJETIVOS .....	33
2.2.2	MARCO TEÓRICO .....	34
2.2.3	MATERIALES NECESARIOS PARA EL PROYECTO .....	34
2.2.4	PROCEDIMIENTO .....	35
2.2.5	INFORME .....	38
<b>2.3</b>	<b>PRÁCTICA No 3: AMPLIFICADORES .....</b>	<b>39</b>
2.3.1	OBJETIVOS .....	39
2.3.2	MARCO TEÓRICO .....	39
2.3.3	PROCEDIMIENTO .....	40
2.3.4	INFORME .....	40
<b>2.4</b>	<b>PRÁCTICA No 4: CROSSOVERS .....</b>	<b>40</b>
2.4.1	OBJETIVOS .....	40
2.4.2	MARCO TEÓRICO .....	41
2.4.3	PROCEDIMIENTO .....	42
2.4.4	INFORME .....	43
<b>2.5</b>	<b>PRÁCTICA No 5: SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>43</b>
2.5.1	OBJETIVOS .....	43
2.5.2	MARCO TEÓRICO .....	43
2.5.3	PROCEDIMIENTO .....	45
2.5.4	INFORME .....	49
<b>2.6</b>	<b>PRÁCTICA No 6: CALIBRACIÓN DE SISTEMAS DE AUDIO .....</b>	<b>49</b>
2.6.1	OBJETIVOS .....	49
2.6.2	MARCO TEÓRICO .....	49
2.6.3	PROCEDIMIENTO .....	50
	CONCLUSIONES .....	51
	BIBLIOGRAFÍA .....	52

## Figuras

Figura. 1 Montaje de un sistema de audio básico para determinar su respuesta en frecuencia.....	14
Figura. 2 Partes del Parlante.....	16
Figura. 3 Diagrama de bloques de un sistema de audio.....	17
Figura. 4 Circuito Amplificador de audio propuesto por el docente con LM386.....	19
Figura. 5 Gráfica del sistema de Crossover de un parlante de 2 vías.....	21
Figura. 6 Gráfica del sistema de Crossover de un parlante de 3 vías.....	21
Figura. 7 Esquema del crossover o filtro pasa altos.....	22
Figura. 8 Esquema del crossover o filtro pasa bajos.....	22
Figura. 9 Simbología de los diferentes conductores de conexiones eléctricas.....	25
Figura. 10 Entrada del servicio de puesta a tierra.....	26
Figura. 11 Conexión a la red de audio.....	26
Figura. 12 Respuest en frecuencia de un amplificador.....	31
Figura. 13 Montaje de un sistema de audio básico para determinar su respuesta en frecuencia.....	32
Figura. 14 Materiales necesarios para el proyecto de construcción del parlante.....	34
Figura. 15 Diseño del cuerpo que llevará el alambre esmaltado de la bobina.....	35
Figura. 16 Diseño y sujeción del cuerpo de la bobina.....	35
Figura. 17 Elaboración del embobinado.....	36
Figura. 18 Ubicación central del imán toroidal.....	36
Figura. 19 Ubicación de las conexiones de la bobina.....	37
Figura. 20 Instalación de los diferentes materiales para finalizar el parlante.....	37
Figura. 21 Diagrama de bloques de un sistema de audio.....	39
Figura. 22 Circuito de puesta a Tierra.....	45
Figura. 23 Circuito de medición resistividad eléctrica del suelo.....	46
Figura. 24 Conexión del Megger para la medida de PAT.....	47
Figura. 25 Circuito de medida de la Resistividad Eléctrica del suelo.....	48



## GLOSARIO

**Acústica:** Ciencia que estudia todos los fenómenos relacionados con la propagación del sonido. Ligado con la producción, transmisión, percepción y reproducción del mismo.

**Amplificador:** Dispositivo que aumenta el nivel de una señal, incrementando para ello la amplitud de la señal de entrada mediante corrientes de polarización (voltaje negativo, voltaje positivo) en el transistor de salida.

**Buzz:** Fenómeno o interferencia producida en los sistemas de audio, debido a malas conexiones entre dispositivos o instalaciones eléctricas defectuosas. O también a la inducción de ruido para el chequeo de todo el sistema.

**Crossover:** Son dispositivos que dividen el rango completo de la señal de audio en sus componentes de baja y alta frecuencia, conduciendo cada una de las partes al *driver* apropiado bien sea de alta o baja frecuencia.

**Decibeles dB:** Es la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

**Driver:** Son los transductores del parlantes, conocidos como motores o vías, ellos se encargan de reproducir las señales de alta o baja frecuencia respectivamente.

**Hum:** Ruido frecuente en sistemas de audio semejante al zumbido de un insecto y causado por interferencias en cables, debido a la fisura o el cortocircuito interior de los mismos.

**Micrófono:** Es un transductor electroacústico. Su función es la de traducir las vibraciones debidas a la presión acústica ejercida sobre su cápsula por las ondas

sonoras en energía eléctrica, lo que permite por ejemplo grabar sonidos de cualquier lugar o elemento.

**Nivel de presión sonora SPL:** Es una medida logarítmica de la presión acústica eficaz de un sonido en relación con un valor de referencia.

**Parlante:** También conocido como altavoz, es un transductor electroacústico utilizado para la reproducción de sonido. Uno o varios altavoces pueden formar una pantalla acústica.

**Sonido:** Desde un punto de vista físico, el sonido es una vibración que se propaga en un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso). Cuando nos referimos al sonido audible por el oído humano, lo definimos como una sensación percibida en el órgano del oído, producida por la vibración que se propaga en un medio elástico en forma de ondas.

## RESUMEN

Este proyecto consta del diseño de las guías de laboratorio para el curso de Sistemas de Audio, que es el segundo curso optativo del área de audio en Ingeniería Electrónica de la UPB. Se diseñó una guía por cada tema visto en el curso: Respuesta en frecuencia de sistemas de audio, parlantes, amplificadores, *crossovers*, sistemas de puesta a tierra y calibración de sistemas de audio. El laboratorio, no figura oficialmente en el pensum, por lo tanto será potestad del profesor hacer algunas prácticas dentro del curso. El diseño de las guías se hizo buscando que fueran didácticas y de fácil seguimiento por parte de los estudiantes.

**PALABRAS CLAVES:** GUÍAS DE LABORATORIO, AUDIO, PARLANTE, AMPLIFICADOR, MICROFONO, RESPUESTA DE FRECUENCIA, CROSSOVER.

## INTRODUCCIÓN

El pregrado de Ingeniería Electrónica de la UPB tiene una amplia bolsa de optativas, dentro de las cuales está la línea de audio que desde 2005 ofrece los cursos Principios de Audio, Sistemas de Audio y Aplicaciones de Audio. El pensum de ninguno de estos cursos incluye prácticas de laboratorio, sin embargo han surgido varias propuestas para complementar los cursos con un trabajo práctico. En 2008 se presentó la propuesta de Viviana Sierra López para implementar el laboratorio del curso Principios de Audio. El presente trabajo es una propuesta similar pero para el curso de Sistemas de Audio.

El laboratorio de sistemas de audio, permitirá a los estudiantes del programa de Ingeniería Electrónica explorar otros campos de acción y crear competencias académicas que en un futuro lo ayudarán en su formación profesional.

Se diseñaron las guías de laboratorio para el instructor y el alumno, con el fin de tener un acompañamiento de trabajo diferente, ya que el docente tiene un manejo calificado de todos los temas tratados y debe orientar al estudiante en la forma de hacer la práctica y en los resultados que se esperan obtener. El estudiante por su parte debe seguir las instrucciones de la guía bajo la orientación del profesor.

Con este trabajo se deja una primera experiencia práctica en el área de audio y sus diferentes aplicaciones, que puede motivar otros trabajos en el futuro y de esta forma se irá enriqueciendo un área que podrá tener un importante desarrollo como parte del programa de Ingeniería Electrónica y, más adelante, como otro pregrado o una especialización.

# **1 CAPITULO 1. GUÍAS PARA EL INSTRUCTOR DE SISTEMAS DE AUDIO**

## **1.1 PRÁCTICA No 1: RESPUESTA EN FRECUENCIA DE SISTEMAS DE AUDIO**

### **1.1.1 OBJETIVOS**

- Determinar el comportamiento en el dominio de la frecuencia, de un sistema de audio básico.
- Graficar la respuesta en frecuencia del sistema de audio implementado en la práctica.
- Aprender una técnica para la medición de la respuesta en frecuencia de un sistema de audio básico.

### **1.1.2 MARCO TEÓRICO**

Denominamos respuesta en frecuencia al comportamiento de un dispositivo de audio frente a las distintas frecuencias que componen el espectro de audio en el rango audible (20 a 20.000 Hz). Todos los dispositivos de audio cumplen una función determinada, los micrófonos recogen vibraciones acústicas y las convierten en señales eléctricas. Los altavoces convierten señales eléctricas en vibraciones acústicas, que son percibidas por un oyente.

Todos los dispositivos manejan frecuencias de audio, pero no responden igual ante todas las frecuencias. De igual forma que el oído humano no escucha igual todas las frecuencias, los micrófonos tampoco, ni los amplificadores, ni los altavoces son capaces de reproducir todas las frecuencias por igual. Esta última es la razón por la que en la mayoría de los equipos domésticos, hay por lo menos dos altavoces distintos por caja. Uno para reproducir las frecuencias graves y otro para reproducir las frecuencias altas.

Estas variaciones de respuesta conforme varía la frecuencia se miden en decibeles y se pueden representar gráficamente. La retícula sobre la que se suelen representar es la escala logarítmica en el eje horizontal (frecuencia) y lineal en el vertical (dB).

### 1.1.3 EQUIPOS NECESARIOS

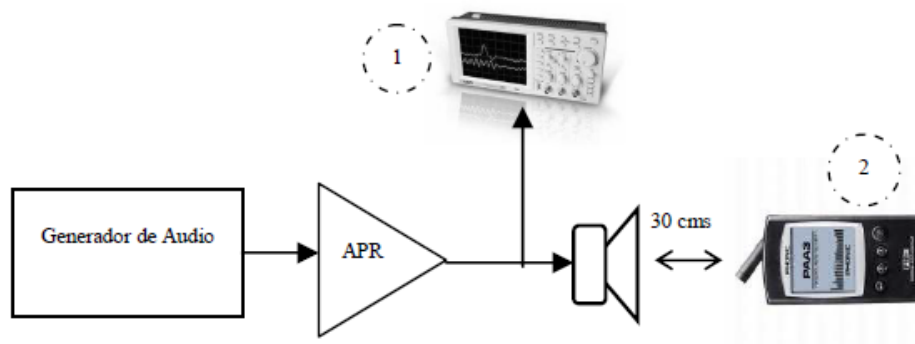
- Amplificador de potencia de audio
- Generador de Audio
- Sonómetro
- Cables de conexión para osciloscopio
- Osciloscopio
- Protección auditiva

#### 1.1.3.1 MONTAJE

Realizar detenidamente el siguiente montaje de un sistema de audio básico que consta de amplificador y altavoz para determinar su respuesta en frecuencia.

El osciloscopio se conecta en paralelo con las terminales del parlante. Es decir, los clips de la punta de prueba del osciloscopio se conectan al terminal (+) y al terminal (-).

**Figura 1. Montaje de un sistema de audio básico para determinar su respuesta en frecuencia. Fuente: Guía de Laboratorio de respuesta en frecuencia Tony Peñarredonda**



#### 1.1.4 PROCEDIMIENTO

El instructor debe guiar los estudiantes durante el procedimiento y verificar que sigan las instrucciones que aparecen en la guía del alumno.

### 1.2 PRÁCTICA No 2: FABRICACIÓN DE UN PARLANTE

#### 1.2.1 OBJETIVOS

- Aprender el concepto de transducción electromagnética, mediante la construcción del elemento motor (*driver*) de un parlante.
- Utilizar materiales caseros disponibles a muy bajo costo para la construcción del parlante.

#### 1.2.2 MARCO TEÓRICO

Un altavoz es un dispositivo capaz de convertir energía eléctrica en energía acústica que se radia al aire. Por esta razón a este dispositivo se le llama transductor electroacústico. La transducción o transformación de energía se hace en dos fases. El modelo teórico de un transductor electroacústico, se basa en un transductor electromecánico y un transductor mecánico-acústico. Esto significa que se estudia por un lado la transformación de la energía eléctrica en mecánica, ya que se genera un movimiento, por otro lado se estudia la transformación de la energía mecánica en acústica, ya que el movimiento genera energía acústica.

Los parlantes se encuentran constituidos por las siguientes partes:

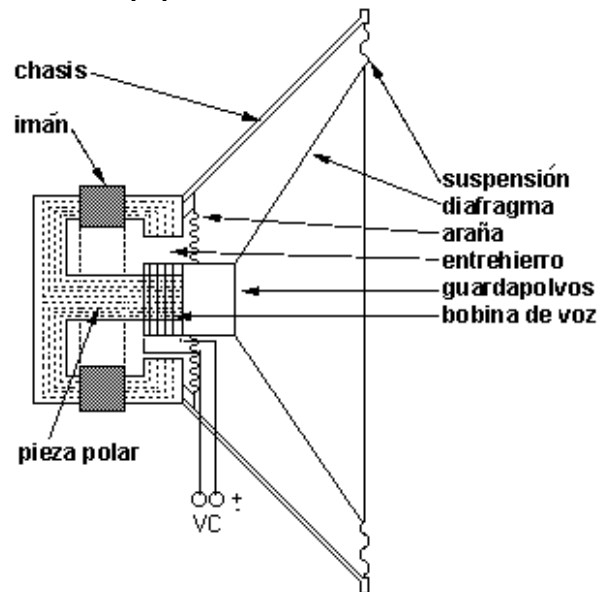
**El diafragma:** El diafragma transforma la fuerza del motor en presión útil. Si el altavoz está destinado a radiar bajas frecuencias, su cono deberá tener una gran superficie, para que pueda radiar suficiente potencia.

**Bobina:** La bobina móvil está constituida por espiras esmaltadas de aluminio o cobre, montadas sobre un caballo solidario con el diafragma o simplemente soportadas por el propio esmalte.

**Entrehierro:** En el entrehierro se debe concentrar el flujo magnético generado por el imán, por lo que deberá ser muy estrecho. Además deberá ser largo para que admita una gran longitud de bobina. Los fabricantes suelen utilizar bobinas más largas que el entrehierro, con el fin de que el flujo magnético interceptado por la bobina se mantenga constante, aunque la bobina sufra un gran desplazamiento.

**El imán:** El núcleo del cono del altavoz es un potente imán permanente. Cuanto más grande sea el imán, menor cantidad de energía eléctrica necesitara para producir igual volumen.

Figura 2. Partes del Parlante. Fuente: [http://www.pcpaudio.com/pcpfiles/doc\\_altavoces/analisis\\_altavoces/seccion.gif](http://www.pcpaudio.com/pcpfiles/doc_altavoces/analisis_altavoces/seccion.gif)



### 1.2.3 MATERIALES NECESARIOS PARA EL PROYECTO

- 2 platos hondo de poliestireno (icopor) No. 15 y No. 12.
- 1 m de alambre de cobre esmaltado Calibre AWG 34.



- Imán toroidal con diámetro interno no menor a 2 cm.
- 1 recorte de cartulina de 10 cm de longitud por 3,5 cm de anchura.
- Terminales para parlantes (cualquier versión).
- Pegante para poliestireno.

#### **1.2.4 PROCEDIMIENTO**

Para este laboratorio se especificaran en la guía del estudiante todas las instrucciones que se deben seguir para la fabricación de un parlante casero con materiales de bajo costo. Además pueden estar sujetas a algunas mejoras que el docente considere pertinente hacer en el dispositivo durante el desarrollo semestral del curso.

### **1.3 PRÁCTICA No 3: AMPLIFICADORES**

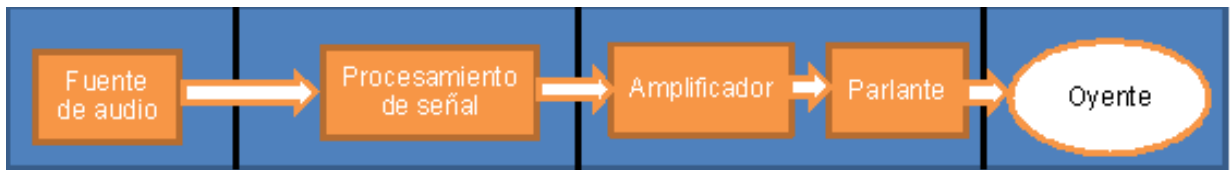
#### **1.3.1 OBJETIVOS**

- Diseñar mediante el integrado LM386 un amplificador de audio.
- Comparar la señal de entrada con la de salida para verificar el nivel de ganancia del amplificador.

#### **1.3.2 MARCO TEÓRICO**

Un amplificador, es un componente de procesamiento de señal, cuya función es incrementar la señal de audio. En sistemas de sonido es siempre el componente activo en la cadena de señal justo antes de los parlantes. Existen amplificadores de pequeña señal y de potencia, acá se implementará un amplificador de pequeña señal por practicidad y comodidad.

Figura 3. Diagrama de bloques de un sistema de audio



La señal que se quiere amplificar se aplica entre dos terminales de entrada y la señal ya amplificada se obtiene entre otros dos terminales denominados de salida. Uno de los parámetros más fundamentales de un amplificador es la ganancia que se define como el cociente entre la tensión de salida y la tensión de entrada.

$$G = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} \quad (1)$$

pero en muchas ocasiones la ganancia se expresa en decibeles (dB) y su valor se obtiene mediante la fórmula.

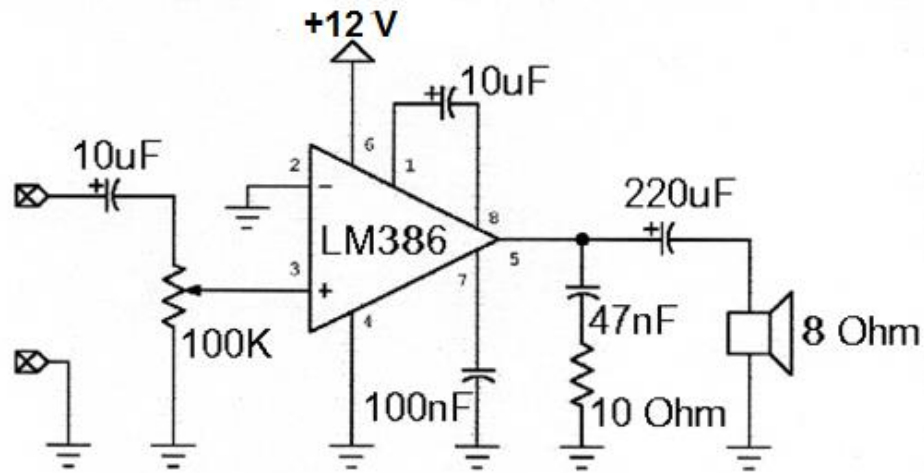
$$G(dB) = 20 \log G = 20 \log \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} \quad (2)$$

### 1.3.3 PROCEDIMIENTO

Implementar un circuito amplificador de audio, con el fin de chequear la ganancia y comparar gráficamente la señal de entrada con la señal de salida.

**Nota:** Se dará la posibilidad al estudiante de diseñar su propio circuito amplificador de audio con el amplificador LM386 o podrá usar el propuesto en la guía de laboratorio dado por el docente.

Figura 4. Circuito Amplificador de audio propuesto por el docente con LM386.  
Fuente: <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/images/4/48/E-s.ht21.gif>



## 1.4 PRÁCTICA No 4: CROSSOVERS

### 1.4.1 OBJETIVOS

- Encontrar los parámetros de diseño para un *crossover* de 2 vías.
- Entender el funcionamiento del *crossover* en la división de las frecuencias de la señal de audio.

### 1.4.2 MARCO TEÓRICO

El *crossover* también se conoce como red de división de frecuencia, son dispositivos que dividen la señal de audio en sus componentes de baja frecuencia que van desde 0 Hz a 300 Hz, medias de 300 a 5 kHz y altas frecuencia de 6 kHz a 20 kHz respectivamente. Conduciendo cada una de las partes al *driver* apropiado.

Esto evita problemas tales como el daño de los *drivers* y la mala calidad del sonido resultante.

Los filtros no cortan perfectamente una señal en frecuencias mayores o menores que una frecuencia determinada, llamada frecuencia de corte. Lo que hacen es disminuir la potencia de la señal a medida que su frecuencia se va alejando de la frecuencia de corte.

Los divisores de frecuencias se conforman de condensadores y bobinas (rollos de alambre) para atenuar las frecuencias. El uso de un sólo condensador o de un sólo carrete da una atenuación de 6 dB por octava.

La pendiente del *crossover* varía en diferentes sistemas: 6, 12, 16 y 24 dB por octava. Los filtros que los crean son llamados de 1er, 2do, 3ro y 4to orden respectivamente

La función del condensador en serie conectado en el positivo que va al parlante, consiste en atenuar las frecuencias bajas, su valor depende de la frecuencia a la cual se quiera hacer el corte para permitir el paso de las frecuencias altas, es decir, si se tiene un parlante de  $8 \Omega$  y se quiere hacer un corte en una frecuencia de 100 Hz, el valor del condensador sería de  $1590 \mu\text{F}$ , el cual puede ajustarse a un valor comercial. De esta manera se forma un filtro pasa altas. En algunos casos se introduce una señal de fase, que puede ser compensada invirtiendo la polaridad de la conexión del altavoz de agudos (*Tweeter*), en un sistema de 2 vías y el medio (*Midrange*), en un sistema de 3 vías.

La característica de la bobina de alambre es dejar pasar las frecuencias bajas y atenuar las frecuencias altas. Así se forma un filtro pasa bajas. Al finalizar siempre se hace un ajuste físico, con el fin de alinear las frecuencias y evitar el desfase de la señal, este consiste en la ubicación de los *drivers*, el de baja frecuencia siempre se ubica más atrás que el de alta frecuencia y la distancia depende del diseño de la caja acústica.

Figura 5. Gráfica del sistema de *Crossover* de un parlante de 2 vías. Fuente: Apuntes de clase sobre crossover de Tony Peñarredonda

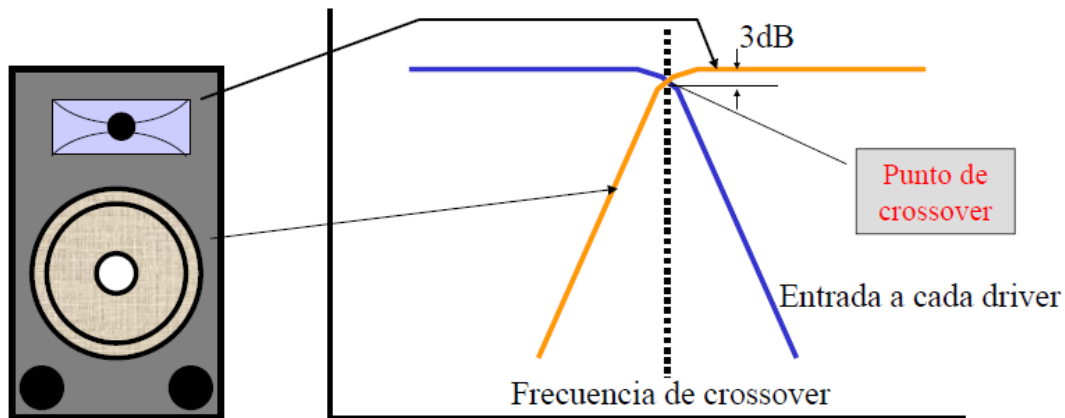
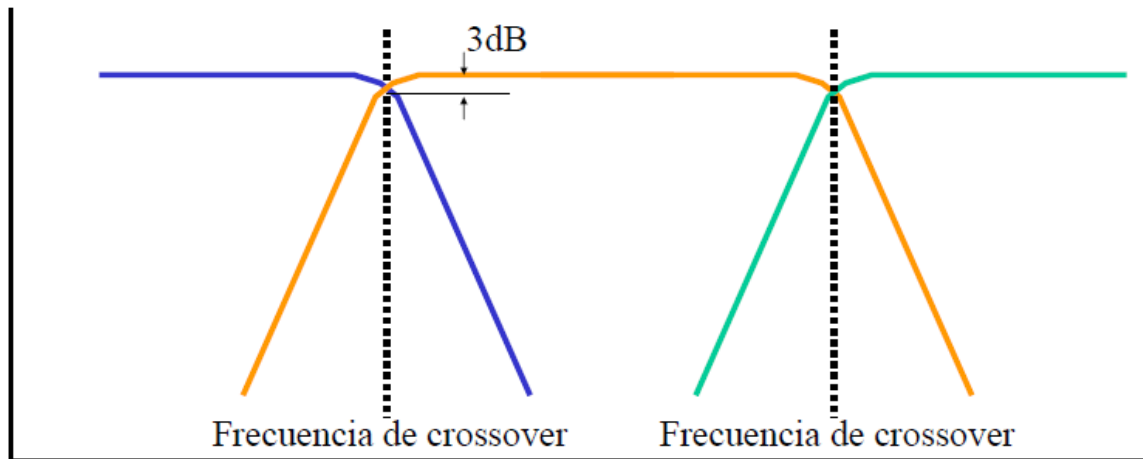


Figura 6. Gráfica del sistema de *Crossover* de un parlante de 3 vías. Fuente: Apuntes de clase sobre crossover de Tony Peñarredonda



### 1.4.3 PROCEDIMIENTO

Para diseñar el filtro pasa altas se calculan los 2 componentes necesarios para el circuito mediante las siguientes ecuaciones:

Para el cálculo de los condensadores se utiliza la expresión

$$Z = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (3)$$

Donde  $Z$  es la impedancia en Ohmios del parlante utilizado y  $f$  es la frecuencia de corte con la que se quiere diseñar el *crossover*.

Despejando  $C$  obtenemos el valor del condensador y lo que se hace es ajustarlo a un valor comercial.

Para el cálculo de las bobinas se usa la siguiente expresión:

$$Z = \omega L = 2\pi f L \quad (4)$$

donde  $Z$  es la impedancia en Ohmios del parlante utilizado y  $f$  es la frecuencia de corte con la que se quiere diseñar el *crossover*.

Despejando  $L$  se obtiene el valor de la bobina, que en la mayoría de ocasiones son carretes de alambre enrollados o en forma de solenoide para obtener el valor exacto, teniendo en cuenta el valor de la impedancia del parlante y las frecuencias de corte en las cuales queremos trabajar.

Figura 7. Esquema del *crossover* o filtro pasa altos

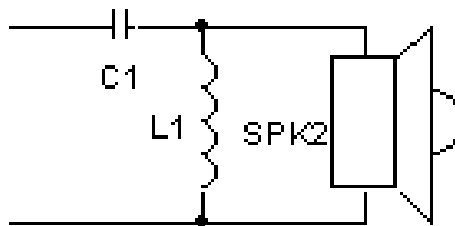
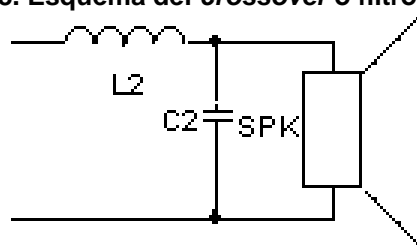


Figura 8. Esquema del *crossover* o filtro pasa bajos



## 1.5 PRÁCTICA No 5: SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

### 1.5.1 OBJETIVOS

- Comprender la forma de conexión los sistemas de puesta a tierra en equipos de audio.
- Conocer las instalaciones eléctricas adecuadas para las diferentes aplicaciones de los sistemas de audio

### 1.5.2 MARCO TEÓRICO

Un sistema de puesta a tierra tiene al menos un conductor o punto conectado intencionalmente a tierra. Esta conexión se realiza normalmente en el neutro o punto común de la conexión eléctrica conocida como configuración estrella, en la cual todos los elementos comparten un neutro que es el mismo punto y éste va aterrizado. En los equipos de audio se hacen importantes los sistemas de puesta a tierra con el fin de proteger los equipos contra daños por sobre voltajes y ruido proveniente de una mala conexión eléctrica.

Según la normatividad internacional, estos son algunos de los diferentes Sistemas de puesta a tierra establecidos:

**CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA:** Es aquel conductor de un circuito que se conecta a tierra intencionalmente. Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a alguna falla y la tierra. Por medio de este conductor circula la corriente no deseada hacia la tierra.

**ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA:** Es un cuerpo metálico conductor desnudo que va enterrado y su función es establecer el contacto con la tierra física.

**RED DE TIERRA:** Es la porción metálica subterránea de un sistema aterrizado que dispara hacia la tierra todo flujo de corriente no deseado. Esta red se puede componer de varias mallas interconectadas.

**RESISTENCIA DE TIERRA:** Es la resistencia que nos ofrece el terreno hacia la corriente en un sistema de puesta a tierra, esta resistencia depende de la resistividad del terreno y área de los conductores

**RESISTIVIDAD DEL TERRENO:** Es la propiedad del terreno que se opone al paso de la corriente eléctrica, la resistividad varía de acuerdo a las características del terreno.

**SISTEMA DE TIERRA:** Son varios conductores desnudos que se interconectan con una o varias mallas o electrodos enterrados.

**SUPRESOR DE PICOS:** No son más que elementos de protección contra sobretensiones transitorias.

**TIERRA AISLADA:** Es un conductor de tierra con aislamiento que se conecta a algún equipo, este conductor se coloca en la misma sección donde se encuentran los cables de energía.

Los sistemas de puesta a tierra tienen disposiciones internacionales tales como la ANSI/IEEE Standard. 81:1983, Guía para la medición de resistencia de tierra, impedancias de tierra y potenciales de superficie de tierra en sistemas de aterrizamiento.

Instalaciones domiciliaria, comerciales e industriales, especificadas en la ANNSI C114. 1-1973/ IEE Standard 142-1972.



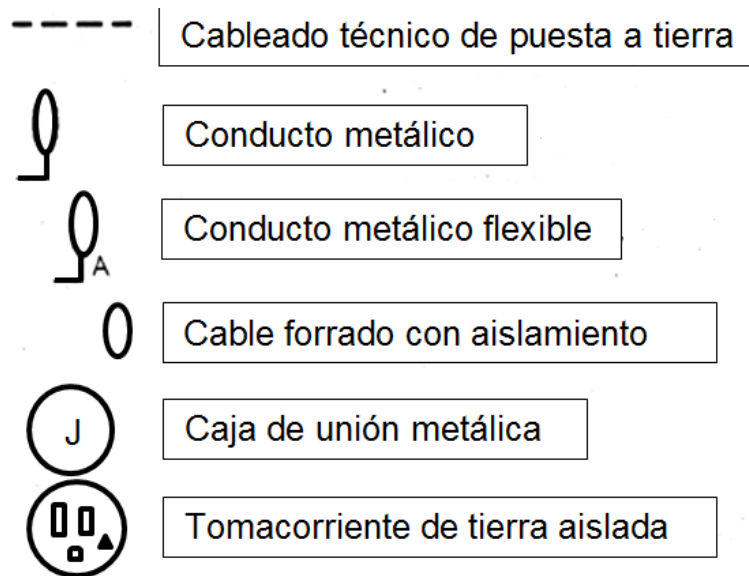
En nuestro país esta normatividad se rige por el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, mejor conocido como RETIE.

### 1.5.3 PROCEDIMIENTO

El docente hará una explicación abreviada sobre los diferentes circuitos con el fin de integrar a los estudiantes sobre las instalaciones eléctricas en los equipos de audio

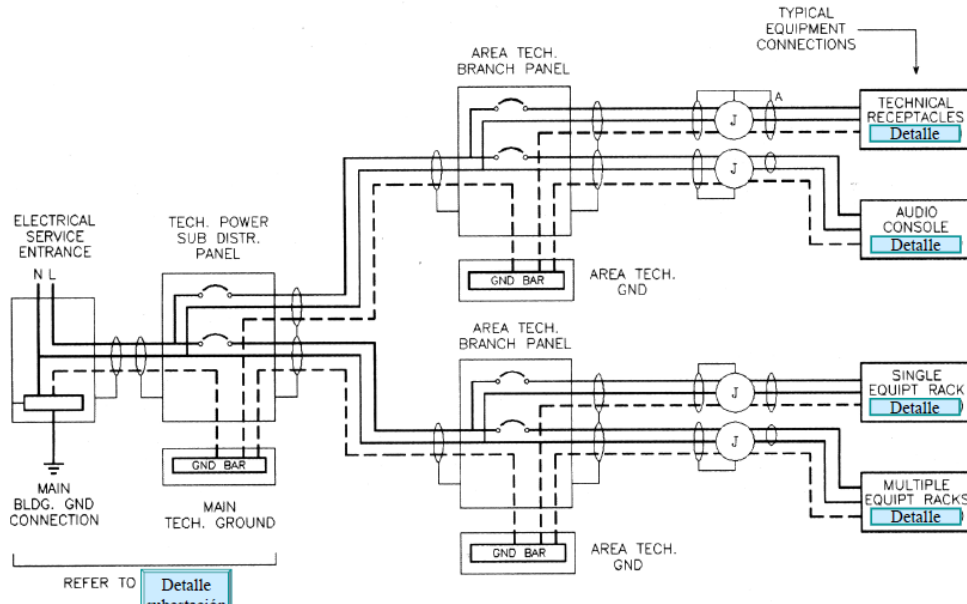
La figura 9, nos indica la simbología y la nomenclatura utilizada en las conexiones eléctricas utilizadas para la instalación de equipos de audio.

**Figura 9. Simbología de los diferentes conductores de conexiones eléctricas.**

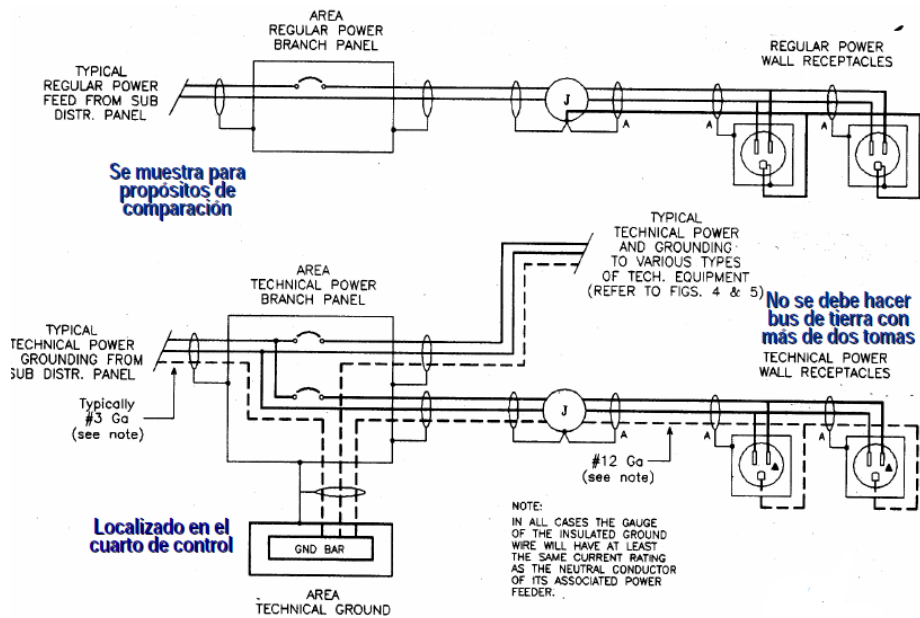


En la figura 10 se muestra la entrada del servicio de energía y la manera como los conductores están debidamente aterrizados para evitar sobrevoltajes, ruidos en equipos que puedan verse vulnerados por este tipo de situaciones.

**Figura 10. Entrada del servicio de puesta a tierra: Fuente. Apuntes de clase de Sistemas de Audio de Tony Peñarredonda**



**Figura 11. Conexión a la red de audio. Fuente: Apuntes de clase de Sistemas de Audio de Tony Peñarredonda**



La tabla 1 muestra los diferentes conductores que se emplean para conexiones eléctricas según la Código Eléctrico Nacional americano, el cual especifica los calibres y máxima corriente que soportan, además que incluyen la densidad de corriente tanto para conductores de cobre como para conductores de aluminio, específicamente.

**Tabla1. Rango de corrientes y calibres de conductores. Fuente: Apuntes de clase de Sistemas de Audio de Tony Peñarredonda**

<b>Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit ahead of Equipment Not Exceeding [A]</b>	<b>Copper Wire [AWG (mm<sup>3</sup>)]</b>	<b>Aluminum or Copper-Clad Aluminum Wire [AWG (mm<sup>3</sup>)]</b>
15	14 (2.081)	12 (3.309)
20	12 (3.309)	10 (5.261)
30	10 (5.261)	8 (8.366)
40	10 (5.261)	8 (8.366)
60	10 (5.261)	8 (8.366)
100	8 (8.366)	6 (13.30)
200	6 (13.30)	4 (21.18)

**\* Based on National Electrical Code table 250-95, "Minimum Size Equipment Ground Conductors for Grounding Raceway and Equipment."**

## **1.6 PRÁCTICA No 6: CALIBRACIÓN DE SISTEMAS DE AUDIO**

### **1.6.1 OBJETIVOS**

- Comprender la importancia de la calibración de un sistema de audio
- Analizar el procedimiento para calibrar sistemas en fase, frecuencia y amplitud.

### 1.6.2 MARCO TEÓRICO

La calibración de sistemas de audio es un proceso importante para el correcto funcionamiento del mismo ya que hay varios parámetros que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar una instalación de un sistema, sin importar el lugar ya que se parte de un procedimiento general en el cual, para sistemas de sonido, el máximo nivel es el que se puede lograr antes de que ocurra el retorno (*feedback*) acústico.

El nivel mínimo está determinado por el ruido del lugar general, ruido de la audiencia o por equipos de aire acondicionado. Los niveles mínimos son típicamente de 35-45 dBSPL y los niveles máximos deberían ser entre 100-105 dBSPL. Niveles mayores producen quejas en la audiencia. Esto significa que partiendo de un nivel mínimo y llegando hasta un nivel máximo hay un rango dinámico en el sistema de 55-70 dB. El rango dinámico del sistema no se puede cambiar, el trabajo consiste entonces en determinar la capacidad de un amplificador para sobrepasar su potencia en cortos intervalos para reproducir picos sin distorsionar (*Headroom*). La música típicamente tiene picos de 12-20 dB por encima del valor promedio. Nuestro sistema necesita entonces un *Headroom* de 12-20 dB.

### 1.6.3 PROCEDIMIENTO

- Después de que todos los equipos están instalados (amplificadores, crossover, consolas, parlantes, ecualizadores, etc), se verifica la operación del sistema pasando una señal por él. Es lo primero que se debe hacer. Esto es para verificar que todas las conexiones están correctas.
- Verificar si hay *hum* o *buzz* audible como consecuencias de problemas de interconexiones mal aterrizadas.
- Si el sistema es “silencioso” se puede proceder.

- Lleve al mínimo los controles de sensibilidad/nivel de los amplificadores.
- Apague los amplificadores. Esto permite encontrar el máximo nivel de señal del sistema sin perturbar a otros.
- Ponga todos los controles de ganancia/*level* al mínimo.

La ruta de señal típica en una consola: Cada canal de entrada consiste en una etapa de micrófono, interruptores de asignación de enrutamiento, controles de nivel y un control de volumen maestro de canal (*fader*).

Todos los canales se mezclan para formar varias salidas con sus respectivos controles de nivel y además cada canal contribuye con ruido a la suma. Se trata de maximizar la relación señal a ruido general. Se incrementa el nivel de señal para alcanzar lo más pronto posible los +4 dBu. Esta medida hace referencia al nivel de línea, el cuál es el estándar profesional de todos los equipos de audio y corresponde a 1,25 V o 600  $\Omega$  de impedancia.

### **Métodos para medir el nivel máximo**

**LUZ OL (*OVERLOAD*):** Se incrementa el nivel de señal hasta que los medidores de salida registran OL. Criterio suave porque OL se calibra varios dB antes del corte (*clipping*).

**OSCILOSCOPIO:** Se mide realmente la señal. Se ajustan controles hasta el punto exacto donde empieza el corte (*clipping*).

## **Ajustar los Amplificadores de potencia.**

Se debe dejar claro que los controles en los amplificadores no son controles de salida de potencia, son controles de sensibilidad de entrada.

Ellos determinan exactamente en qué nivel de entrada el amplificador produce máxima potencia en la salida antes de llegar al corte de (*Clipping*). Se pueden ajustar de tal manera que +4dBu causen plena potencia o que +20 dBu en la entrada produzcan plena potencia en la salida.

## **CAPITULO 2. GUÍAS PARA EL ESTUDIANTE DE SISTEMAS DE AUDIO**

### **2.1 PRÁCTICA No 1: RESPUESTA EN FRECUENCIA DE SISTEMAS DE AUDIO**

#### **2.1.1 OBJETIVOS**

- Determinar el comportamiento en el dominio de la frecuencia, de un sistema de audio básico.
- Graficar la respuesta en frecuencia del sistema de audio implementado en la práctica.
- Aprender una técnica para la medición de la respuesta en frecuencia de un sistema de audio básico.

#### **2.1.2 MARCO TEÓRICO**

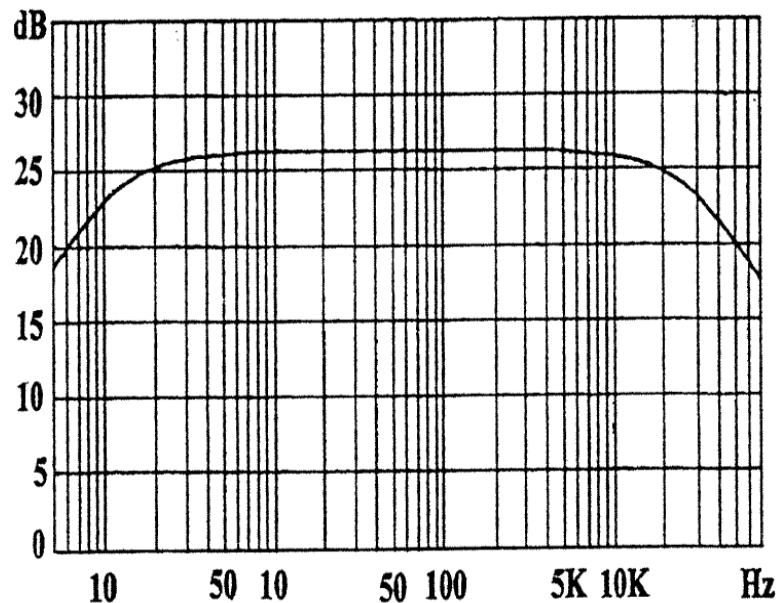
Denominamos respuesta en frecuencia a la reacción de un dispositivo de audio frente a las distintas frecuencias que componen el espectro de audio en el rango audible (20 a 20.000 Hz). Todos los dispositivos de audio cumplen una función determinada, los micrófonos recogen vibraciones acústicas y las convierten en

señales eléctricas. Los altavoces convierten señales eléctricas en vibraciones acústicas.

Todos los dispositivos manejan frecuencias de audio, pero no reaccionan igual ante todas las frecuencias. De igual forma que el oído humano no escucha igual todas las frecuencias, los micrófonos tampoco, ni los amplificadores trabajan igual con todas igual, ni los altavoces son capaces de reproducir todas las frecuencias por igual. Esta última es la razón por la que en la mayoría de los equipos domésticos, hay por lo menos dos altavoces distintos por caja. Uno para reproducir las frecuencias graves y otro para reproducir las frecuencias altas.

Estas variaciones de respuesta conforme varía la frecuencia se miden en decibeles y se pueden representar gráficamente. La retícula sobre la que se suelen representar es la escala logarítmica en el eje horizontal (frecuencia) y lineal en el vertical (dB).

**Figura 12. Respuesta en Frecuencia de un amplificador. Fuente: Acústica y sistemas de sonido, Federico Miyara. P.108**



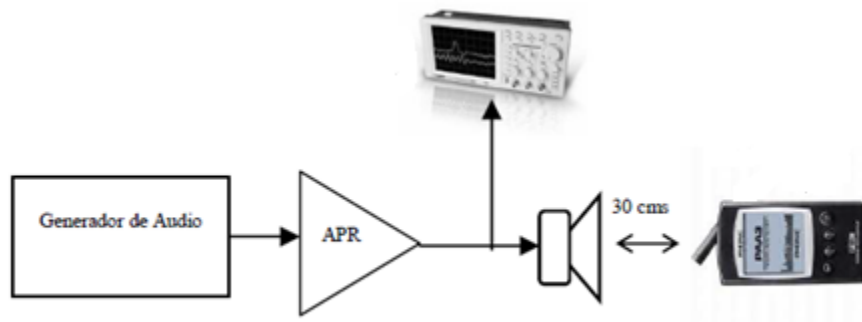
### 2.1.3 EQUIPOS NECESARIOS

- Amplificador de potencia de audio
- Generador de Audio
- Sonómetro
- Cables de conexión
- Osciloscopio
- Protección auditiva

#### 2.1.3.1 MONTAJE

Realizar el montaje indicado en la figura 13.

**Figura 13. Montaje de un sistema de audio básico para determinar su respuesta en frecuencia. Fuente: Apuntes de clase de respuesta en frecuencia de Tony Peñarredonda.**



#### 2.1.4 PROCEDIMIENTO

- Programe el generador de audio para una frecuencia de 1Khz. Ajuste la salida del amplificador de tal forma que el parlante genere una presión de sonido muy superior al ruido ambiental del laboratorio. Utilizando el sonómetro, mida esta presión a una distancia de 30 cm y úsela como referencia.



- Registre el voltaje pico o RMS a la entrada del parlante. Este será el voltaje que se debe sostener para todas las frecuencias del barrido. Haga los ajustes necesarios en el amplificador para garantizar esta condición en cada frecuencia.
- Logrado el voltaje en la entrada del parlante, con el sonómetro a una distancia de 30 cms y haga la toma de datos para cada una de las frecuencias establecidas.

### 2.1.5 INFORME

- Tomar los datos en la siguiente tabla, para las frecuencias indicadas:

F[Hz]	40	60	80	100	300	500	700	900	2K	4K	6K	8K	10K	12K	14K	16K
dB SPL																
dB																

- Dibuje la curva respectiva para los datos dB SPL vs Frecuencia y dB vs Frecuencia.
- Concluya sobre los resultados obtenidos

## 2.2 PRÁCTICA No 2: FABRICACIÓN DE UN PARLANTE

### 2.2.1 OBJETIVOS

- Aprender el concepto de transducción electromagnética, mediante la construcción del elemento motor (*driver*) de un parlante.
- Comprobar el funcionamiento del parlante una vez se haya concluido su elaboración
- Utilizar materiales caseros disponibles a muy bajo costo para la construcción del parlante.

### **2.2.2 MARCO TEÓRICO**

Un altavoz es un dispositivo capaz de convertir energía eléctrica en energía acústica que se radia al aire.

A este dispositivo se le llama transductor electroacústico. La transducción o transformación de energía, se hace en dos fases. El modelo teórico de un transductor electroacústico, se basa en un transductor electromecánico y un transductor mecánico-acústico. Esto significa, que se estudia por un lado la transformación de la energía eléctrica en mecánica, ya que se genera un movimiento, por otro lado se estudia la transformación de la energía mecánica en acústica, ya que el movimiento genera energía acústica.

El transductor electromecánico se llama "motor", por el movimiento que genera. Este movimiento se traspa al segundo transductor, el mecánico-acústico, que se llama "diafragma".

### **2.2.3 MATERIALES NECESARIOS PARA EL PROYECTO**

- 2 platos hondos de poliestireno (icopor) No. 15 y No. 12.
- 1 m de alambre de cobre esmaltado Calibre AWG 34.
- Imán toroidal con diámetro interno no menor a 2 cm
- 1 recorte de cartulina de 10 cm de longitud por 3,5 cm de anchura.
- Terminales para parlantes (cualquier versión).
- Pegante para poliestireno

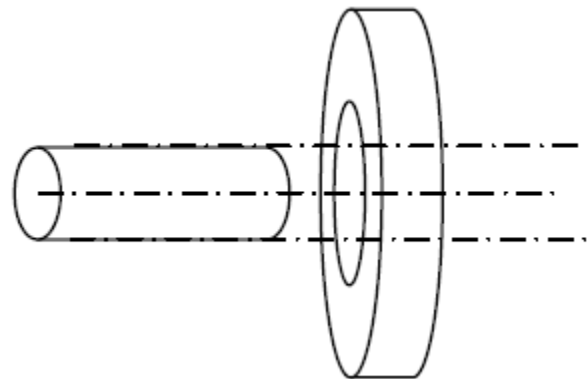
**Figura 14. Materiales necesarios para el proyecto de construcción del parlante. Fuente: Guía para la construcción de un parlante de Tony Peñarredonda**



#### **2.2.4 PROCEDIMIENTO**

Tome el recorte de cartulina y haga un tubo cuyo diámetro permita el paso libre a través del imán toroidal tal y como se indica en la figura 16.

**Figura 15. Diseño del cuerpo que llevará el alambre esmaltado de la bobina. Fuente: Guía para la construcción de un parlante de Tony Peñarredonda**



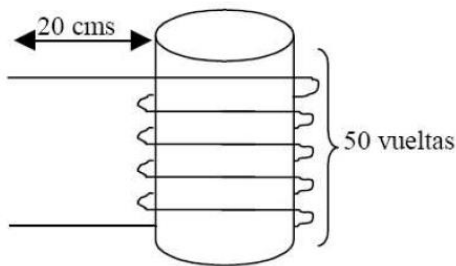
A 1 cm del borde haga pestañas para sujeción y adóselo al plato más pequeño tal y como se muestra en la figura 16. Utilice el pegante para poliestireno. Debe quedar exactamente en el centro.

**Figura 16. Diseño y sujeción del cuerpo de la bobina. Fuente: Guía para la construcción de un parlante de Tony Peñarredonda**



Dejando extremos de 20 cm, enrolle el alambre de cobre en el tubo empezando en el cuello que lo une con el plato, y terminando en el extremo libre. Dé 50 vueltas de manera uniforme. Utilice cinta pegante transparente para sujetar durante el bobinado, igualmente, remate con cinta para evitar que se afloje.

**Figura 17. Elaboración del embobinado. Fuente: Guía para la construcción de un parlante de Tony Peñarredonda**



Tome el plato grande y pegue en su fondo interno el imán toroidal perfectamente centrado tal y como se muestra en la figura 18.

**Figura 18. Ubicación central del imán toroidal. Fuente: Guía para la construcción de un parlante de Tony Peñarredonda**



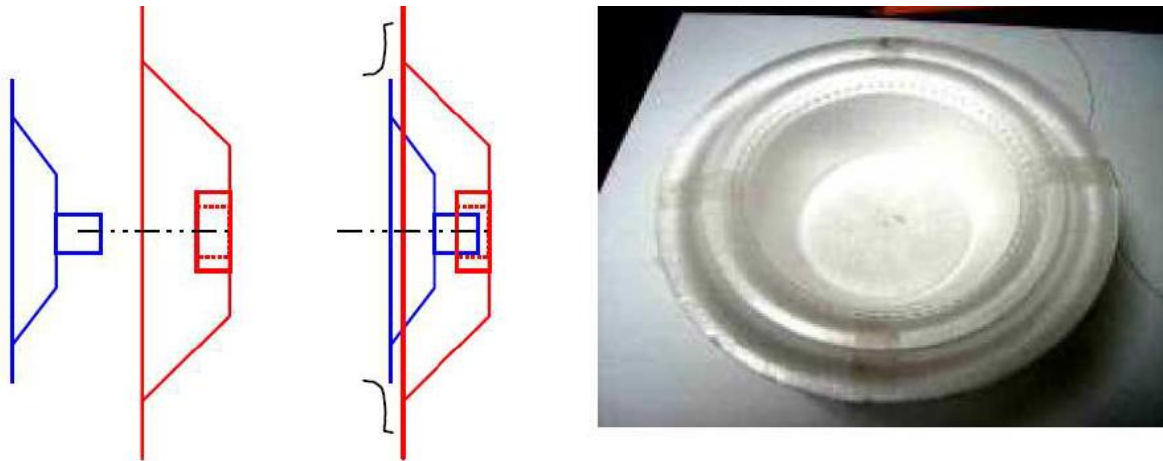
En el plato grande, haga 2 pequeños agujeros a media altura. Desde adentro, pase por ellos los alambres de la bobina, tal y como se muestra en la figura 19.

**Figura 19. Ubicación de las conexiones de la bobina. Fuente: Guía para la construcción de un parlante de Tony Peñarredonda**



Inserte la bobina del plato pequeño, en el imán toroidal, de manera que queden coaxiales. Suspenda, con cinta transparente, por los bordes el plato pequeño a los bordes del plato grande, de manera que, la bobina no toque fondo, ver la figura 20.

**Figura 20. Instalación de los diferentes materiales para finalizar el parlante. Fuente: Guía para la construcción de un parlante de Tony Peñarredonda**



Monte el sistema sobre una tablilla o cartón grueso e instale los terminales de conexiones. Con papel de lija, remueva el esmalte aislante de los extremos del alambre de la bobina, atorníllelos a los terminales de parlante, de manera que hagan contacto eléctrico.

El parlante está terminado, su impedancia aproximada es de 8 Ohmios y puede alcanzar una potencia entre 2 y 6 watts aproximadamente.

### **2.2.5 INFORME**

- Describa como fue el proceso de fabricación de su parlante teniendo en cuenta las dificultades que se le presentaron y como pudo solucionarlas.
- Realice un barrido por el rango audible entre 20Hz-20KHz identificando cuales frecuencias puede reproducir el parlante y grafique la respuesta en frecuencia.
- Concluya acerca del aprendizaje obtenido con la práctica de laboratorio.

## 2.3 PRÁCTICA No 3: AMPLIFICADORES

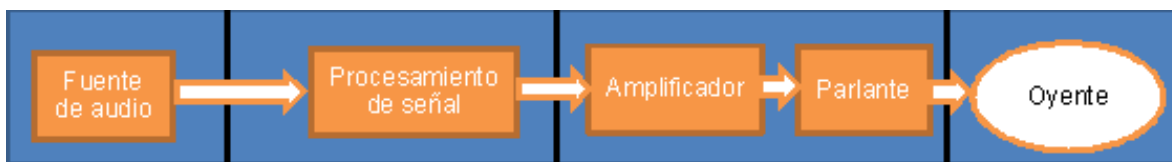
### 2.3.1 OBJETIVOS

- Diseñar, mediante un operacional Im 386 un amplificador de audio.
- Comparar la señal de entrada con la de salida para verificar el nivel de ganancia del amplificador.

### 2.3.2 MARCO TEÓRICO

Un amplificador, es un componente de procesamiento de señal, cuya función es incrementar la señal de audio. En sistemas de sonido es siempre el componente activo en la cadena de señal justo antes de los parlantes. Existen amplificadores de pequeña señal y de potencia, acá se implementará un amplificador de pequeña señal por practicidad y comodidad.

Figura 21. Diagrama de bloques de un sistema de audio. Fuente: Hecha por el autor



La señal que se quiere amplificar se aplica entre dos terminales de entrada y la señal ya amplificada se obtiene entre otros dos terminales denominados de salida. Uno de los parámetros más fundamentales de un amplificador es la ganancia que se define como el cociente entre la tensión de salida y la tensión de entrada.

$$G = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} \quad (5)$$

pero en muchas ocasiones la ganancia se expresa en decibeles (dB) y su valor se obtiene mediante la fórmula.

$$G(dB) = 20 \log G = 20 \log \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} \quad (6)$$

### 2.3.3

### 2.3.4 PROCEDIMIENTO

Diseñar un circuito amplificador de audio, mediante un operacional LM386, puede hacer uso del proporcionado en la guía del docente.

Verificar la señal de entrada y de salida mediante el osciloscopio para determinar la ganancia del amplificador.

### 2.3.5 INFORME

- Entregar el diagrama esquemático del circuito amplificador implementado
- Anexar fotografías de la señal de entrada, la señal de salida y la superposición de ambas señales para ver el correcto funcionamiento del amplificador
- Concluya sobre los resultados obtenidos en la práctica.

## 2.4 PRÁCTICA No 4: CROSSOVERS

### 2.4.1 OBJETIVOS

- Encontrar los parámetros de diseño para un *crossover* de 2 vías.
- Entender el funcionamiento del *crossover* en la división de las frecuencias de la señal de audio.



## 2.4.2 MARCO TEÓRICO

El *crossover* también se conoce como red de división de frecuencia, los cuales son dispositivos que dividen el “*full rango*” de la señal de audio en sus componentes de baja y alta frecuencia respectivamente. Conduciendo cada una de las partes al *driver* apropiado.

Esto evita problemas tales como el daño de los *drivers* y la mala calidad del sonido resultante.

Los filtros no cortan perfectamente una señal en frecuencias mayores o menores que una frecuencia determinada, llamada frecuencia de corte. Lo que hacen es disminuir la potencia de la señal a medida que su frecuencia se va alejando de la frecuencia de corte.

Los Divisores de Frecuencias se conforman de condensadores y bobinas (rollos de alambre) para atenuar las frecuencias. El uso de un sólo condensador o de un sólo carrete da una atenuación de 6 dB por octava.

La pendiente del *crossover* varía en diferentes sistemas: 6, 12, 16 y 24 dB por octava. Los filtros que los crean son llamados de 1er, 2do, 3ro y 4to orden respectivamente

La función del Condensador en Serie conectado en el positivo; que va al parlante, consiste en atenuar las frecuencias bajas y dejar pasar las frecuencias altas. De esta manera se forma un Filtro Pasa Altos. En algunos casos se introduce una señal de fase, que puede ser compensada invirtiendo la polaridad de la conexión del altavoz de agudos (*Tweeter*), en un sistema de 2 vías y el medio (*Midrange*), en un sistema de 3 vías.

La característica de la bobina de alambre es dejar pasar las frecuencias bajas y atenuar las frecuencias altas. Así se forma un filtro pasa bajos.

### 2.4.3 PROCEDIMIENTO

Para diseñar el filtro pasa altos se calculan los 2 componentes necesarios para el circuito mediante las siguientes ecuaciones:

Para el cálculo de los condensadores se utiliza la siguiente expresión:

$$Z = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (7)$$

donde  $Z$  es la impedancia en Ohmios del parlante utilizado y  $f$  es la frecuencia de corte con la que se quiere diseñar el *crossover*.

Despejando  $C$  obtenemos el valor del condensador y lo que se hace es ajustarlo a un valor comercial.

Para el cálculo de las bobinas se usa la siguiente expresión

$$Z = \omega L = 2\pi f L \quad (8)$$

donde  $Z$  es la impedancia en Ohmios del parlante utilizado y  $f$  es la frecuencia de corte con la que se quiere diseñar el *crossover*.

Despejando  $L$  obtenemos el valor de la bobina, que en la mayoría de ocasiones son carretes de alambre enrollados o en forma de solenoide para obtener el valor exacto.

Elaborar el diseño de un *crossover* a partir de dispositivos electrónicos comerciales según las especificaciones del docente.

Especificar el valor de los condensadores y las bobinas y la forma de construcción de las mismas, para frecuencias de 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 3000 Hz, 6000 Hz y 12000 Hz.

#### **2.4.4 INFORME**

- Graficar la respuesta del sistema acoplado con un parlante, para las diferentes frecuencias indicadas en el procedimiento.
- Concluya sobre los resultados obtenidos durante la práctica.

### **2.5 PRÁCTICA No 5: SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA**

#### **2.5.1 OBJETIVOS**

- Comprender la forma de conexión los sistemas de puesta a tierra en equipos de audio.
- Conocer las instalaciones eléctricas adecuadas para las diferentes aplicaciones de los sistemas de audio

#### **2.5.2 MARCO TEÓRICO**

Un sistema de puesta a tierra tiene al menos un conductor o punto conectado intencionalmente a tierra. Esta conexión se realiza normalmente en el neutro o punto común de la conexión eléctrica conocida como configuración estrella, en la cual todos los elementos comparten un neutro que es el mismo punto y éste va aterrizado.

Según la normatividad internacional, estos son algunos de los diferentes Sistemas de puesta a tierra establecidos:

**CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA:** Es aquel conductor de un circuito que se conecta a tierra intencionalmente. Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a alguna falla y la tierra. Por medio de este conductor circula la corriente no deseada hacia la tierra.

**ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA:** Es un cuerpo metálico conductor desnudo que va enterrado y su función es establecer el contacto con la tierra física.

**PUETE DE UNION:** Este puente es un conductor que nos sirve para proporcionar la conductividad eléctrica entre partes de metal que requieren ser conectadas eléctricamente.

**RED DE TIERRA:** Es la porción metálica subterránea de un sistema aterrizado que dispara hacia la tierra todo flujo de corriente no deseado. Esta red se puede componer de varias mallas interconectadas.

**RESISTENCIA DE TIERRA:** Es la resistencia que nos ofrece el terreno hacia la corriente en un sistema de puesta a tierra, esta resistencia depende de la resistividad del terreno y área de los conductores

**RESISTIVIDAD DEL TERRENO:** Es la propiedad del terreno que se opone al paso de la corriente eléctrica, la resistividad varía de acuerdo a las características del terreno.

**SISTEMA DE TIERRA:** Son varios conductores desnudos que se interconectan con una o varias mallas o electrodos enterrados.

**SUPRESOR DE PICOS:** No son más que elementos de protección contra sobretensiones transitorias.

**TIERRA AISLADA:** Es un conductor de tierra con aislamiento que se conecta a algún equipo, este conductor se coloca en la misma soportaría donde se encuentran los cables de energía.

Los sistemas de puesta a tierra tienen disposiciones internacionales tales como la ANSI/IEEE Standard. 81:1983, Guía para la medición de resistencia de tierra, impedancias de tierra y potenciales de superficie de tierra en sistemas de aterrizamiento.

Instalaciones domiciliaria, comerciales e industriales, especificadas en la ANNSI C114. 1-1973/ IEE Standard 142-1972.

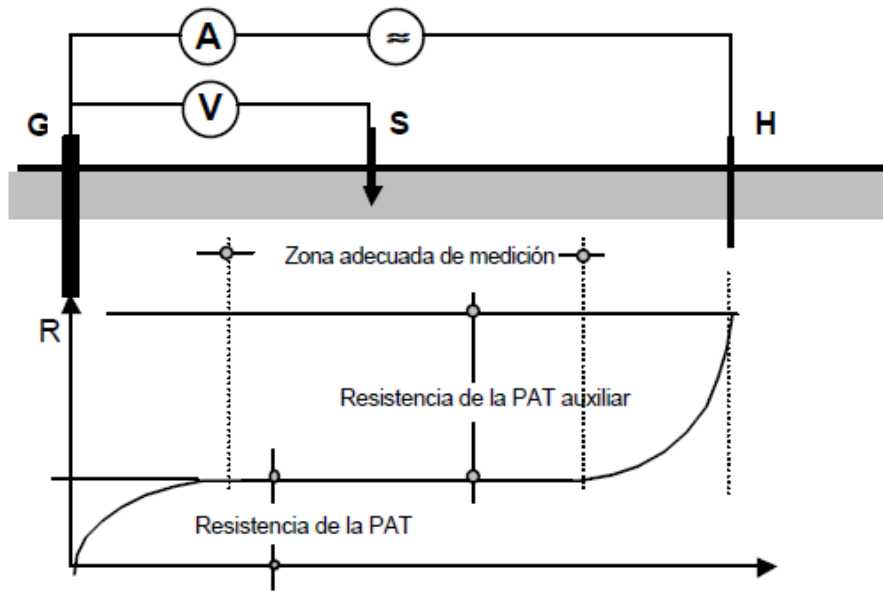
En nuestro país esta normatividad se rige por el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, mejor conocido como RETIE.

### **2.5.3 PROCEDIMIENTO**

Básicamente la medición de la resistencia de puesta a tierra (PAT) se realiza haciendo circular corriente alterna en el circuito formado por la PAT G, una jabalina auxiliar H de PAT y el suelo entre ambas PAT.

Se mide la corriente y la caída de tensión entre G y una sonda S ubicada en un punto intermedio entre G y H. Si se elige adecuadamente la separación entre G y H, el incremento de la resistencia del suelo se vuelve despreciable a una determinada distancia de la PAT. De esta manera, la caída de tensión medida define el valor de la resistencia de PAT.

**Figura 22. Medición de la resistividad eléctrica del suelo. Fuente: Mediciones Eléctricas – Resistencia eléctrica de puesta a tierra – Resistividad eléctrica del suelo. Universidad de Rosario**

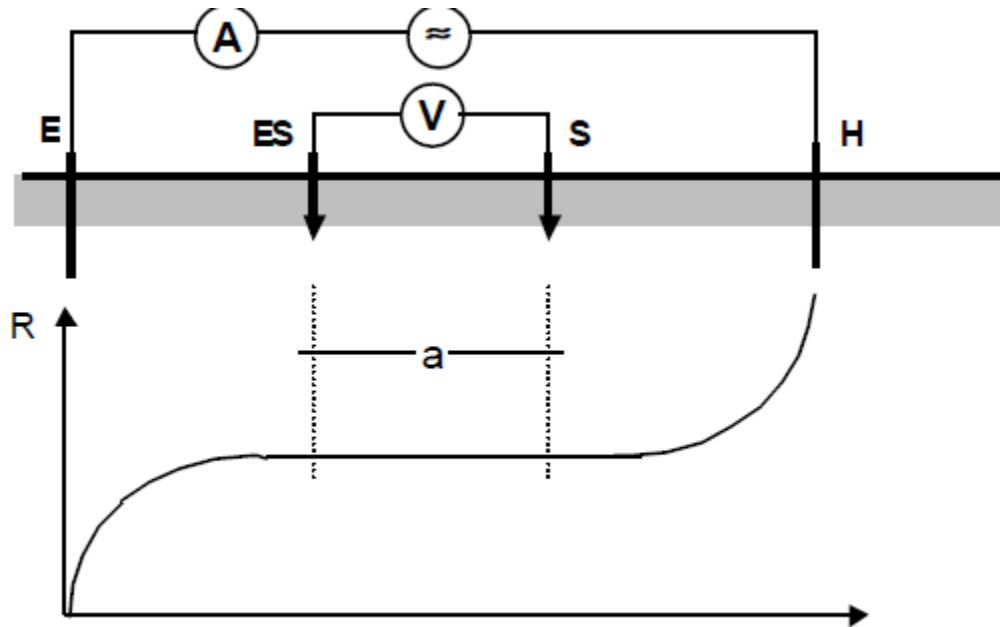


### Medición de la resistividad eléctrica del suelo

En este caso se determina la resistencia de un tramo de suelo alimentando con AC el circuito formado por las jabalinas auxiliares E y H de PAT y el suelo entre ambas. Se mide la corriente circulante entre ellas y la caída de tensión entre las sondas ES y S ubicadas en el tramo medio entre E y H. (donde el incremento de la resistencia del suelo es despreciable).

Con el valor medido de resistencia se calcula la resistividad eléctrica del suelo, a una profundidad que depende de la separación a entre los electrodos

Figura 23. Circuito de medición resistividad eléctrica del suelo. Fuente: Mediciones Eléctricas – Resistencia eléctrica de puesta a tierra – Resistividad eléctrica del suelo. Universidad de Rosario



Los equipos utilizados solamente para la medición de resistencia de PAT vienen provistos de tres bornes (uno para conectarse a la PAT a medir, otro para la sonda de tensión y el tercero para la PAT auxiliar). Para la medición de resistencia de PAT y resistividad eléctrica del suelo el equipo viene con cuatro bornes, dos para inyectar la corriente y dos para medir la caída de tensión. En este caso la dimensión (longitud y diámetro) de las varillas utilizadas como electrodos juega un papel importante en la medición.

Para la determinación de la resistividad a poca profundidad (aproximadamente hasta 12 mt), se utilizan varillas finas y cortas (~ 5 x 300 mm). Para profundidades mayores la sección y longitud de las varillas es mucho mayor (~ 12 x 500 mm)

La nomenclatura de los bornes depende de cada equipo. En la figura 25 se muestra la correspondiente al *Megger® Earth Tester*, de la Evershed & Vignoles Ltd, con los bornes C1 y P1 puenteados para medir resistencia de PAT. La figura 26 (medición de resistividad eléctrica del suelo) es la nomenclatura empleada por la mayoría de los equipos europeos (Norma-Lem, Metra, etc)

Figura 24. Conexión del Megger para la medida de PAT Fuente: Mediciones Eléctricas – Resistencia eléctrica de puesta a tierra – Resistividad eléctrica del suelo. Universidad de Rosario

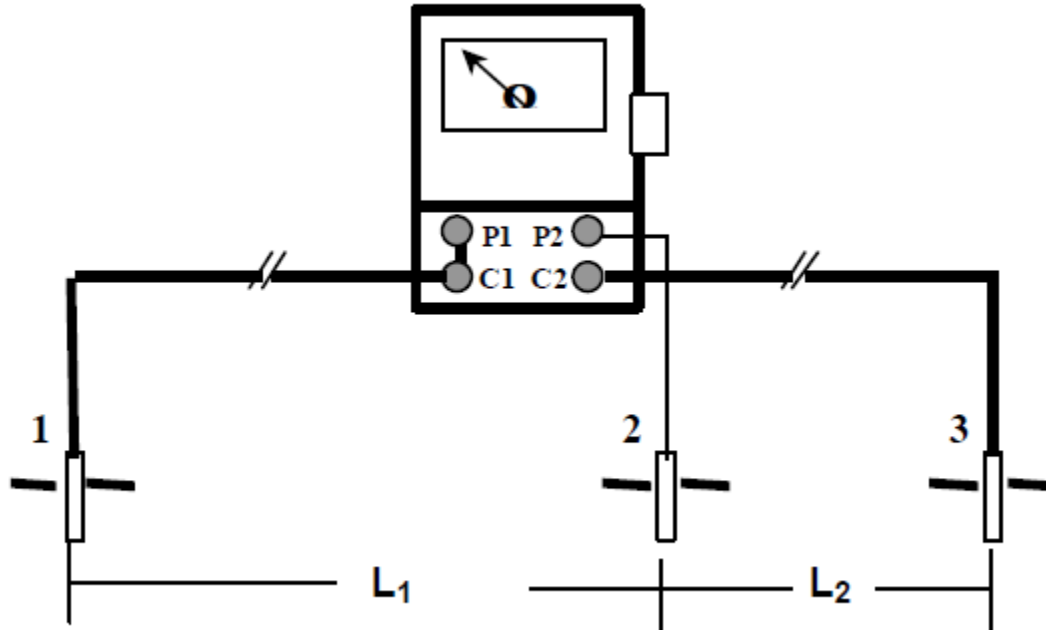
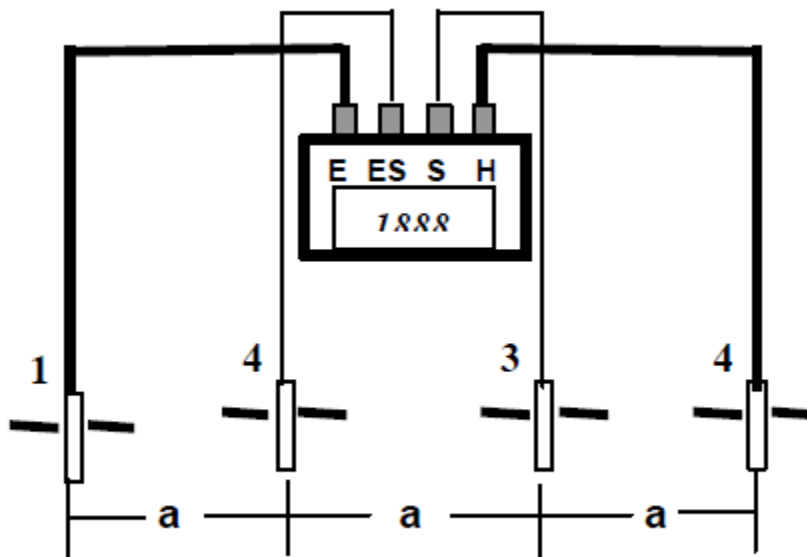


Figura 25. Circuito de medida de la Resistividad Eléctrica del suelo. Fuente: Mediciones Eléctricas – Resistencia eléctrica de puesta a tierra – Resistividad eléctrica del suelo. Universidad de Rosario.





#### **2.5.4 INFORME**

- Describa cual fue la medida de la puesta a tierra y la resistividad eléctrica del suelo.
- Conclusiones

### **2.6 PRÁCTICA No 6: CALIBRACIÓN DE SISTEMAS DE AUDIO**

#### **2.6.1 OBJETIVOS**

- Comprender la importancia de la calibración de un sistema de audio
- Analizar el procedimiento para calibrar sistemas en fase, frecuencia y amplitud.

#### **2.6.2 MARCO TEÓRICO**

La calibración de sistemas de audio es un proceso importante para el correcto funcionamiento del mismo ya que hay varios parámetros que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar una instalación de un sistema, sin importar el lugar ya que se parte de un procedimiento general en el cual, para sistemas de sonido, el máximo nivel es el que se puede lograr antes de que ocurra el retorno (*feedback*) acústico.

El nivel mínimo está determinado por el ruido del lugar general, ruido de la audiencia o por equipos de aire acondicionado. Los niveles mínimos son típicamente de 35-45 dBSPL y los niveles máximos deberían ser entre 100-105 dBSPL. Niveles mayores producen quejas en la audiencia. Esto significa que partiendo de un nivel mínimo y llegando hasta un nivel máximo hay un rango dinámico en el sistema de 55-70 dB. El rango dinámico del sistema no se puede cambiar, el trabajo consiste entonces en determinar la capacidad de un

amplificador para sobrepasar su potencia en cortos intervalos para reproducir picos sin distorsionar (*Headroom*). La música típicamente tiene picos de 12-20 dB por encima del valor promedio. Nuestro sistema necesita entonces un *Headroom* de 12-20 dB.

### 2.6.3 PROCEDIMIENTO

- Después de que todos los equipos están instalados (amplificadores, crossover, consolas, parlantes, ecualizadores, etc), se verifica la operación del sistema pasando una señal por él. Es lo primero que se debe hacer. Esto es para verificar que todas las conexiones están correctas.
- Chequear por *hum* o *buzz* audible como consecuencias de problemas de interconexiones mal aterrizadas.
- Si el sistema es “silencioso” se puede proceder.
- Lleve al mínimo los controles de sensibilidad/nivel de los amplificadores.
- Apague los amplificadores. Esto permite encontrar el máximo nivel de señal del sistema sin perturbar a otros.
- Ponga todos los controles de ganancia/*level* al mínimo.

La ruta de señal típica en una consola: Cada canal de entrada consiste en una etapa de micrófono, interruptores de asignación de enrutamiento, controles de nivel y un control de volumen maestro de canal (*fader*).

Todos los canales se mezclan para formar varias salidas con sus respectivos controles de nivel y además cada canal contribuye con ruido a la suma. Se trata de maximizar la relación señal a ruido general. Se incrementa el nivel de señal para alcanzar los +4dBu lo más pronto posible desde la entrada.

## CONCLUSIONES

- El desarrollo práctico del curso de sistemas de audio orienta a los estudiantes a investigar en nuevos campos, los cuales con el pasar del tiempo tomarán más fuerza en el ámbito laboral y como Ingenieros lograrán demostrar sus habilidades para el desarrollo y la solución de dificultades que se presenten en este medio.
- El conocimiento en respuesta en frecuencia, amplificadores y parlantes, logrará fomentar en los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana un interés mayor en el área de audio y sus cursos optativos, éstos ligados al trabajo que se realice en el semillero de audio de la escuela de Ingenierías.
- La razón de tener un buen sistema de tierra va desde la parte de la distribución de energía, logrando tener redes con seguridad, confiabilidad y economía. Además de proveer una conexión estable y de baja impedancia a tierra, para la protección de sistemas de audio, video y computadores.
- La evaluación y las pruebas eléctricas de los sistemas de audio son indispensables para evitar los problemas de fallas en los equipos, también es importante estudiar y conocer la respuesta del sistema que se ha instalado y la respuesta en frecuencias que tiene la sala para lograr el máximo de confort acústico del evento que deseamos sonorizar.

## BIBLIOGRAFÍA

Se utilizaron varios textos para complementar el desarrollo de éste trabajo de grado.

BALOU, Glen. Hand Book for Sound Engineers, The new audio Cyclopedia. 1er Edición. Los Angeles: Howard W. Sams & Co, 1988. 1264 p.

DAVIS, Gary y JONES, Ralph. Sound Reinforcement Handbook 2da Edición. Yamaha 1989. 361-380, 423-468 p.

MCCARTHY, Bob. Sistemas de Sonido: Diseño y Optimización, Capitulo 1, Editorial Alavena, 1972, 527 p.

MIYARA, Federico. Acústica y Sistemas de sonido. Editorial de la Universidad de Rosario, 320 p.

MURILLO, William, Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Artículo 250, NTC 2050. 164 p.

PEÑARREDONDA, Tony, Apuntes y presentaciones del curso Sistemas de Audio, Respuesta en frecuencia. UPB 2010.

Figura 1