



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO PARA
PREVENIR EL DETERIORO DEL OÍDO DE LOS
TRABAJADORES DEL ÁREA MECÁNICA DE ADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :

MARIO VÁZQUEZ ALARCÓN

ASESORA

I. M. E. SUGEIL SUÁREZ PIÑA.

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO
2018





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS.

Gracias te doy señor Dios por haber permitido culminar una meta, por poner en mi camino a las personas que me ayudaron en este proyecto.

A mis padres la señora Felipa Alarcón Acevedo y el señor Mario Vázquez Molina que son el pilar de toda mi carrera y de mi vida. Porque gracias a su apoyo incondicional pude terminar este proyecto.

A los que contribuyeron con sus conocimientos para poder realizar la tesis:

Ingeniera Sugeil Suárez Piña

Maestro en mecánica Jorge Jiménez Arenas

Técnico en electrónica industrial Óscar Salazar Domínguez.

A mis abuelos paternos (que aunque ya no se encuentran con nosotros pero siempre estarán en nuestros corazones) y a mis abuelos maternos (que me han dado su cariño) que les dieron las herramientas a mis padres para que cumpliéramos nuestros sueños. A mis hermanas que me han dado su ejemplo para seguir adelante y a esos angelitos que nos cuidan desde el cielo, a mis sobrinos, a mis amigos que con el tiempo se han convertido en mis hermanos dándome sus consejos y apoyo incondicional. A todas la personas que confiaron en mí. Porque la lista es muy larga de todas esas personas que me han apoyado para culminar este escalón de mi vida.

A la UNAM que nos ha dado todas las herramientas para ser unas personas exitosas

A todos ellos:

¡MUCHAS GRACIAS!

Índice

OBJETIVO	1
OBJETIVOS PARTICULARES	1
ANTECEDENTES	1
JUSTIFICACIÓN	1
INTRODUCCIÓN.....	3
1. CAPÍTULO I	5
1.1 CÓMO AFECTA EL RUIDO A NUESTRO OÍDO	5
1.2 NORMATIVA MEXICANA DE TRABAJO	6
1.3 FILTROS	7
1.3.1 FILTRO PASA BAJAS	8
1.3.2 FILTRO PASA ALTAS	10
1.3.3 FILTRO PASA BANDA	10
1.3.4 FILTRO SUPRESOR DE BANDA	11
1.3.5 MÉTODO DE FILTRADO BUTTERWORTH	12
1.3.6 MÉTODO DE FILTRADO CHEBYSHEV	13
2. CAPÍTULO II	15
2.1 INVESTIGACIÓN SOBRE EL ÁREA MÁS SUSCEPTIBLE AL RUIDO DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE ADO	15
2.2 RECEPCIÓN	16
2.3 SECCIÓN 1 Y 2	16
2.4 ÁREA MÁS SUSCEPTIBLE AL RUIDO	19
2.5 RUIDOS EXTERNOS AL ÁREA MECÁNICA	21
2.6 PROPUESTA DEL MÓDULO DE AUDIO	21
3. CAPÍTULO III	22
3.1 DESARROLLO	22
3.2 PRIMERA ETAPA: MICRÓFONO CON AMPLIFICADOR	22
3.3 SEGUNDA ETAPA: DISEÑO DEL FILTRO	23
3.3.1 ANÁLISIS DE LA GRABACIÓN CON AUDACITY	23
3.3.2 PROGRAMAS REALIZADOS EN MATLAB	26

3.3.3	CREACIÓN DE LOS FILTROS EN MULTISIM	32
3.3.4	CREACIÓN DE CIRCUITOS DE IDEALES A COMERCIALES.....	35
3.4	TERCERA ETAPA AMPLIFICADOR DE POTENCIA.	37
3.5	CONEXIÓN EN PROTOBOARD.....	38
3.6	CREACIÓN DEL MÓDULO DE AUDIO.....	41
3.6.1	CREACIÓN DE LA PLACA DEL FILTRO PASA BAJAS CON FRECUENCIA DE CORTE DE 8010 HERTZ.....	41
3.6.2	ARMADO DEL MÓDULO DE AUDIO.....	50
3.7	ELEMENTOS DEL MÓDULO DE AUDIO	51
4.	CAPÍTULO IV	53
4.1	RESULTADOS.....	53
4.2	SIMULADOS.....	53
4.3	LABORATORIO.....	62
4.4	INSTALACIONES EN ADO	65
5.	CAPÍTULO V.....	73
	CONCLUSIONES.....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	ANEXO 1.	75
	ANEXO 2.	103

OBJETIVO

Diseñar e implementar un filtro para prevenir el envejecimiento prematuro del oído y los efectos secundarios que causa el ruido en el área mecánica de Autobuses de Oriente (ADO).

OBJETIVOS PARTICULARES

- I. Eliminar los decibeles dañinos producidos por los motores.
- II. Disminuir los efectos secundarios producidos por el ruido excesivo.
- III. Tener un módulo de audio móvil para uso del personal del área mecánica. que les ayude a tener una mejor concentración en el entorno de trabajo.

ANTECEDENTES

Desde la antigüedad el hombre ha realizado actividades y oficios donde se encuentra en contacto con sonidos que afectan su oído, tal es el caso de los campaneros en las iglesias, los cuales quedaban sordos inevitablemente. Estos daños y malestares aumentaron con la Revolución Industrial y su incorporación de grandes maquinas, como la máquina de vapor, la locomotora de vapor, el primer automóvil y el motor de gasolina, por mencionar algunos.

Poco a poco las personas se fueron dando cuenta que estos sonidos producían daños en los oídos y malestares en la salud. Los primeros estudios sobre el ruido fueron realizados por el científico alemán Paul Leu Lueg en 1934 presento "*Active Noise Reduction*" (Reducción activa de ruido). Él postula que por medio de la superposición de ondas en contrafase (interferencia destructiva) es posible generar una zona atenuada de presión acústica. Pero fue hasta el año de 1969 que la Organización Mundial de la Salud reconoció al ruido como contaminante. En México los estudios de ruido laboral, están basados en la norma NOM 011 STPS, donde se marca los niveles máximos permisibles para una jornada laboral de 8 horas; siendo estos de 90 dB.

JUSTIFICACIÓN

Hoy en día la exposición al ruido dentro de una industria es un grave problema para los trabajadores debido a que causa daños en la salud. Según la Organización Mundial de la Salud algunos de los principales malestares producidos por el ruido son:

- Pérdida auditiva.
- Dificultad para conciliar el sueño e interrupción del mismo.
- Hipertensión.
- Efectos cardiovasculares.
- Estrés.

- Fatiga.
- Bajo rendimiento en los procesos cognitivos.

Éstos por mencionar algunos de los más evidentes. Ante esto las empresas han buscado una forma de reducir los efectos negativos que causa el ruido, una de las cuales es la utilización de los protectores auditivos. Como consecuencia a la exposición del ruido se tienen accidentes dentro del entorno de trabajo, debido a la interferencia en la comunicación.

ADO, una empresa dedicada al transporte de pasajeros, cuenta con un taller mecánico dedicado a la reparación de sus autobuses. En el cual, durante mi estancia en la empresa como supervisor de taller, pude detectar que el ruido de los motores causa en algunos casos malestares al personal que labora dentro de la empresa, algunos de estos son:

- Sordera temporal.
- Dolor en los oídos.
- Dolor de cabeza.
- Estrés.
- Problemas en la comunicación dentro del área de trabajo por el exceso de ruido.

Estos malestares, como ya se mencionó anteriormente, causan daños en la salud y afectando la concentración en el trabajo y con el tiempo, podrían causar daños irreversibles en el oído (sordera).

Pero no todo lo que nuestros oídos perciben es inofensivo, hay sonidos que causan grandes lesiones. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el oído humano sufre daños con sonidos mayores a los 60 decibeles¹.

Para proteger los oídos existe una gran variedad de protectores auriculares; éstos se clasifican en dos:

- i. Protectores auditivos pasivos: Son aquellos que tienen como característica reducir el impacto del sonido de acuerdo al diseño o a los materiales con los que están fabricados. Algunos son:
 - Tapones auditivos: Fabricados principalmente de espuma de poliuretano o silicona hipoalergénica. Éstos se introducen en el canal auditivo.
 - Orejeras: Consiste en unas almohadillas (contienen un revestimiento interior de esponja u otro material absorbente para bloquear el ruido) conectadas por medio de un arnés: este dispositivo cubre todo el pabellón auricular.

¹ MÉXICO, G. D. (s.f.). *EFFECTOS A LA SALUD POR RUIDO*. Obtenido de CENTRO ESTATAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA Y CONTROL DE ENFERMEDADES : http://salud.edomex.gob.mx/cevece/doc/Documentos/Efecrs_ruido.pdf

El uso de los protectores pasivos por parte del personal de mecánicos tiene una desventaja, ya que no pueden escuchar el motor, y esto es necesario para poder hacer un diagnóstico.

- ii. Protectores auditivos activos: Estos protectores mezclan las características de los protectores auriculares pasivos con un sistema electrónico o mecánico que ayuda a mejorar el sonido. Por mencionar algunos:
 - Orejeras con reducción activa del ruido u orejeras con entrada eléctrica de audio: Cancelan el nivel de ruido a través de un sistema electrónico.

Estos sistemas electrónicos están compuestos por filtros digitales, que convierten las señales analógicas en eléctricas a través del muestreo. El muestreo de datos de audio convierte ondas de sonido analógicas en datos de audio digital discretos (finitos); es decir, en una colección de ceros y unos.²

Tomando como referencia el funcionamiento de un protector auditivo activo se pretende diseñar un módulo de audio para los trabajadores del área mecánica; que evita los altos decibeles producidos por los motores, responsables del daño al oído, pero que a su vez, permita escuchar motor sin tener ningún daño.

INTRODUCCIÓN

En la naturaleza existe una extensa variedad de sonidos, algunos agradables como: los producidos por los instrumentos musicales, el choque de olas en las rocas, el canto de las aves, etc. y otros, desagradables para el oído humano, como: los claxon de los automóviles, los ruidos que producen las grandes máquinas, etc.³

El sonido se genera por las variaciones de presión en el aire (la tensión de una cuerda o un hilo, las vibraciones de las membranas altavoces etc.)⁴ y viaja por un medio material (líquido, sólido o gaseoso) en forma de ondas mecánicas de presión, de esta forma llega a nuestros oídos mediante ondas sonoras, las cuales, son convertidas en señales nerviosas que nuestro cerebro puede procesar.⁵ El oído puede captar frecuencias comprendidas entre 20 Hz y los 20000 HZ⁶.

Gracias a la digitalización se puede analizar y eliminar las frecuencias dañinas que deterioran el oído y que causa daños en la salud. Una de las ventajas que tenemos al digitalizar el audio analógico es que se puede: guardar, editar, copiar y reproducir infinitamente sin perder calidad.

² BOUSONO, C. (s.f.). INTRODUCCIÓN AL AUDIO DIGITAL. Obtenido de <http://www.iescarlosbousono.com/wordpress/wp-content/uploads/2010/09/sonido-digital.pdf>

³ Constantino Pérez Vega UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones.

⁴ Watkinson, J. (1996). Audio Digital. (M. C. Asensio, Trad.) España: Thomson.

⁵ Jackson, W. (2015). Digital Audio Editing Fundamentals . Lompoc California USA : Apres .

⁶ FISICA DEL SONIDO . (s.f.). Obtenido de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisicas_del_sonido.pdf

Lo primero que se realizó para el diseño fue una investigación breve de cómo afecta el ruido al oído y los efectos que causa en la salud como se menciona en el capítulo 2.2

El diseño se basó, además, en la normatividad Mexicana de Trabajo, donde se marca la relación de decibeles dañinos; como se menciona capítulo 2.3.

Sin embargo, el elemento que requirió una investigación más profunda fue del filtro, debido a que existen diversos tipos, el cual depende de la necesidad de cada diseñador (capítulo 2.4).

Ahora bien, para saber qué personal se encuentra más expuesto y conocer las actividades que producen más ruido, se realizó una visita a las instalaciones de ADO, como se detalla capítulo 3; para cubrir una necesidad del personal que labora principalmente en el área mecánica, el cual requiere un dispositivo que les ayude a minimizar la mayor cantidad de decibeles dañinos a los que están expuestos.

Finalmente, el diseño necesitó de tres elementos, como muestra en el diagrama de bloques del capítulo 4 (Figura 1).



Figura 1. Diagrama de bloques del módulo de audio.

Para poder diseñar el filtro fue necesario un análisis del sonido que produce el motor (capítulo 4.4). Y, a partir de éste, se obtuvieron tres frecuencias de corte.

Ya obtenidas las frecuencias, se prosiguió a la creación de los filtros Pasa bajas con la ayuda de los programas Audacity, Matlab y Multisim. Una vez diseñados, lo siguiente fue armado del módulo de audio en protoboard para poder hacer diferentes pruebas y poder elegir qué frecuencia es más conveniente para los trabajadores de ADO.

CAPÍTULO I

1.1 CÓMO AFECTA EL RUIDO A NUESTRO OÍDO

El ruido es un fenómeno físico producido por una fuente sonora, la energía fluye de la fuente hacia el exterior aumentando el nivel de presión. Al medir este nivel la presión no sólo dependerá de la potencia radiada y de la distancia radiada respecto de la fuente, también lo hará de la cantidad de energía absorbida y de la cantidad de energía transmitida.⁷ Las fuentes de ruido forman parte de la vida cotidiana del ser humano; las actividades industriales, el tráfico, las construcciones de edificios, aparatos mecánicos, eventos sociales, eventos deportivos, actividades del hogar (el motor de la licuadora, lavadora, radio, televisión.), el transporte público, etc.

El ruido afecta la salud del ser humano si es demasiado fuerte y dura mucho tiempo. (La exposición continua a 85dB afecta al oído) como resultado de la exposición a estos altos niveles algunas personas reaccionan al ruido fuerte con ansiedad e irritabilidad, un aumento en el pulso y la presión arterial, o un incremento en el ácido estomacal. Un ruido muy fuerte puede reducir la eficiencia en la realización de tareas difíciles al desviar la atención del trabajo.

La intensidad del sonido se mide en decibelios. La figura 2.1 muestra el umbral del oído en decibeles.

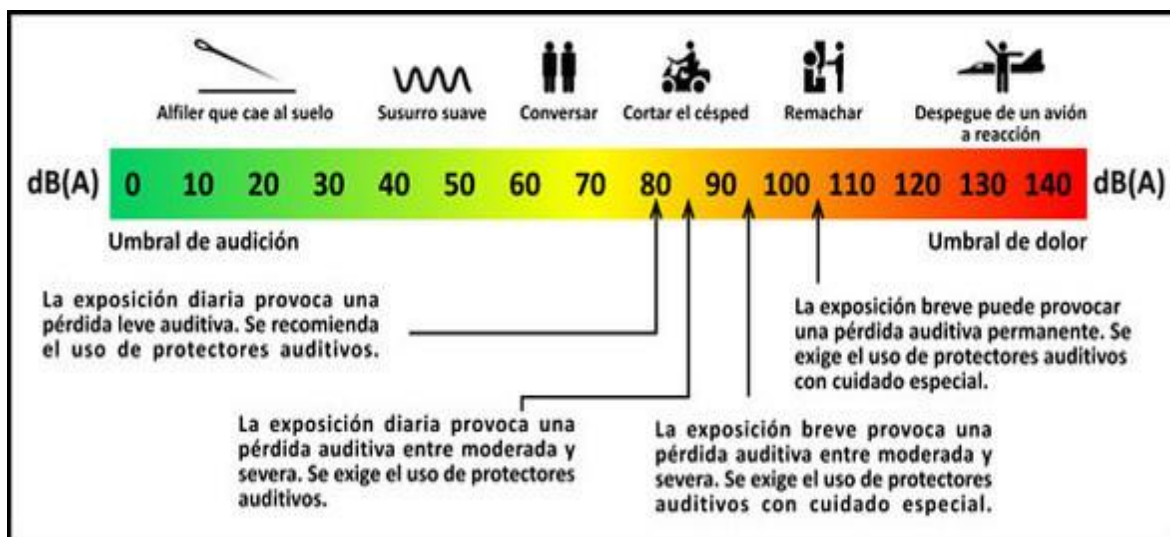


Figura 1.1. Umbral del oído humano.

⁷ *Conceptos básicos de ruido ambiental*. (s.f.). Obtenido de sicaweb:

<http://sicaweb.cedex.es/docs/documentacion/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>.

1.2 NORMATIVA MEXICANA DE TRABAJO

La NOM-081-SEMARNAT-1994 establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición; señala en su numeral 5.4, que los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A” expresado en dB (A), emitido por fuentes fijas, son según horario: de 6:00 a 22:00 68 dB(A) de 22:00 a 6:00 65 dB(A). La norma mexicana NMX-AA-040-1976 “Clasificación de Ruidos” define al ruido como todo sonido indeseable.

No obstante lo anterior, concede que ciertos sonidos, debido a su alta intensidad, pueden ser nocivos; ya que destruyen células del oído interno, o bien interfieren con actividades propias del ser humano, tales como: El sueño, el descanso, la comunicación y su bienestar. Estos sonidos, sin ser necesariamente definidos por la comunidad como indeseables, deben ser considerados como ruidos por afectar de alguna manera la salud pública.

A nivel laboral, la NOM-011-STPS-2001, “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido”; establece límites máximos permisibles de exposición de los trabajadores a ruido estable, inestable o impulsivo durante el ejercicio de sus labores, en una jornada laboral de 8 horas, siendo los siguientes (tabla 1.2.):

NER	TMPE
90dB (A)	8 horas
93 dB (A)	4 horas
96 dB (A)	2 horas
99 dB (A)	1 horas
102 dB (A)	30 minutos
105 dB (A)	15 minutos

Tabla 1.2. Límites máximos permisibles de exposición.

En la tabla anterior tenemos que NER (Nivel de Exposición a Ruido) es: El nivel sonoro “A” promedio referido a una exposición de 8 horas. Y a su vez, TMPE (Tiempo Máximo Permissible de Exposición): Es el tiempo bajo el cual la mayoría de los trabajadores pueden permanecer expuestos sin sufrir daños a la salud.

La NORMA Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. “Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición”, tiene por objeto, normar los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente. Su campo de aplicación son la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública.

Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A” emitido por fuentes fijas, son (tabla 1.2.1):⁸

HORARIO	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
De 6:00 a 22:00	68dB(A)
De 22:00 a 6:00	65dB(A)

Tabla 1.2.1. Límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A”.

1.3 FILTROS

Es un dispositivo electrónico diseñado para separar, pasar o suprimir una determinada banda frecuencial; como se muestra en la figura 1.3.1.⁹ En la entrada se introducen señales alternas de diferentes frecuencias y en la salida se extraen esas señales atenuadas en mayor o menor medida según la frecuencia de la señal. Para ello, existen diferentes tipos de filtros en función de las bandas frecuenciales que queramos eliminar. Así, podemos clasificar, en términos de su función, cuatro categorías de los filtros: Pasa bajos, pasa bandas, paso altas y supresor de bandas.¹⁰

Características de los filtros;

- Los filtros están formados básicamente por:
 - Banda de paso: Se define como el rango de frecuencias que un filtro permite pasar, con la mínima atenuación o con alguna amplificación.
 - Banda de rechazo: Son todas las demás frecuencias no contempladas en la banda de paso.
 - Región de transición: Es la zona ubicada entre la relativa porción plana de la banda de paso y la región de Rolloff en la banda de rechazo.

Esta descripción se puede observar en la figura 1.3.2.

- Frecuencia de corte (ω_c o f_c) o también llamada frecuencia de esquina o frecuencia critica. Es la frecuencia donde la respuesta en amplitud esta 3dB por debajo del valor de la banda de paso.

⁸ MÉXICO, G. D. (s.f.). *EFFECTOS A LA SALUD POR RUIDO* . Obtenido de CENTRO ESTATAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA Y CONTROL DE ENFERMEDADES : http://salud.edomex.gob.mx/cevece/doc/Documentos/Efecns_ruido.pdf.

⁹ (s.f.). Capitulo II TEORIA DE FLITROS PDF . Pág 3 – 4.

¹⁰ SALGADO, J. (s.f.). *LOS FILTROS PASIVOS DE PRIMER OREDEN* . Obtenido de <http://ele-mariamoliner.dyndns.org/~jsalgado/analogica/6CA-filtros.pdf> Pág. 1.

- Atenuación de la pendiente (*rolloff*) u orden. Describe la proporción en que se decrementa la ganancia de un filtro de la banda de paso esta atenuación se puede observar en la figura 1.3.2.

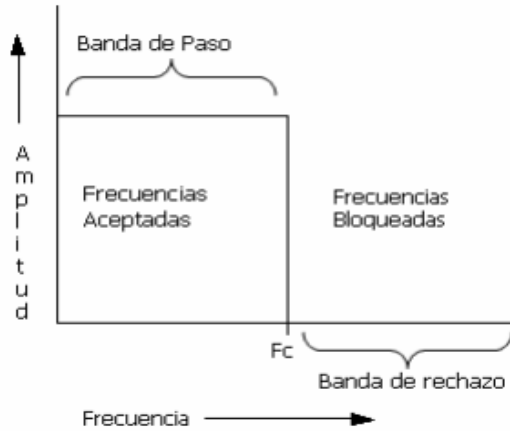


Figura 1.3.1. Filtro ideal

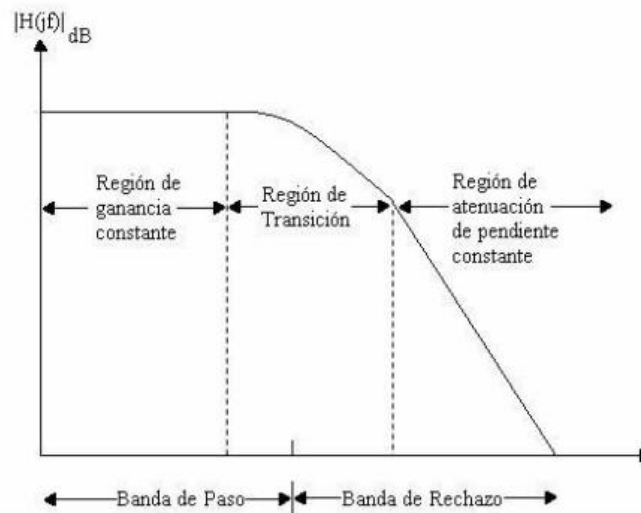


Figura 1.3.2. En esta ilustración se puede observar tres regiones: La banda de paso, región de transición y la banda de rechazo.¹¹

1.3.1 FILTRO PASA BAJAS

La función básica del filtro paso bajo es dejar pasar las frecuencias por debajo de una frecuencia de corte especificada (ω_c). Ésto quiere decir que cualquier señal que sea mayor a la frecuencia de corte (ω_c) del filtro es rechazada, mientras que las señales menores a (ω_c) son transmitidas, como se muestra en la figura 1.3.1.1.

¹¹ (s.f.). Capitulo II TEORIA DE FILTROS PDF . Pág 5.

La banda de paso define el contenido frecuencial que se desea seleccionar. En el caso ideal, es la zona en la cual las señales no se verán atenuadas por el filtro. Esta zona viene delimitada por la frecuencia de corte, que normalmente valdrá uno, en el caso de estar normalizada. El margen frecuencial que contiene la banda de paso se denomina ancho de banda del filtro, que para el caso de un filtro paso bajo coincide con la frecuencia de corte.¹²

La banda suprimida es en el caso ideal la zona en la cual el filtro ya no deja pasar ninguna componente frecuencia.

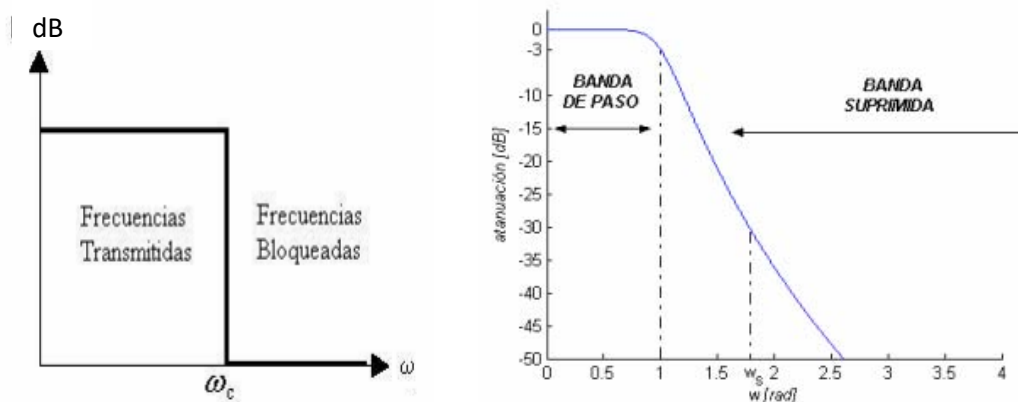


Figura 1.3.1. 1. Representación de las frecuencias transmitidas y rechazadas de un filtro pasa banda.

Los circuitos usados como filtros de primer orden de tipo pasivo se muestran en la figura 1.3.1.2.



Figura 1.3.1.2. Circuitos pasivos de primer orden de un filtro pasa bajas.

La fórmula para la frecuencia de corte está dada por:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}^{13}$$

¹² Viader, M. D.-S. (2007). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO PASO BANDA DE*. Barcelona

¹³ SALGADO, J. (s.f.). *LOS FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN* . Obtenido de <http://ele-mariamoliner.dyndns.org/~jsalgado/analogica/6CA-filtros.pdf>

1.3.2 FILTRO PASA ALTAS

La propiedad que tiene este filtro es la de bloquear las frecuencias que se encuentran por debajo de la frecuencia de corte (f_c) y transmitir todas las frecuencias que sean mayores a la frecuencia de corte (f_c), como se puede observar en la figura 1.3.2.1.¹⁴

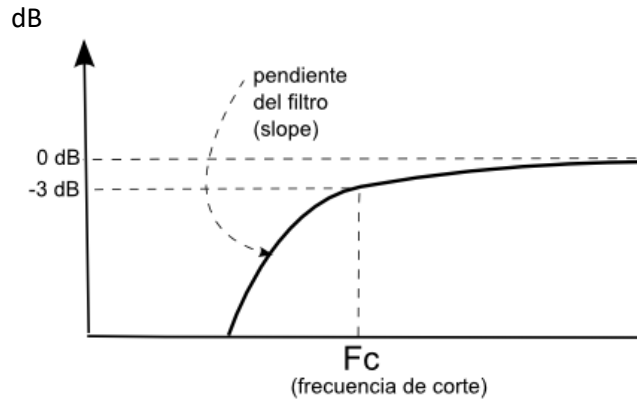


Figura 1.3.2.1 Representación de las frecuencias de paso de un filtro pasa altas.

El circuito equivalente a un filtro pasa altas de primer orden se muestra en la figura 1.3.2.2



Figura 1.3.2.2. Circuitos de primer orden pasa altas.¹⁵

Lo frecuencia de corte es igual a:

$$f_c = \frac{R}{2\pi L}$$

1.3.3 FILTRO PASA BANDA

El filtro pasa banda permite el paso de frecuencias comprendidas entre dos frecuencias (ω_1) y (ω_2). Donde ($\omega_1 < \omega_2$), son denominadas frecuencia inferior de corte y frecuencia superior de corte.

¹⁴ (s.f.). Capitulo II TEORIA DE FLITROS . Pág. 2-5

¹⁵ Sucre, P. O. (Marzo 2008). FILTROS.

El rango de frecuencias que es transmitido recibe el nombre de ancho de banda o BW (Bandwidth, por sus siglas en inglés), y se define como la diferencia entre las frecuencias que definen los límites de la banda de paso. Siendo (ω_1) y (ω_2) como los límites de la banda de paso, como se muestra en la figura 1.3.3.1.¹⁶

$$BW = \omega_1 - \omega_2$$

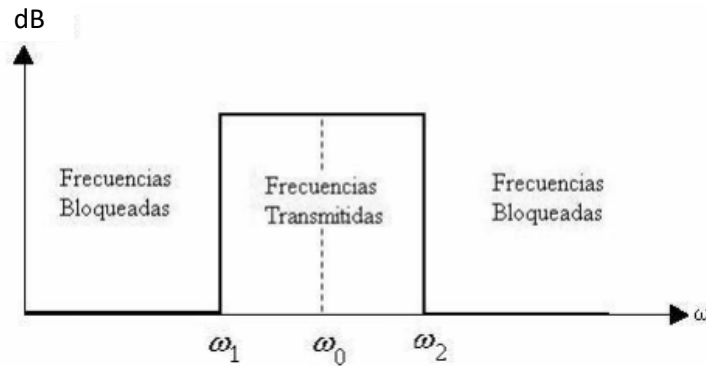


Figura 1.3.3.1 Filtro pasa banda

Para obtener un filtro pasa banda se puede conectar una cascada de un filtro pasa bajas y un filtro pasa altas; como se muestra en la figura 1.3.3.2.

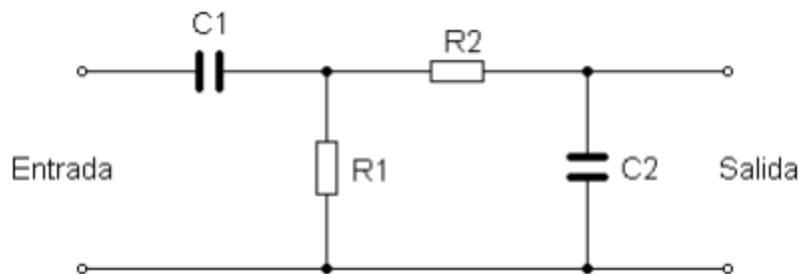


Figura 1.3.3.2 Circuito pasa banda formado por un pasa altas y un pasa banda.¹⁷

1.3.4 FILTRO SUPRESOR DE BANDA

Un filtro supresor de banda tiene la propiedad de transmitir todas las señales de frecuencias, excepto aquellas que caen dentro de cierta banda o rango específico; como se muestra en la figura 1.3.4.1 Estas frecuencias están delimitadas por (ω_1) y (ω_2) . Estos filtros son empleados básicamente para eliminar señales de ruido.¹⁸

¹⁶ (s.f.). Capitulo II TEORIA DE FLITROS . Pág.8-9

¹⁷ Sucre, P. O. (Marzo 2008). FILTROS.

¹⁸ (s.f.). Capitulo II TEORIA DE FLITROS .

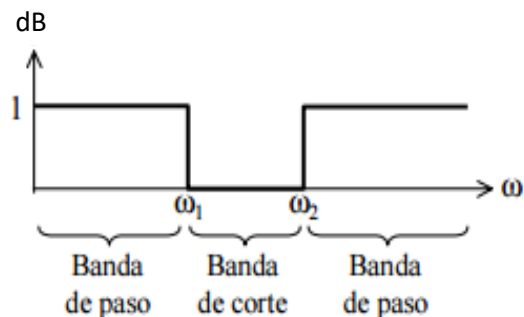


Figura 1.3.4.1 Frecuencias eliminadas y transmitidas por un supresor de banda.

Una de las formas para crear un filtro supresor de banda es conectando en cascada (uno tras otro) un filtro pasa altos y un filtro pasa bajos, o por medio de bobinas y condensadores figura 1.3.4.2.

Las frecuencias de corte las determinan las frecuencias de resonancia de los filtros.¹⁹

$$F\omega_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$$

$$F\omega_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$$

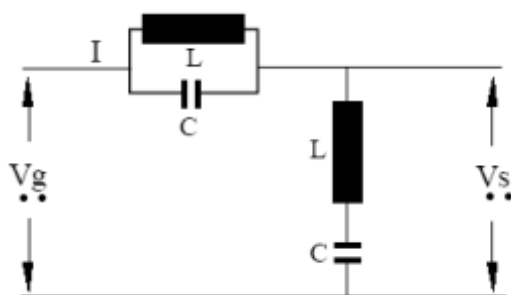


Figura 1.3.4.2. Circuito rechazabanda.

1.3.5 MÉTODO DE FILTRADO BUTTERWORTH

El filtro analógico de Butterworth está diseñado para producir la respuesta más plana que sea posible hasta la frecuencia de corte (ω_1). En otras palabras nos ayudan a la aproximación de la respuesta ideal en frecuencia como se puede observar en la figura 1.3.5.1²⁰

¹⁹ SALGADO, J. (s.f.). *LOS FILTROS PASIVOS DE PRIMER ORDEN*. Obtenido de <http://elemariamoliner.dyndns.org/~jsalgado/analogica/6CA-filtros.pdf>

²⁰ *Filtros Butterworth*. (2 de ENERO de 2001). Obtenido de <http://filtrosbutterworthw.blogspot.mx/>

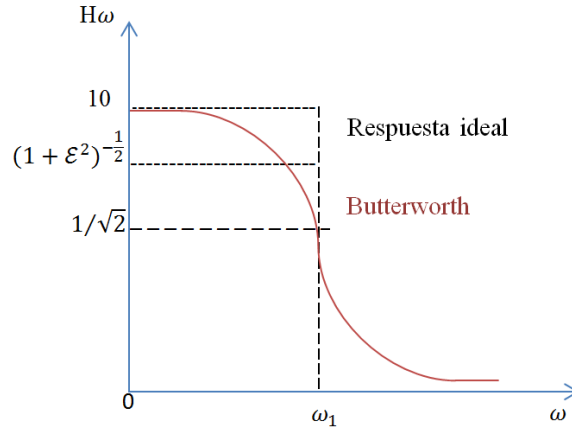


Figura 1.3.5.1 Comparación de la señal ideal con un filtro Butterworth.

El filtro de Butterworth efectúa la aproximación mediante el criterio de máxima uniformidad en la banda pasante. La ganancia disminuye gradualmente pasando por el punto de $1/\sqrt{2} = (-3\text{dB})$ a la frecuencia de corte (ω_1). A medida que aumenta el orden del filtro se incrementan las pendientes de atenuación, como se puede observar en la figura. 1.3.5.2. Donde se comparan tres filtros Butterworths, conforme las atenuaciones se van volviendo más pronunciadas, podemos ver que se aproximan más al filtro ideal.²¹

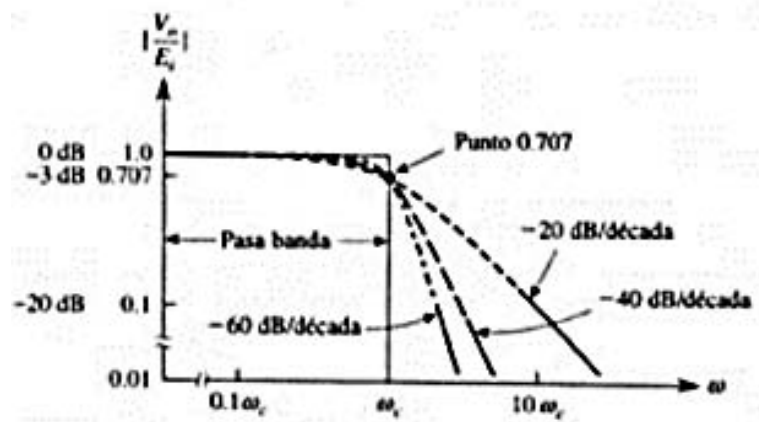


Figura 1.3.5.2. Comparación de tres filtros Butterworths con un filtro ideal.

1.3.6 MÉTODO DE FILTRADO CHEBYSHEV

La aproximación de Chebyshev genera un rizado en la banda pasante, como se puede apreciar en la figura 1.3.6.1 La amplitud de dicho rizado varía entre 1 y $\frac{1}{\sqrt{1+\epsilon^2}}$ donde ϵ es

²¹ Resumen de las características de los filtro analógicos de Butterworth y Chebyshev. (s.f.). Obtenido de <http://www.ehu.es/Procesadodesenales/tema6/tx33.html>

el factor de rizado y a medida que aumenta el orden del filtro se incrementa el rizado en la banda de paso.²²

Mientras mayor es el orden, mayor es la pendiente en la región de transición, el ripple (ondulación del filtro) y el número de ondulaciones en la banda de paso.

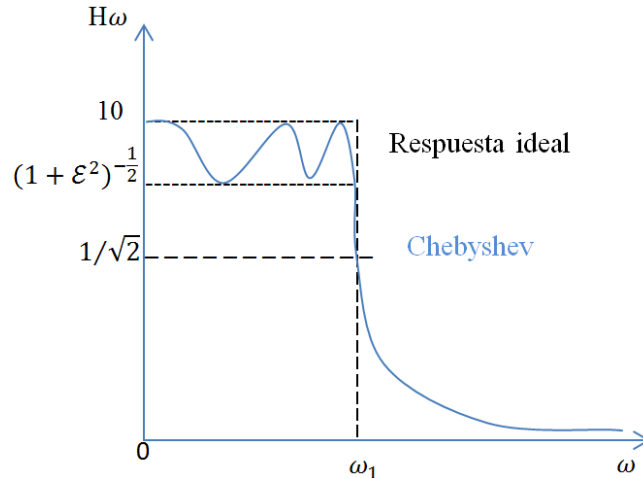


Figura 1.3.6.1 Comparación de un filtro ideal contra un filtro Chebyshev.

En la figura 1.3.6.2, se observa la respuesta de diferentes filtros Chebyshev de grado n .

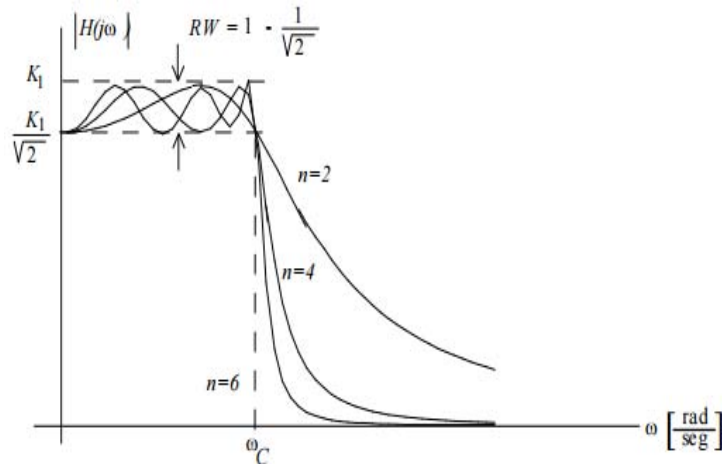


Figura 1.3.6.2 Comparación Chebyshev de diferentes filtros de grado n .²³

²² Miyara, F. (2004). *FILTROS ACTIVOS* (Segunda edición ed.). Argentina .

²³ *Resumen de las características de los filtro analógicos de Butterworth y Chebyshev.* (s.f.). Obtenido de <http://www.ehu.eus/Procesadodesenales/tema6/tx33.html>

CAPÍTULO II

2.1 INVESTIGACIÓN SOBRE EL ÁREA MÁS SUSCEPTIBLE AL RUIDO DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE ADO

Se realizó una visita a las instalaciones de ADO; ubicadas en calle Artilleros 123, colonia 7 de Julio, Ciudad de México, C.P. 15390. Dentro de las áreas visitadas estuvo el taller mecánico, en donde el maestro en mecánica guio el recorrido. Durante éste fue posible realizarle una entrevista, cuyos datos más relevantes para la investigación fueron los siguientes:

El taller de ADO se encuentra dividido en tres áreas principales, como se puede observar en la figura 2.1.1.

- Recepción.
- Sección 1 (marcada con el número uno).
- Sección 2 (marcada con el número dos).

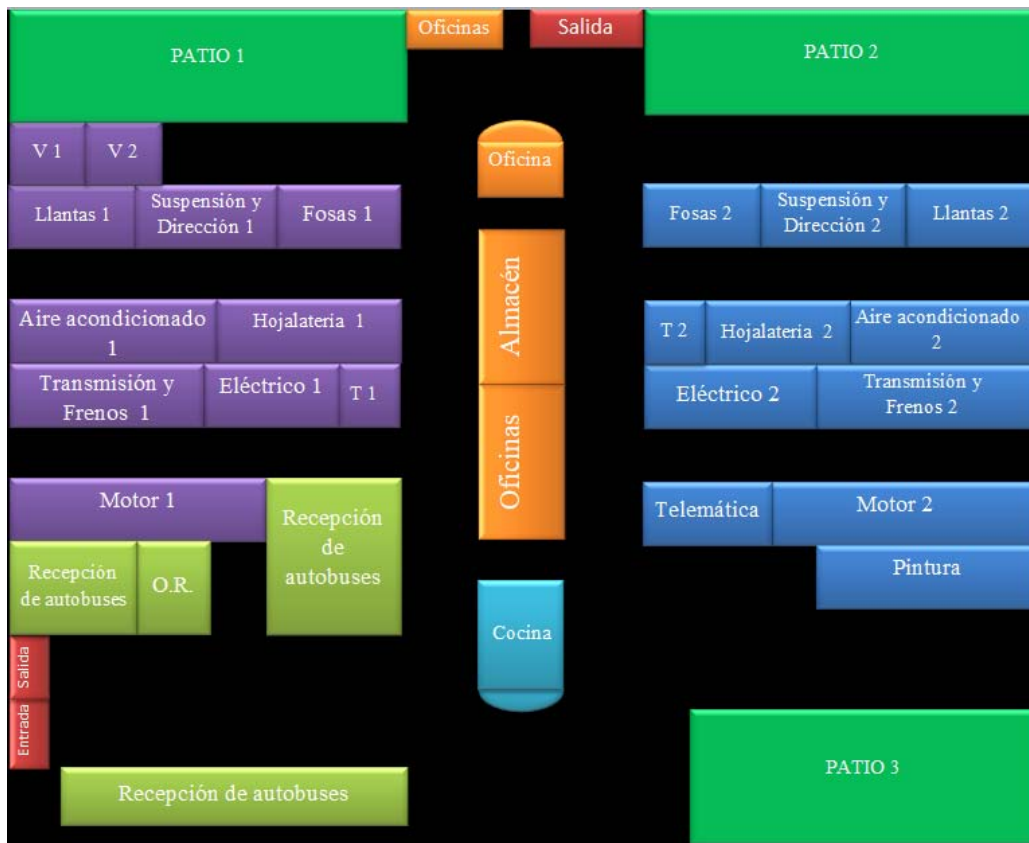


Figura 2.1.1. Plano de secciones y su división de secciones.

V 1: Vestiduras 1.

T 2: Tacografía.

V 2: Vestiduras 2.

O. R.: Oficinas de recepción.

T 1: Tacografía 1.

2.2 RECEPCIÓN

En el área de recepción los autobuses son inspeccionados por los mecánicos de cada sección:

- Aire acondicionado: Son los encargados revisar principalmente sello del compresor, bandas, mallas limpias, etc.
- Motor: Estado de bandas, estado de mangueras en general, fugas de anticongelante, bases de motor, niveles de aceite, etc.
- Transmisión y frenos: Frenos ajustados, birlos rotos y apretados, fugas de aire, llantas en buen estado.
- Hojalatería: Tanque de combustible sin fugas, cerraduras de gavetas en general, sin filtraciones de agua, parasol de cabina, puerta de servicio.
- Eléctrica: Luces en general exteriores, luces en general interiores, bases y tensores de alternadores, retardador, estado de baterías, luces de frenado.
- Vestiduras: Cinturones de seguridad, mecanismo del asiento de conductor y copiloto, etc.
- Telemática: Imagen de los monitores, audio, micrófono, funcionamiento del equipo.

Los mecánicos encargados del área realizan una verificación general o alguna falla que haya mencionado el chofer del autobús.

En caso que el mecánico diagnostique que la reparación, se puede realizar en ese momento el carro queda detenido en área de recepción aproximadamente 20 minutos; debido a la constante entrada y salida de autobuses. En caso de ser una reparación mayor el autobús pasará a taller al área correspondiente de acuerdo a la falla. Además se verifica el kilometraje de los autobuses para determinar si entra a mantenimiento. El mantenimiento a los autobuses se da cada 10000 kilómetros.

La recepción trabaja las 24 horas con un horario de:

- 6:00 AM – 2:00 PM
- 2:00 PM – 10:00 PM
- 10:00 PM – 6:00 AM

2.3 SECCIÓN 1 Y 2

La sección uno y dos realizan las mismas actividades y se encuentran divididas en las siguientes áreas:

- Eléctrico: Se relanzan las fallas encontradas en recepción o fallas dichas por el conductor, algunas de estas fallas son: Cambio de calaveras, cambio de plumas, cambio de baterías, cambio de alternadores, fusibles, etc.
- Fosas de mantenimiento 1: En la fosa de mantenimiento se realiza un mantenimiento preventivo de todas las áreas (eléctrico, hojalatería, llantas, motor, pintura,

suspensión y dirección, tacografía, telemática, transmisión, frenos y vestiduras, se verifica, en su caso, si existe alguna avería.

- Hojalatería: Reparación de golpes, cambio de parabrisas, cambio de luna del baño, cambio de mampara, por mencionar algunas.
- Llantas: Cambio de llantas por desgaste o por daño, alineación y balanceo.
- Motor: Se especifica a detalle en el capítulo 2.4, debido a que esta área es la más afectada por el ruido de los motores.
- Pintura: Pintar golpes, eliminar rayones.
- Suspensión y dirección: Cambio de amortiguadores, cambio de rotulas, fugas, etc.
- Tacografía: Se verifica alguna falla en el tacómetro, cambio del sensor de velocidad.
- Telemática: Reparación o cambio de: pantallas, bocinas y DVD, por mencionar algunos.
- Transmisión y frenos: Cambio de balatas, reparación de caja de cambios, reparación de fugas, cambio y calibración de clutch.
- Vestiduras: Reparación de asientos rotos, cambio de cinturones de seguridad, limpieza general del autobús.

En estas áreas se hacen las reparaciones mayores, excepto en la fosa de mantenimiento. En las fosas de mantenimiento, se le da mantenimiento al autobús cada diez mil kilómetros.

Las secciones 1 y 2 cuentan con los siguientes horarios:

- La fosa trabaja con un horario de:
- 6:00 AM – 2:00 PM.

TALLER.

- 9 AM – 6:00 PM.
- 12 AM – 9:00 PM.

ADO les brinda los servicios mencionados anteriormente a los siguientes modelos de autobuses:

- Autobús Elegance serie 60.
- Autobús Volvo Grand.
- Autobús Mercedes Benz FL serie 400.
- Autobús Volvo 9800.
- Autobús Scania Irizar I6.

Por seguridad del personal que labora en las instalaciones de ADO y personas externas (visitantes), se debe caminar por la zona de franjas negro con amarillo, como se puede observar en la figura 2.3.1, debido a la gran cantidad de autobuses que circulan en el taller.

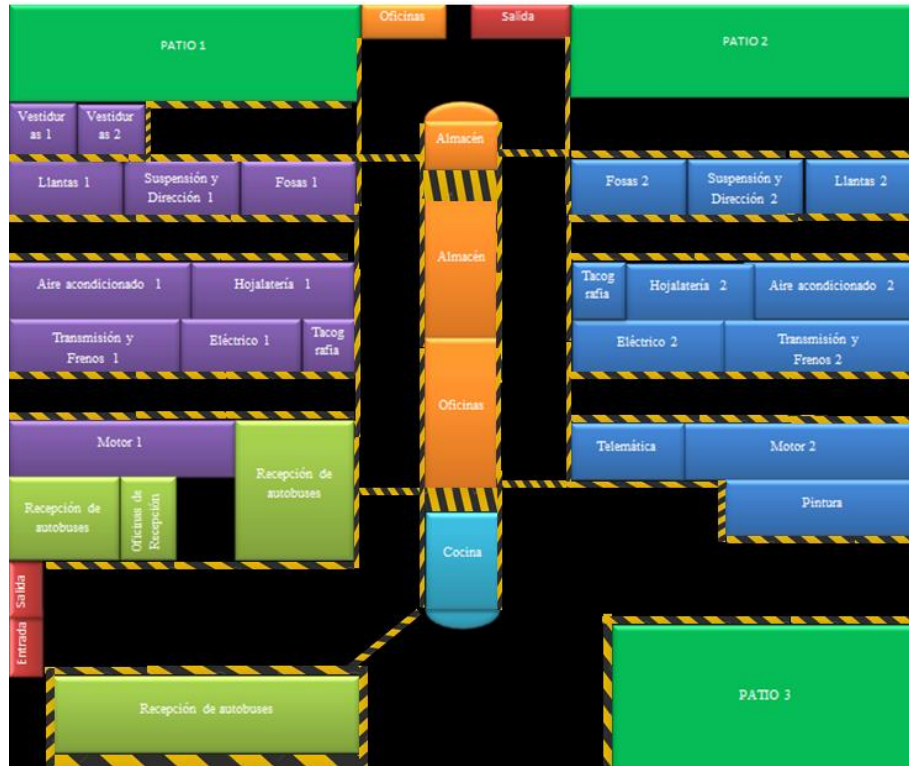


Figura 2.3.1 Plano de ADO señalando la circulación de personas.

Para evitar tráfico en las instalaciones y accidentes, debido a la gran cantidad de ruido producido por las máquinas y motores en el taller los autobuses circulan; como se muestra en la figura 2.3.2.

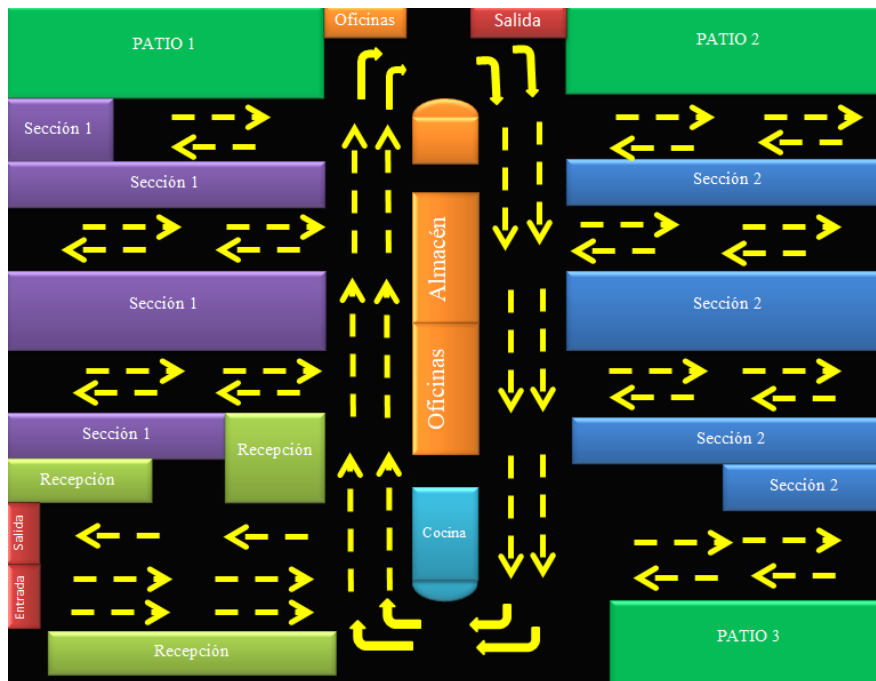


Figura 2.3.2. Plano circulación de autobuses.

2.4 ÁREA MÁS SUSCEPTIBLE AL RUIDO

Área más susceptible al ruido de los motes es el área de motor debido a las actividades que realizan las cuales se describen a continuación.

El área motor se encuentra dividida en las siguientes secciones (figura 2.4.1):

- 8 cajones.
- Dos cuartos de herramientas.
- Área de trabajo.

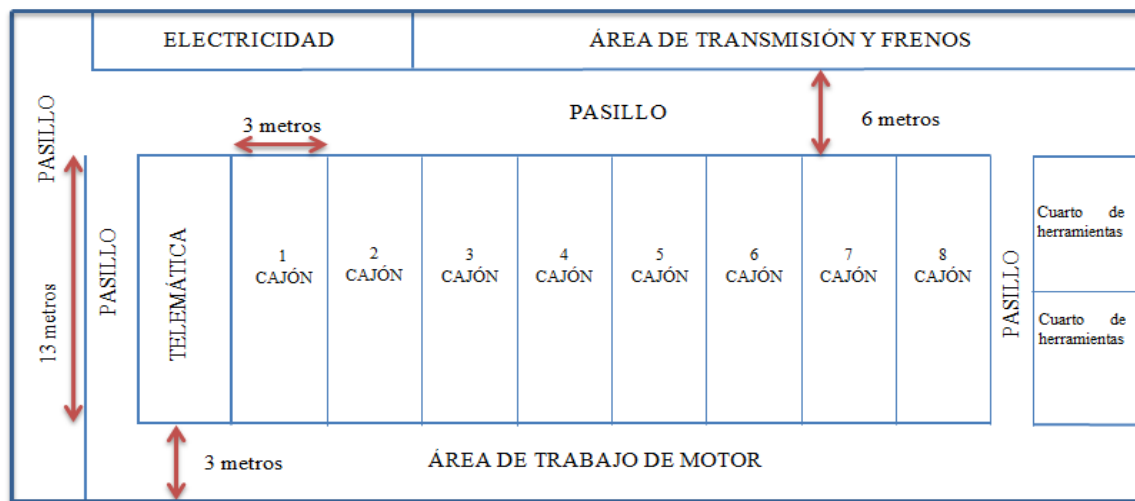


Figura 2.4.1. Plano de la sección 2 del área mecánica.

❖ HORARIO Y PERSONAS TRABAJANDO

- 9:00 am – 6:00 pm (7 personas)
- 12:00 am – 9:00 pm (en este horario se incorporan 2 personas).

Como se puede observar en los horarios los trabajadores permanecen más de ocho horas expuestas al ruido.

Para poder realizar las reparaciones el autobús tiene que ingresar de tal forma que el motor quede de frente al área de trabajo como se puede observar la siguiente figura 2.4.2.

El área de trabajo es donde el personal manipula el motor y se llevan las siguientes actividades:

❖ Actividades principales:

- Falta de potencia.
- Calentamiento.
- Cambio de compresor de aire.
- Cambio de inyectores.
- Calibración de motor.
- Ajustes de motor.

- Cambios de motor.
- Cambios de banda de bomba de agua.
- Cambios de banda de alternador.
- Paso de aceite al agua (fuga).
- Baleros de polea dañados.

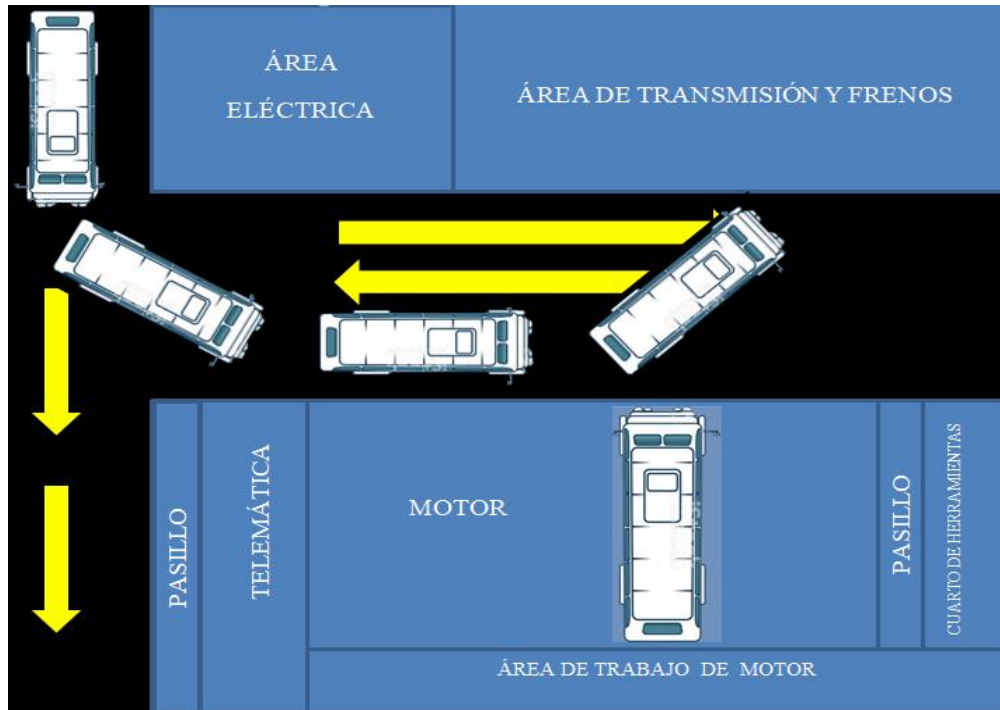


Figura 2.4.2. Forma en la que un autobús entra al área de trabajo para su reparación.

- ❖ Reparaciones en donde es necesario escuchar el motor:
 - Fallo de un pistón: cimbramiento, exceso de humo blanco.
 - Falla del engrane de la distribución.
 - Verificación de gases emitidos: falla de sensor de turbo.
 - Falla en los inyectores: falta de potencia y humo azul].
 - Falla de balancines de punterías: exceso de humo negro y cimbramiento.
 - Fugas de presión de aire en la cámara de admisión: bajo rendimiento de combustible, falta de potencia exceso de humo gris.
 - Cambios de motor: baja compresión de motor.
 - Calibración de motor. golpeteos, desgaste de punterías de balancines, desgaste del árbol de levas.
 - Baleros de polea dañados: desgaste de rodillos.
 - Ajustes de motor: paso de compresión y anillos dañados.

2.5 RUIDOS EXTERNOS AL ÁREA MECÁNICA

Durante el recorrido en las instalaciones se observó que además del ruido que producen los motores, también existen otros ruidos externos al área de trabajo. Estos son producidos en áreas cercanas, mismas que se pueden observar en la figura 2.5.1.

- Ruidos de hojalatería: Estos son producidos al manipular las hojas de lámina para reparar los golpes, cambios de parabrisas.
- Pistola de impacto: Este ruido es producido al cambiar las llantas de los autobuses.
- Compresora de aire: Se utiliza para el mantenimiento del aire acondicionado.

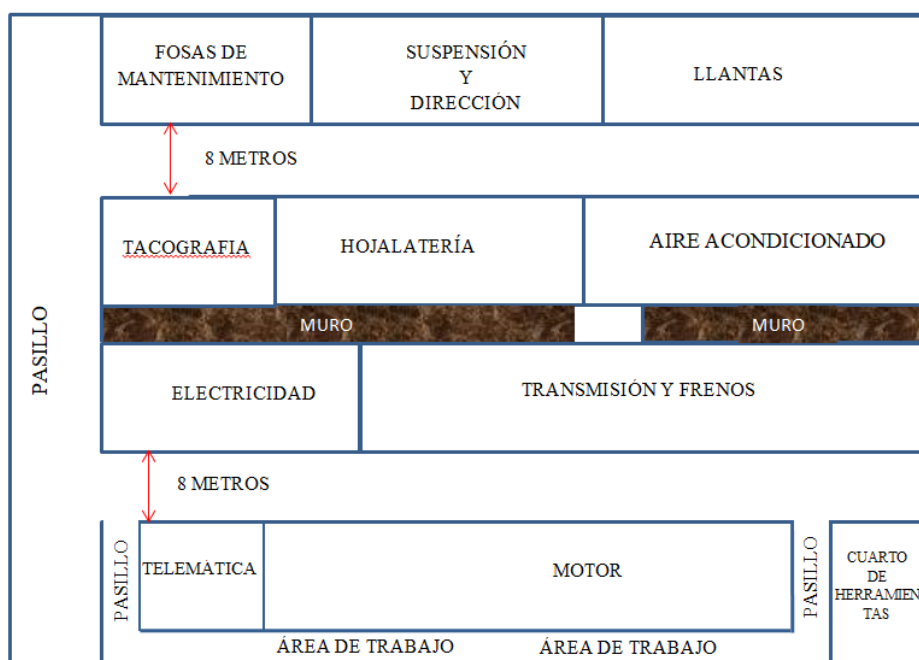


Figura 2.5.1. Áreas cercanas a la de motor.

2.6 PROPUESTA DEL MÓDULO DE AUDIO

Para poder diseñar el módulo de audio fue necesario realizar una grabación de un autobús en funcionamiento modelo Mercedes Benz, con un motor de la serie 400. La cual se tomó con un celular de la marca Samsun Galaxy, modelo Grand Prime Plus. Tuvo una duración de un minuto con 41 segundos y se realizó en presencia de 4 personas laborando.

Se determinó pues, que el área más susceptible al ruido es la de motor, como se mencionó en el capítulo 2.4, debido a que el personal de dicha área se encuentra expuesto a más horas al ruido; el cual, es producido por los motores. Y es que es necesario, para algunas reparaciones, tener en funcionamiento el motor o en su caso, escucharlo para determinar si existe algún daño.

Por lo tanto, se decidió diseñar el módulo de audio para el personal de esta área, que permita eliminar las frecuencias dañinas, ya que como se ha señalado la exposición constante al ruido causa el deterioro del oído.

Dicho proyecto se dio a conocer al personal ese mismo día, donde se les explicó los daños que causan la exposición constante al ruido e indicó la utilidad del módulo de audio para evitar el envejecimiento prematuro del oído.

Finalmente, la investigación culminó con las siguientes sugerencias para el mejor funcionamiento del módulo:

- Ligero.
- De fácil manipulación.
- Pequeño.

CAPÍTULO III

3.1 DESARROLLO

El módulo de audio tiene como principal característica eliminar las frecuencias dañinas al oído; éste consta principalmente de tres etapas, como se puede observar en el diagrama de bloques (figura 3.1.1).



Figura 3.1.1. Diagrama de bloques del módulo de audio.

Para el diseño se utilizaron elementos de bajo costo.

Para alimentar al módulo de audio se decidió implementar una pila genérica de la marca Nokia modelo BL-4C, con un voltaje de salida de 3.7 volts. Debido a su bajo costo.

3.2 PRIMERA ETAPA: MICRÓFONO CON AMPLIFICADOR

Consiste en capturar el sonido de las instalaciones por medio de un micrófono (el micrófono tiene la función de transformar la señal acústica a una señal eléctrica). Para el diseño utilizó un Módulo FC-109 Sensor de Sonido micrófono max9812. Debido a sus características, mismas que se mencionan en un momento, a su bajo costo y que es compatible con la pila del diseño.

Este módulo está conformado por un micrófono modelo CZN-15E, el cual es sensible a la intensidad sonora ambiental, y con un amplificador de audio MAX9812 (figura 3.2.1.). La salida del módulo es analógica, va desde los 0 a 5 volts, y puede ser leída mediante cualquier entrada analógica de microcontroladores Microchip, PIC, etc.

Características:

- Alimentación: 3.3 a 5 V DC.
- Permite detectar la intensidad de sonido del entorno.
- Incorpora un amplificador de audio MAX9812.
- Posee un orificio de instalación para facilitar su uso y montaje.
- Construido con un LED indicador de alimentación.
- Conexión de 3 hilos.
- Dimensiones: 26 x 12 x10 mm



Figura 3.2.1. Un módulo FC-109 sensor de sonido micrófono max9812.

3.3 SEGUNDA ETAPA: DISEÑO DEL FILTRO

Para el diseño del filtro, se optó por utilizar un filtro pasa-bajas con método de filtrado butterworth, debido a sus características ya mencionadas en los capítulos anteriores (capítulo 1.3.1 y 1.3.6). En consecuencia, se decidió realizar tres filtros con diferente frecuencia de corte, para que con la ayuda del personal de mecánica se pudiera elegir qué frecuencia les favorecía.

Para obtener las frecuencias de corte de los filtros se realizó un análisis con el programa Audacity, como se muestra en el tema 3.3.1.

3.3.1 ANÁLISIS DE LA GRABACIÓN CON AUDACITY

Audacity es programa para la edición y grabación de sonido. De libre uso y de código abierto.

Primer paso: Se abrió el archivo que se deseaba analizar. En esta ocasión fue el archivo llamado "Motor 2.wav", como se muestra en la figura 3.3.1.1.

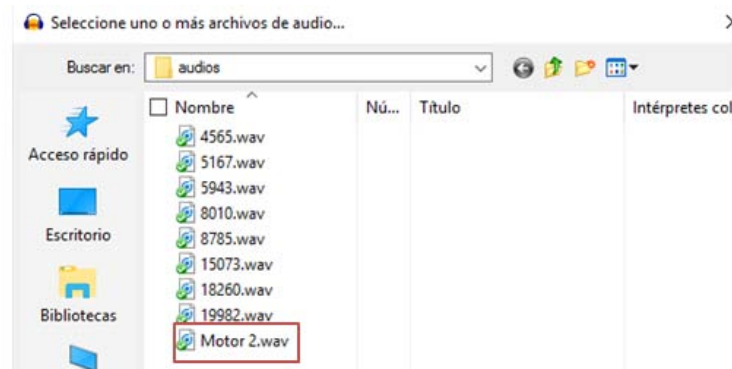


Figura 3.3.1.1. Ubicación del archivo.

Segundo paso: El programa mostró una ventana, como se observa en la figura 3.3.1.2, donde se podía visualizar la señal en función del tiempo.

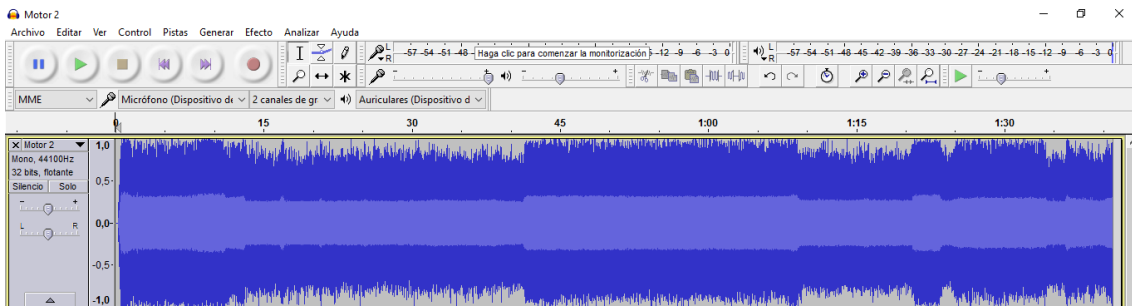


Figura 3.3.1.2. Señal de audio en función del tiempo.

Tercer paso: Se dio clic en la pestaña "Analizar" donde se ubica la opción "Análisis de espectro". En seguida se obtuvo una gráfica, en la cual se mostró el espectro de audio en función de la frecuencia (figura 3.3.1.3).

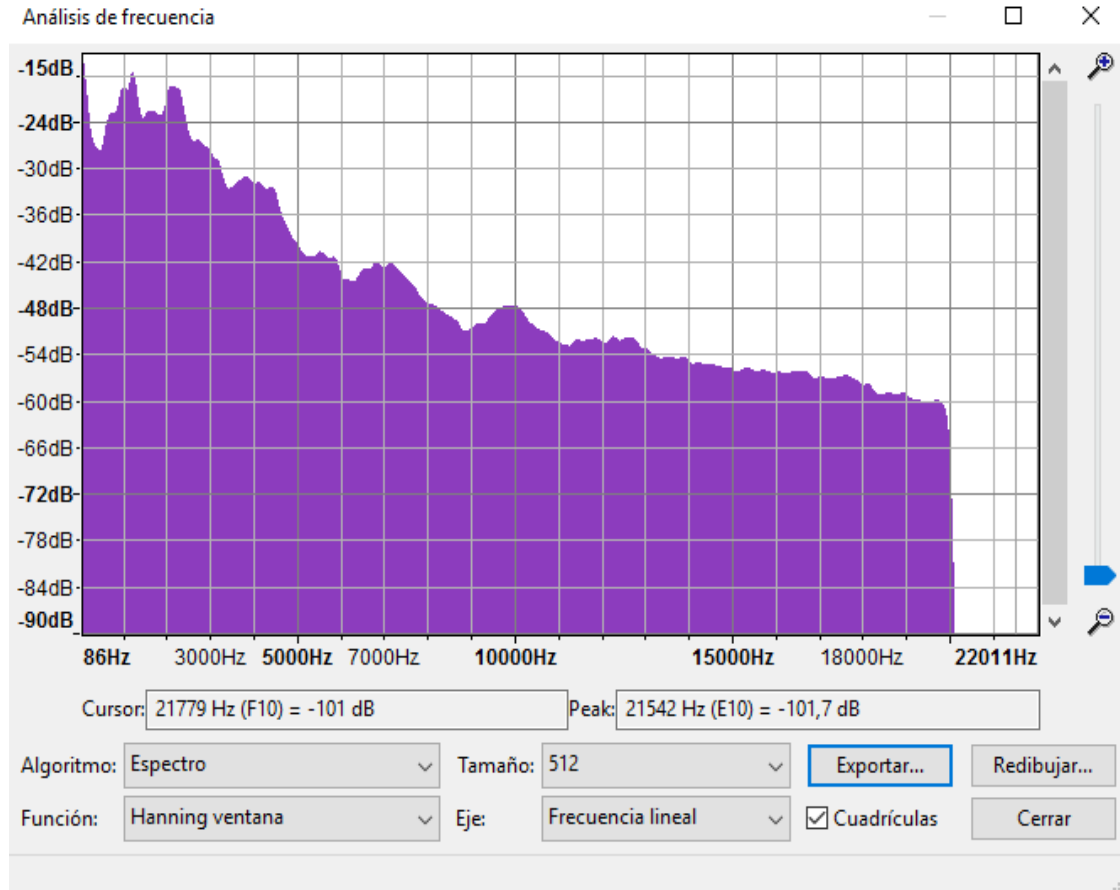


Figura 3.3.1.3. Espectro del sonido en decibeles.

Cuarto paso: Se dio clic en la opción exportar y se obtuvo un archivo con la extensión txt, el cual contenía una tabla con la frecuencia y los decibeles del audio, dicha tabla se encuentra en el anexo 1.

Como se observa en la tabla del anexo 1, las muestras 234 a 255 marcadas con rojo, son las que afectan al oído.

A partir de estos datos se comenzó a trabajar en la proyección de los filtros.

Se decidió diseñar filtros pasa-bajas gracias a su principal característica, que es dejar pasar las frecuencias por debajo de una frecuencia de corte especificada.

Se analizaron filtros pasa-bajas con diferente frecuencia de corte y los más destacados fueron los siguientes:

- Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 1808 Hertz
- Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 8010 Hertz
- Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 15073 Hertz

Los filtros fueron diseñados con el programa MATLAB, para escuchar que sonidos dejaba pasar, los programas diseñados fueron los siguientes.

3.3.2 PROGRAMAS REALIZADOS EN MATLAB

Los programas realizados en Matlab ayudaron a tener una idea del comportamiento del filtro, puesto que, fue posible escuchar el sonido ya filtrado.

- El programa del filtro pasa-bajas con una frecuencia de corte de 1808 Hertz, se muestra a continuación:

```
close all
clear
[xt,fs]=wavread('Motor 2.wav');
espectro=fft(xt);
espectro=espectro(1:end/2);%la mitad de muestras
magnitud=abs(espectro); % magnitud
freq=linspace(0,fs/2,length(espectro)); % genera el vector de frecuencias
figure(1);
plot(freq,magnitud)
fc= 1808; % frecuencia de stop1
Rp=1; % ancho del rizado en DB
Rs=20; % atenuación de la banda de supresión en DB
Fnyquist=fs/2; % frecuencia de Nyquist
% Normalización de las frecuencias
Wn=fc/Fnyquist;
N=15;
% Calculando el orden y las frecuencias de corte en rad/muestra
[numB,denB] = butter(N,Wn,'low');
yt=filter(numB,denB,xt);
espectro2=fft(yt);
espectro2=espectro2(1:end/2); % la mitad de muestras
magnitud2=abs(espectro2); % magnitud
freq2=linspace(0,fs/2,length(espectro2)); % genera el vector de frecuencias
figure(2);
plot(freq2,magnitud2)
soundsc(xt,fs)%ESCUCHAR EL AUDIO SIN FILTRAR
soundsc(yt,fs)%ESCUCHAR EL AUDIO YA FILTRADO.
```

Las gráficas obtenidas fueron las siguientes: La primera nos muestra el sonido original (figura 3.3.2.1); la segunda, el audio ya filtrado (figura 3.3.2.2).

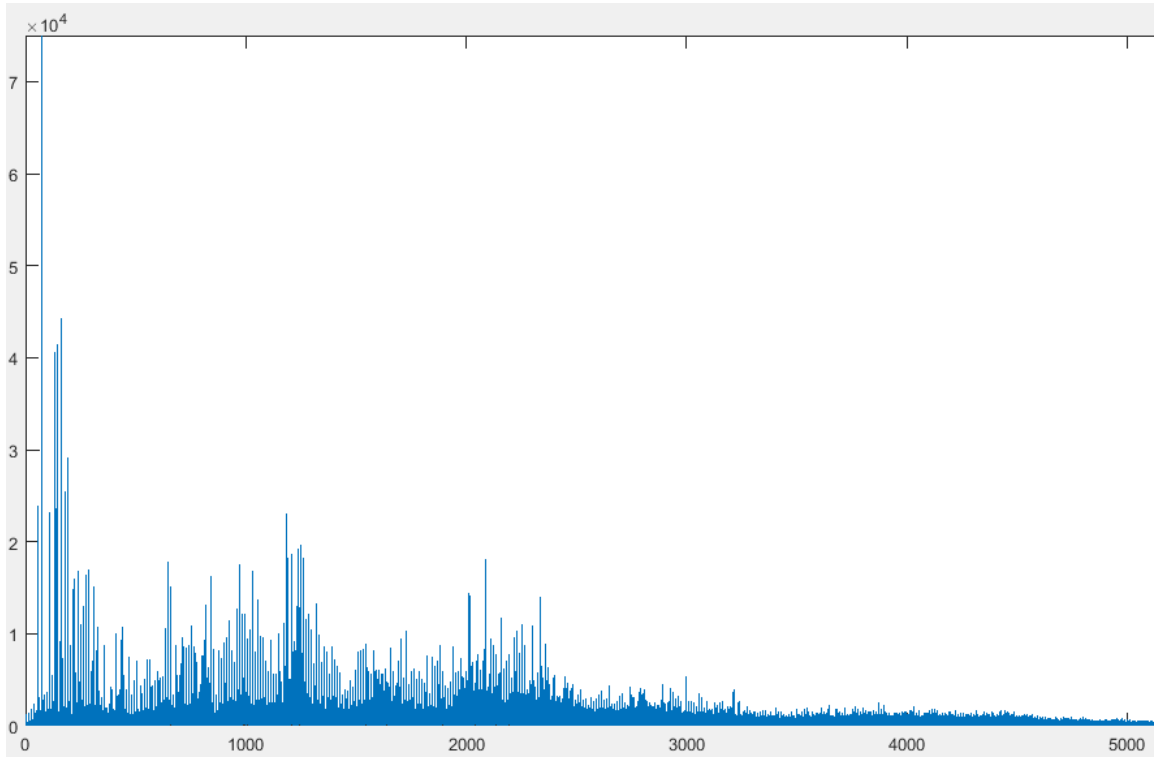


Figura 3.3.2.1. Espectro de sonido sin filtrar

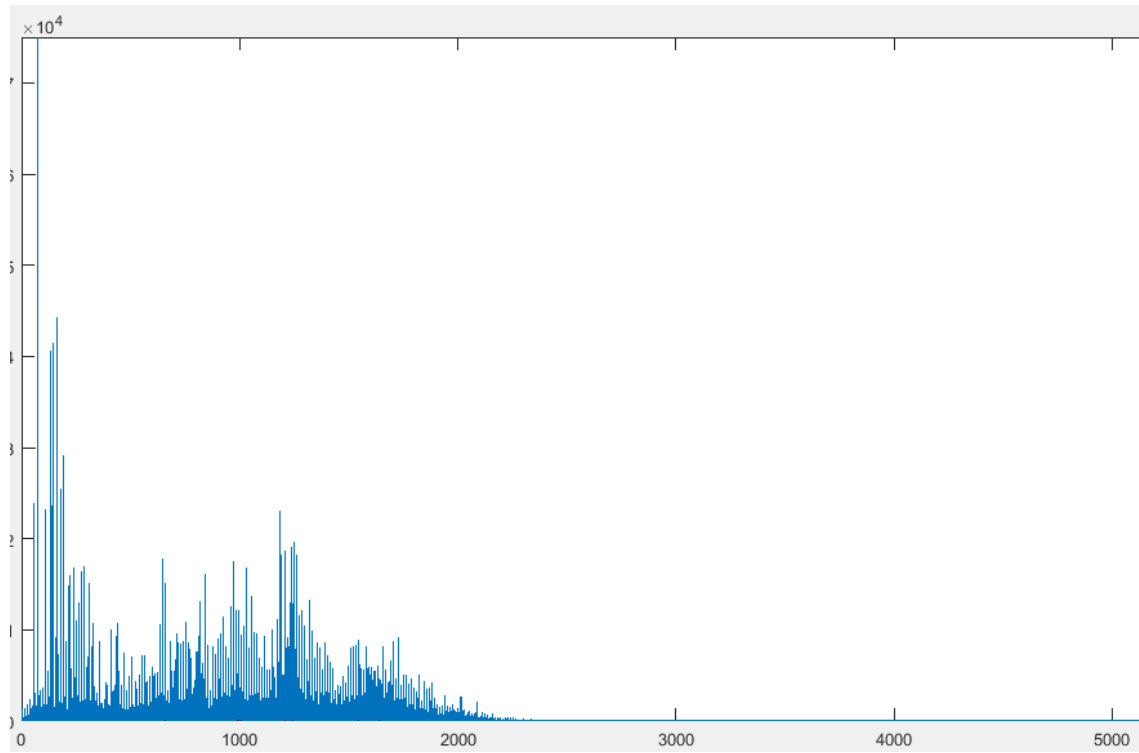


Figura 3.3.2.2. Espectro de sonido filtrado a 1808 Hz.

- En el programa de un filtro pasa-bajas con una frecuencia de corte de 8010 Hertz, es el siguiente:

```
close all
clear
[xt,fs]=wavread('Motor 2.wav');
espectro=fft(xt);
espectro=espectro(1:end/2);%la mitad de muestras
magnitud=abs(espectro); % magnitud
freq=linspace(0,fs/2,length(espectro)); % genera el vector de frecuencias
figure(1);
plot(freq,magnitud)
fc= 8010; % frecuencia de stop1
Rp=1; % ancho del rizado en DB
Rs=40; % atenuación de la banda de supresión en DB
Fnyquist=fs/2; % frecuencia de Nyquist
% Normalización de las frecuencias
Wn=fc/Fnyquist;
N=30;
% Calculando el orden y las frecuencias de corte en rad/muestra
[numB,denB] = butter(N,Wn,'low');
yt=filter(numB,denB,xt);
espectro2=fft(yt);
espectro2=espectro2(1:end/2); % la mitad de muestras
magnitud2=abs(espectro2); % magnitud
freq2=linspace(0,fs/2,length(espectro2)); % genera el vector de frecuencias
figure(2);
plot(freq2,magnitud2)
soundsc(xt,fs)%ESCUCHAR EL AUDIO SIN FILTRAR
soundsc(yt,fs)%ESCUCHAR EL AUDIO YA FILTRADO.
```

Las gráficas obtenidas del programa son las siguientes: La primera nos muestra el sonido original (figura 3.3.2.3.); la segunda el audio ya filtrado (figura 3.3.2.4).

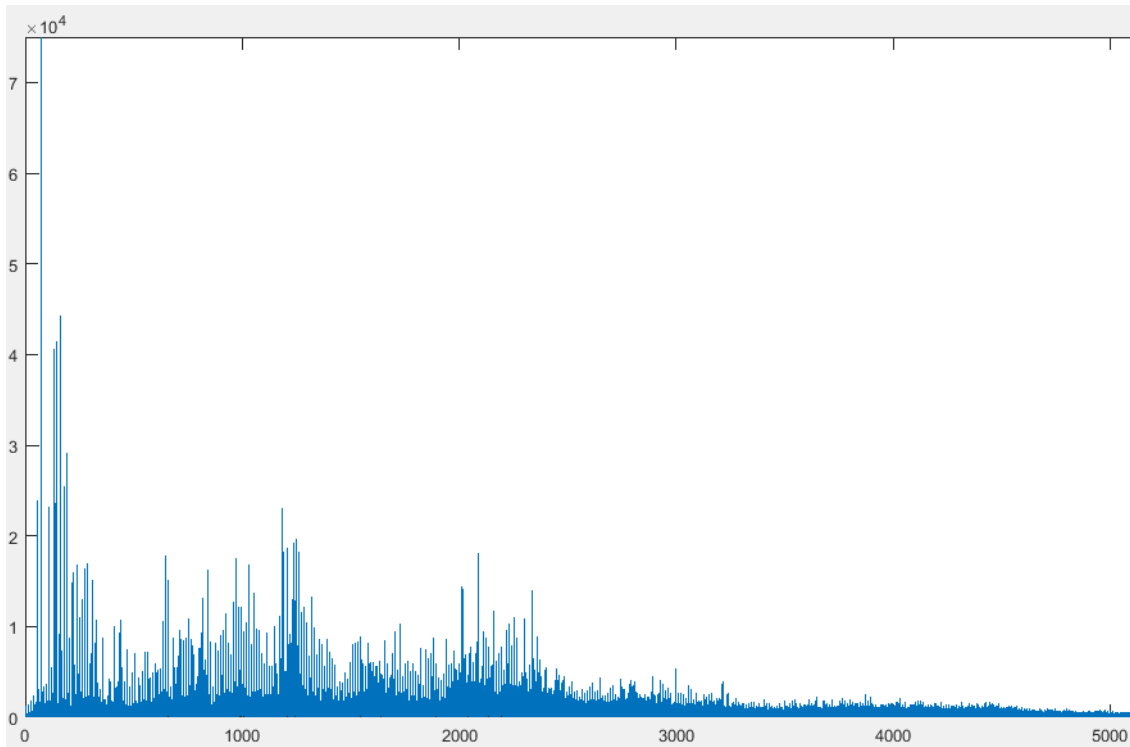


Figura 3.3.2.3. Gráfica de sonido sin filtrar.

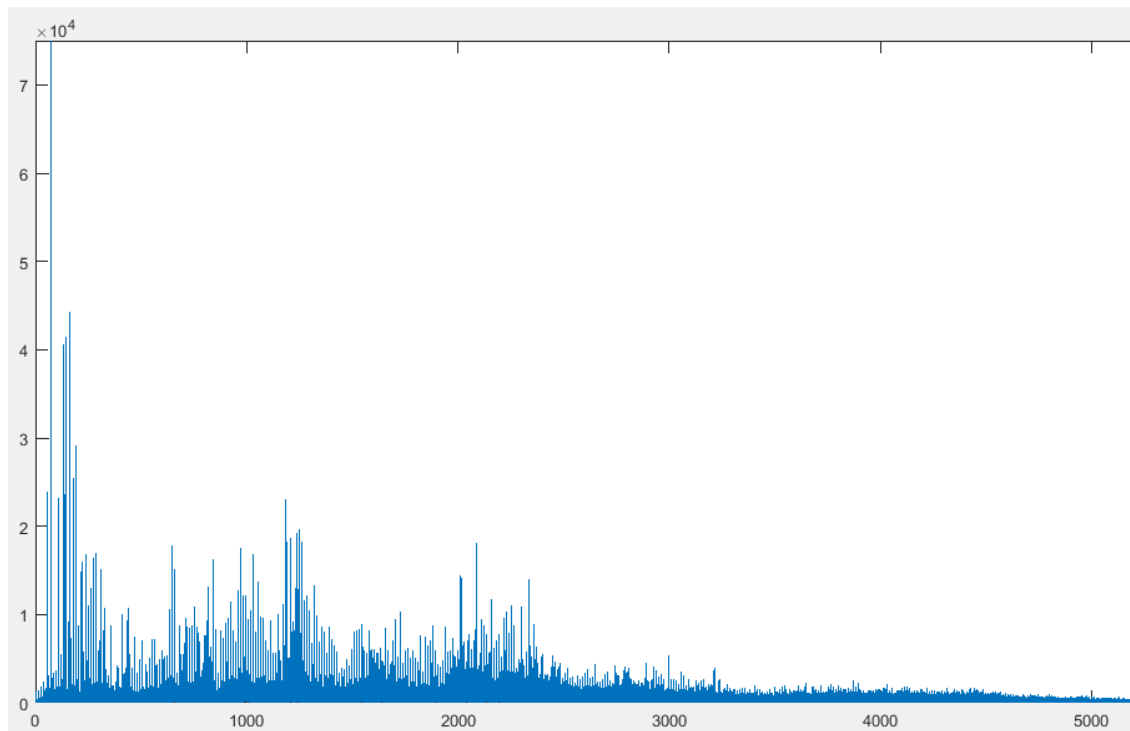


Figura 3.3.2.4 Gráfica de sonido filtrado a 8010 Hz.

- El programa de un filtro pasa-bajas con una frecuencia de corte de 15073 Hertz, es el siguiente:

```
close all
clear
[xt,fs]=wavread('Motor 2.wav');
espectro=fft(xt);
espectro=espectro(1:end/2);%la mitad de muestras
magnitud=abs(espectro); % magnitud
freq=linspace(0,fs/2,length(espectro)); % genera el vector de frecuencias
figure(1);
plot(freq,magnitud)
fc=15073; % frecuencia de stop1
Rp=1; % ancho del rizado en DB
Rs=40; % atenuación de la banda de supresión en DB
Fnyquist=fs/2; % frecuencia de Nyquist
% Normalización de las frecuencias
Wn=fc/Fnyquist;
N=30;
% Calculando el orden y las frecuencias de corte en rad/muestra
[numB,denB] = butter(N,Wn,'low');
yt=filter(numB,denB,xt);
espectro2=fft(yt);
espectro2=espectro2(1:end/2); % la mitad de muestras
magnitud2=abs(espectro2); % magnitud
freq2=linspace(0,fs/2,length(espectro2)); % genera el vector de frecuencias
figure(2);
plot(freq2,magnitud2)
soundsc(xt,fs)%ESCUCHAR EL AUDIO SIN FILTRAR
soundsc(yt,fs)%ESCUCHAR EL AUDIO YA FILTRADO
```

Las gráficas obtenidas son las siguientes: La primera nos muestra el sonido original (figura 3.3.2.5); la segunda, el audio ya filtrado (figura 3.3.2.6).

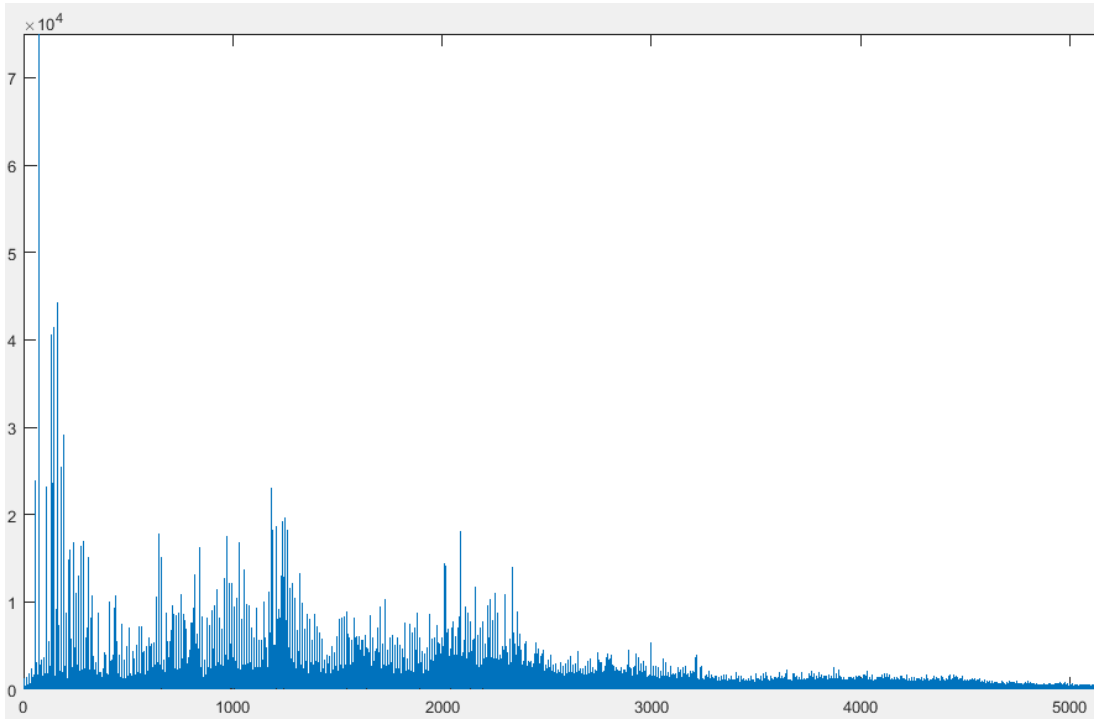


Figura 3.3.3.5. Gráfica del sonido sin filtrar.

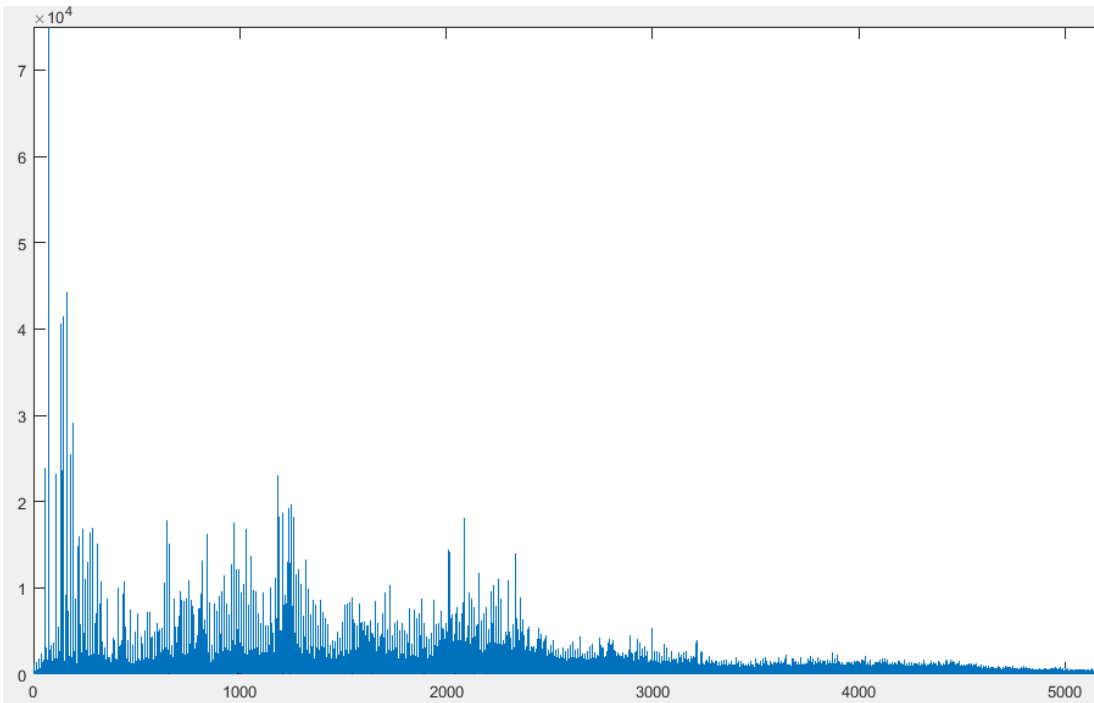


Figura 3.3.3.6. Gráfica del sonido filtrado a 15073 Hz.

Una vez realizado el análisis de los diferentes filtros, se crearon otros filtros con la ayuda del programa Multisim.

3.3.3 CREACIÓN DE LOS FILTROS EN MULTISIM

A partir de las frecuencias analizadas con MATLAB se prosiguió a la creación de los filtros de manera virtual con el programa MULTISIM. La forma en que se generaron los filtros pasa-bajas fue la siguiente.

Para la obtención del primer filtro con una frecuencia de corte 1808 Hz, se utilizó la herramienta FILTER WIZARDS, que se localiza en la pestaña TOOLS en la opción Circuit Wizard; como se observa en la figura 3.3.3.1.

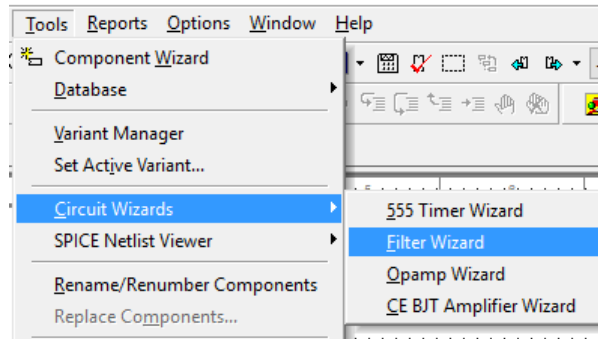


Figura 3.3.3.1. Creación del filtro con la ayuda de la herramienta Filter Wizard.

Una vez seleccionada la herramienta FILTER WIZARDS, el programa mostró una ventana (figura 3.3.3.2), en ella se colocaron los siguientes datos:

- Pass frequency = 1808 Hz.
- Stop frequency= 3616 Hz.
- Pass band gain:-1.
- Stop band gain: -25.
- Filter load: 50 Ω .
- Resistencia in LP 1 Ω .
- Butterworth.
- Active.

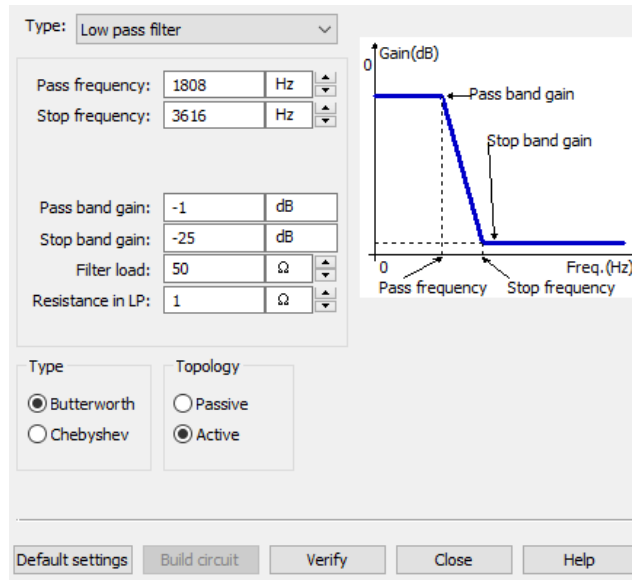


Figura 3.3.3.2. Ventana de datos del filtro.

Después de llenar los datos de la tabla se dio clic en VERIFY. Por último, se seleccionó la opción BUILD CUIT y apareció el circuito (figura 3.3.3.3).

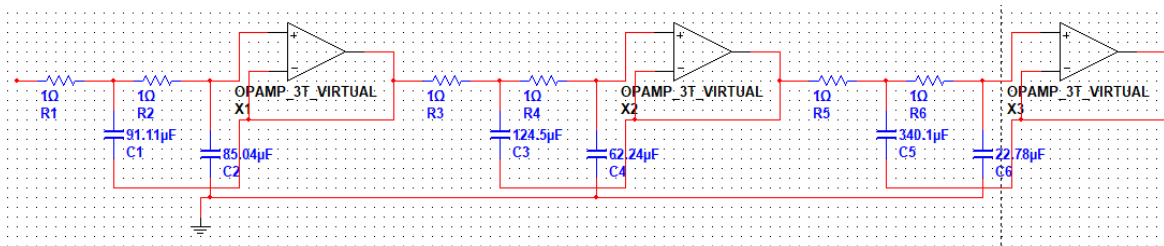


Figura 3.3.3.3. Filtro ideal a 1808 Hz.

El segundo y tercer circuito se diseñó de la misma forma que el primero.

Por consiguiente para el filtro pasa-bajas con una frecuencia de corte de 8010 Hertz se tuvieron los siguientes datos (figura 3.3.3.4).

- Pass frequency = 8010 Hz.
- Stop frequency = 16020 Hz.
- Pass band gain:-1.
- Stop band gain: -25.
- Filter load: 50 Ω .
- Resistencia in LP 1 Ω .
- Butterworth.
- Active.

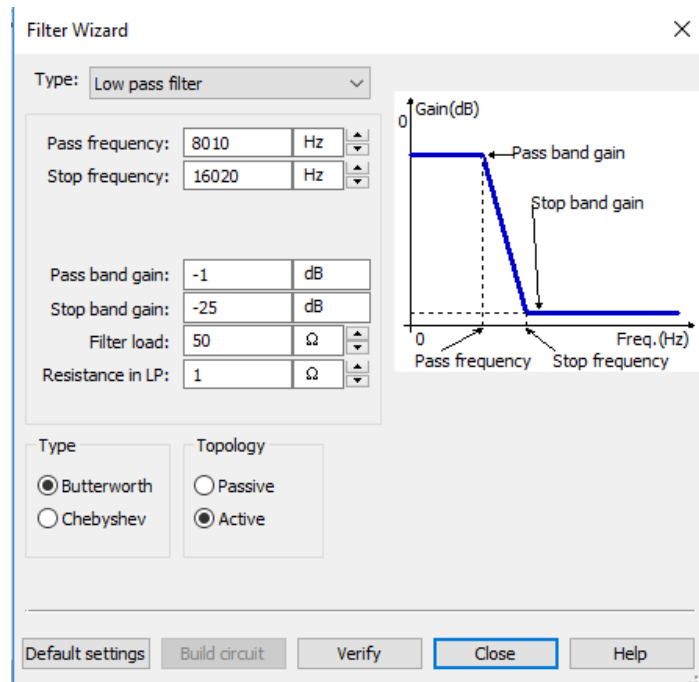


Figura 3.3.3.4. Ventana de datos del filtro.

Como en el primer caso, se dio clic en VERIFY. Se seleccionó la opción BUILD CUIT y apareció el circuito (figura 3.3.3.5).

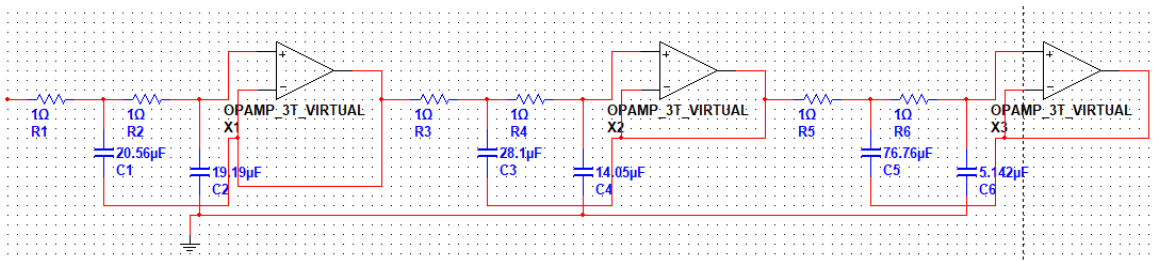


Figura 3.3.3.5. Filtro ideal a 8010 Hz.

El tercer filtro se obtuvo de la misma manera que los anteriores. Éste tuvo una frecuencia de corte de 15073 Hz (figura 3.3.3.6).

- Pass frequency = 15073 Hz.
- Stop frequency = 30146 Hz.
- Pass band gain: -1.
- Stop band gain: -25.
- Filter load: 50 Ω.
- Resistencia in LP 1Ω.
- Butterworth.
- Active.

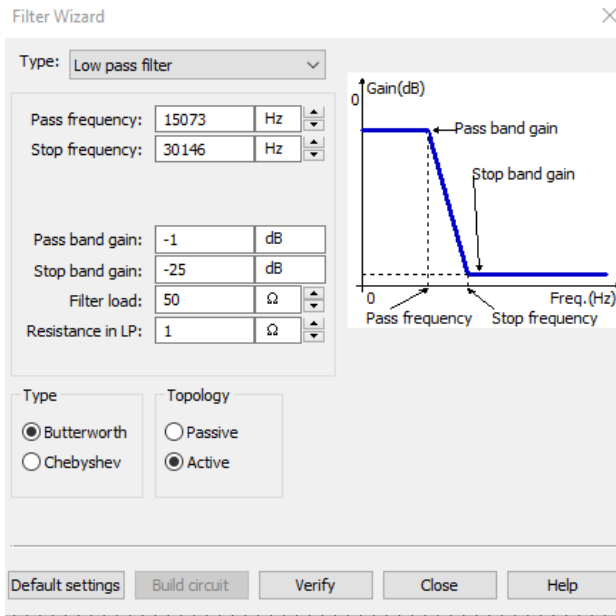


Figura 3.3.3.6. Ventana de datos del filtro.

Se continuó dando clic en VERIFY. Se seleccionó la opción BUILD CUIT y apareció el circuito (figura 3.3.3.7).

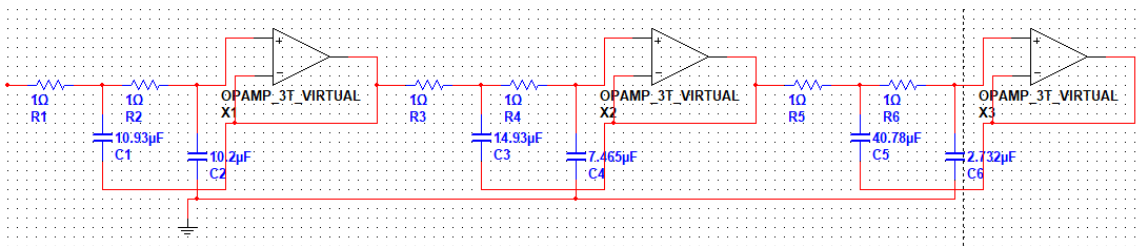


Figura 3.3.3.7. Filtro ideal 15073 Hz.

3.3.4 CREACIÓN DE CIRCUITOS DE IDEALES A COMERCIALES

Como se puede observar en las figuras de arriba (figuras 3.3.3.5, 3.3.3.6, 3.3.3.7); los amplificadores, resistencias y capacitores son ideales y no se encuentran comercialmente, por lo tanto, se tuvieron que buscar valores aproximados a ellos.

En primer lugar, se pensó, para el amplificador operacional, utilizar uno con dos fuentes de alimentación, sin embargo, el diseño se haría más grande y su costo se elevaría. Por lo tanto, se decidió optar por un amplificador que pudiera funcionar con una sola fuente de alimentación. Finalmente se optó por un amplificador operacional LM324, pues además, se encontró con un bajo costo.

Para hacer las conexiones se obtuvo el data sheet del LM324, que se encuentra en el anexo 1. Para el amplificador con la frecuencia de corte de 1808 Hz.

Aproximación de capacitores de ideales a comerciales.

- $C_1 91.11\mu f \approx C_1 100\mu F$.
- $C_2 85.04\mu f \approx C_2 100\mu F$.
- $C_3 124.5\mu f \approx C_3 150\mu F$.
- $C_4 62.24\mu f \approx C_4 75\mu F$.
- $C_5 340.1\mu f \approx C_5 470\mu F$.
- $C_6 22.78\mu f \approx C_6 33\mu F$.

Las resistencias de un ohm son comerciales.

Una vez obtenidos los nuevos valores se prosiguió a la creación del circuito, como se observa en la figura 3.3.4.1.

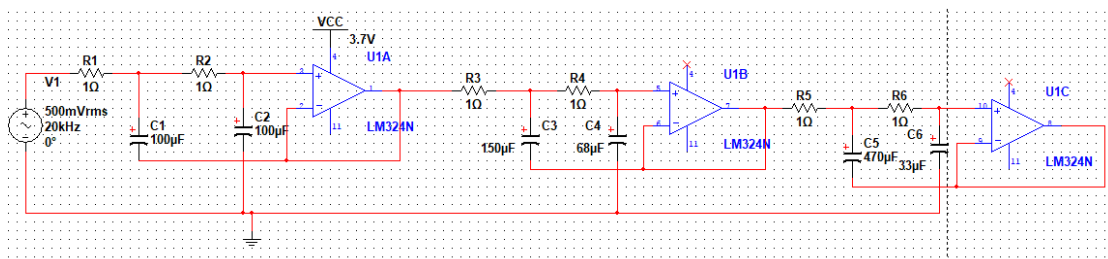


Figura 3.3.4.1. Circuito de filtrado para 1808 Hz con valores comerciales y amplificador LM324.

El segundo amplificador con una frecuencia de corte de 8010 Hz, presentó la siguiente aproximación de capacitores de ideales a comerciales.

- $C_1 20.56\mu f \approx C_7 22\mu F$.
- $C_2 19.29\mu f \approx C_8 22\mu F$.
- $C_3 28.1\mu f \approx C_9 33\mu F$.
- $C_4 14.05\mu f \approx C_{10} 75\mu F$.
- $C_5 409.9\mu f \approx C_{11} 470\mu F$.
- $C_6 27.46\mu f \approx C_{12} 33\mu F$.

(Las resistencias serán las mismas, de 1 ohm).

Después de obtener los nuevos valores se prosiguió a la creación del circuito, como se observa en la figura 3.3.4.2.

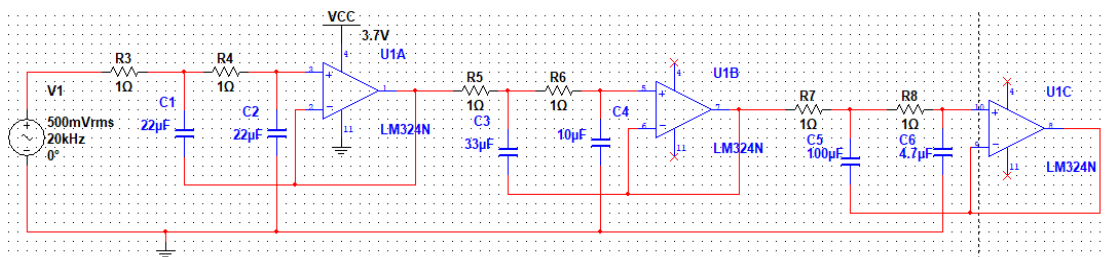


Figura 3.3.4.2. Circuito para un filtro de 8010 Hz con valores comerciales y amplificador LM324.

Por último el tercer filtro pasa-baja con frecuencia de corte 15073 Hz (figura 3.3.4.3).

- $C_1 10.93\mu f \approx 10\mu F$.
- $C_2 10.2\mu f \approx 10\mu F$.
- $C_3 14.93\mu f \approx 22\mu F$.
- $C_4 7.465\mu f \approx 10\mu F$.
- $C_5 40.78\mu f \approx 47\mu F$.
- $C_6 2.732\mu f \approx 3.3\mu F$.

(Las resistencias son las mismas, de 1 ohm).

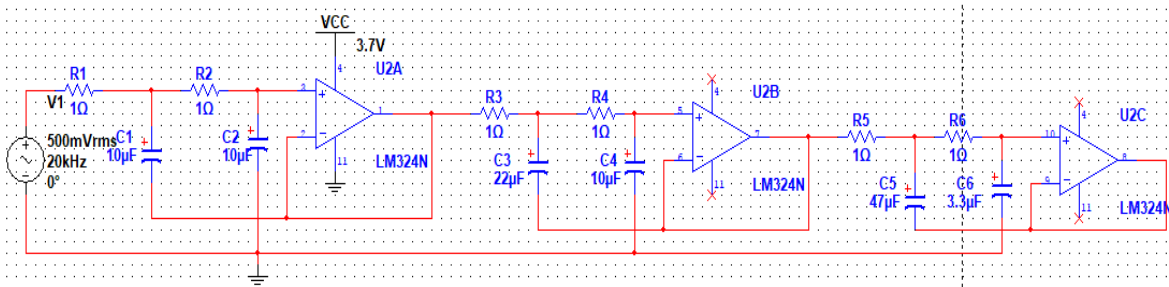


Figura 3.3.4.3. Circuito para un filtro de 15073 Hz con valores comerciales y amplificador LM324.

3.4 TERCERA ETAPA AMPLIFICADOR DE POTENCIA.

Consistió en amplificar la señal eléctrica de la salida del filtro pasa-bajas por medio de un amplificador de potencia. Para el diseño se utilizó un **módulo amplificador digital PAM8403 con potenciómetro**; gracias a sus características, que se mencionan a continuación, y a su bajo costo (figura 3.4.1).

ESPECIFICACIONES:

Modelo: GF1002.

Gama de energía: 3.7 a 5 V DC.

Salida mínima: 3 W * 2.

Dimensiones: 29.5*20.2*15mm

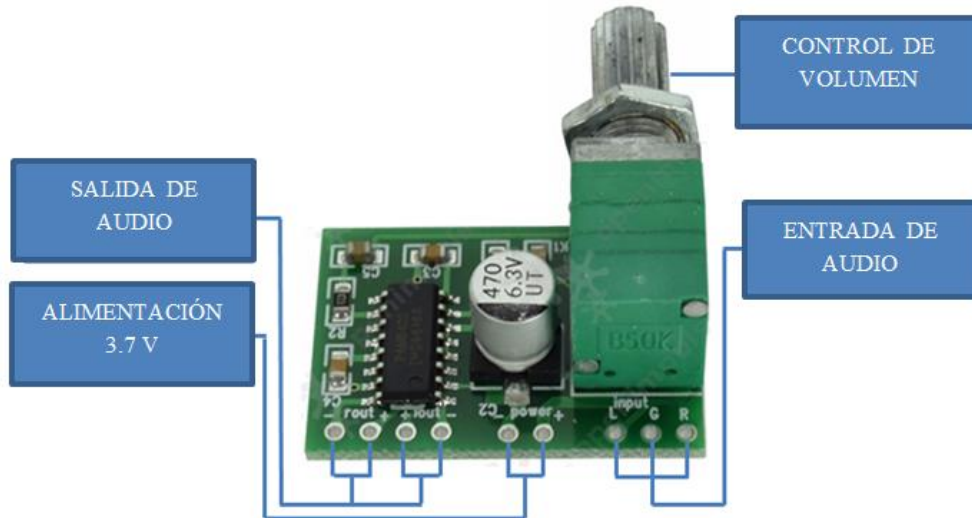


Figura 3.4.1. Módulo amplificador digital PAM8403 con potenciómetro

3.5 CONEXIÓN EN PROTOBOARD

Las conexiones se realizaron de la siguiente manera: Debido a que la salida del micrófono no fue compatible con la entrada de amplificador, se hizo necesario agregar un circuito de acoplamiento; como se muestra en la figura 3.5.1.

El circuito de acoplamiento funciona de la siguiente manera: El capacitor bloquea la entrada de la señal de CC de la salida del micrófono y, sólo deja pasar la señal de AC. Ésta se aplica al divisor de voltaje para agregarle otra vez componente de DC²⁴. El amplificador en configuración seguidor, se utiliza para poder acoplar la impedancia a la entrada del filtro, es decir, con máxima transferencia de voltaje, con alta impedancia a la entrada del seguidor y muy baja impedancia a la salida.

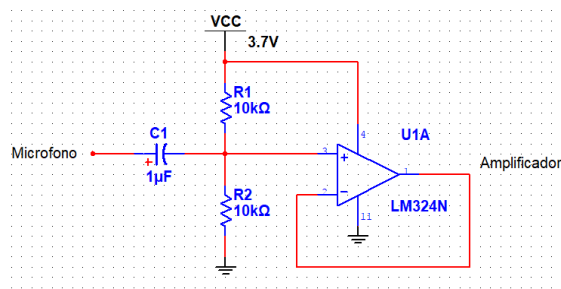


Figura 3.5.1. Circuito de acoplamiento.

Para el primer amplificador con frecuencia de corte 1808 Hertz. (Figura 3.5.2).

- Micrófono:
 - Cable rojo = V+.

²⁴ <http://www.learningaboutelectronics.com/Articulos/Condensador-de-acoplo.php>

- Cable negro = tierra.
- Cable verde = salida del micrófono conectada a la pata positiva del capacitor.
- Amplificador:
 - Cable morado salida del amplificador conectado a la entrada del amplificado.
- Amplificador de potencia:
 - El cable anaranjado con blanco se conecta tierra.
 - El cable anaranjado se conecta a la salida del amplificador.
 - El cable negro con blanco se conectó a tierra.
 - El cable rojo se conectó al V+.
 - El cable blanco con café se conectó al negativo del Jack.
 - El cable café se conectó al positivo del Jack.

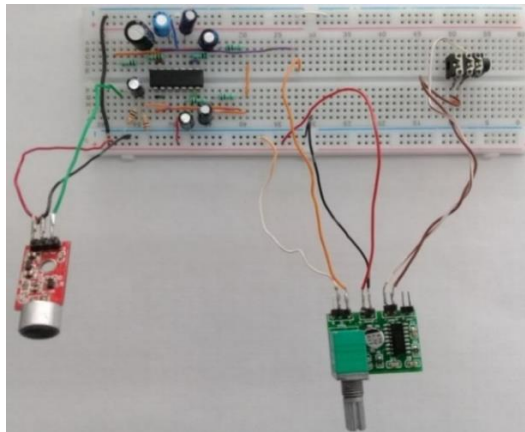


Figura 3.5.2. Circuito para el filtro de 1808 Hz creado en protoboard.

Para el segundo amplificador con frecuencia de corte 8010 Hertz. (Figura 3.5.3).

- Micrófono:
 - Cable rojo = V+.
 - Cable negro = tierra.
 - Cable verde = salida del micrófono conectada a la pata positiva del capacitor.
- Amplificador:
 - Cable morado salida del amplificador conectado a la entrada del amplificador.
- Amplificador de potencia:
 - El cable anaranjado con blanco se conecta tierra.
 - El cable anaranjado se conecta a la salida del amplificador.
 - El cable negro se conectó a tierra.
 - El cable rojo se conectó al V+.
 - El cable blanco con café se conectó al negativo del Jack.
 - El cable café se conectó al positivo del Jack.

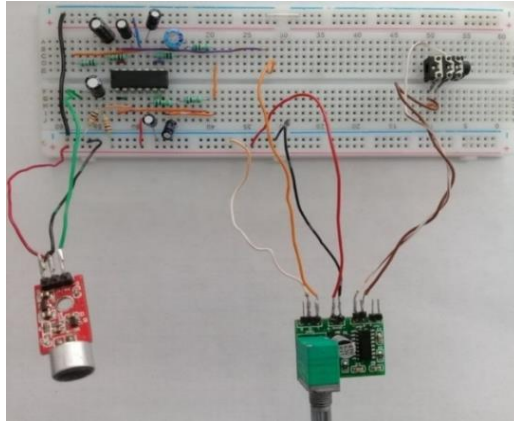


Figura 6.8.2 Circuito para el filtro de 8010 Hz creado en protoboard.

Para el tercer amplificador con frecuencia de corte 15073 Hertz. (Figura 3.5.4).

- Micrófono:
 - Cable rojo = V+
 - Cable negro = tierra
 - Cable verde = salida del micrófono conectada a la pata positiva del capacitor
- Amplificador:
 - Cable morado salida del amplificador conectado a la entrada del amplificador
- Amplificador de potencia:
 - El cable anaranjado con blanco se conecta a tierra.
 - El cable anaranjado se conecta a la salida del filtro
 - El cable negro a tierra
 - El cable rojo se conectó al V+
 - El cable blanco con café se conectó al negativo del Jack
 - El cable café se conectó al positivó del Jack

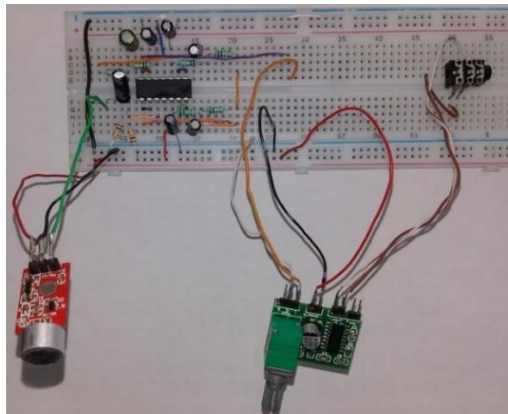


Figura 3.5.4. Circuito para el filtro de 15073 Hz creado en protoboard.

3.6 CREACIÓN DEL MÓDULO DE AUDIO.

Una vez realizadas todas las pruebas y, basándonos en las recomendaciones de los mecánicos de ADO; se comenzó con la realización del módulo de audio. La estructura fue la siguiente (figura 3.6.1).



Figura 3.6. Estructura del módulo de audio.

El filtro se realizó de la siguiente manera.

3.6.1 CREACIÓN DE LA PLACA DEL FILTRO PASA BAJAS CON FRECUENCIA DE CORTE DE 8010 HERTZ

Lo primero fue crear el diseño en el programa Multisim; como se muestra en la figura 3.6.1.1.

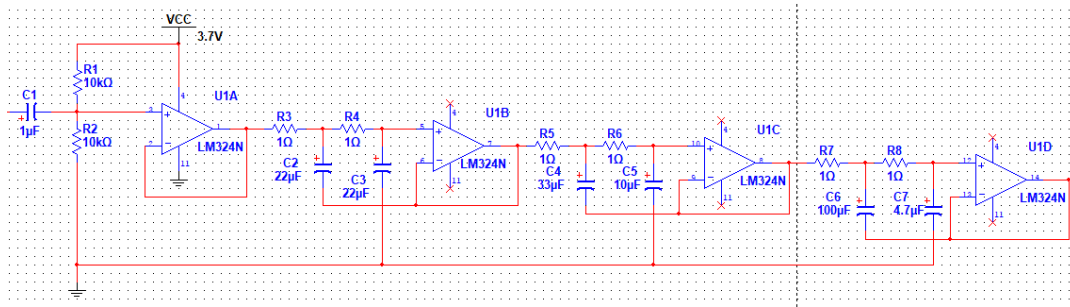


Figura 3.6.1.1. Filtro pasa bajas con frecuencia de corte de 8010 Hertz creado en Miltisim.

Ya creado el circuito, se dirigió a la opción transfer y se buscó la opción de transfer to multiboard 11.0, donde se dio clic; como se muestra en la figura 3.6.1.2.

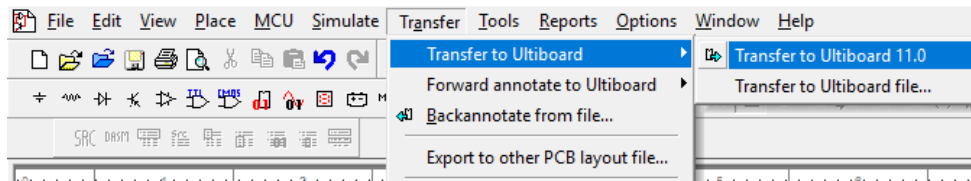


Figura 3.6.1.2. Pestaña Transfer to Ultiboard 11.0.

Donde apareció una ventana como la siguiente, asignándosele el nombre "tesis", para enseguida haberle dado un clic en guardar; como se muestra en la figura 3.6.1.3.

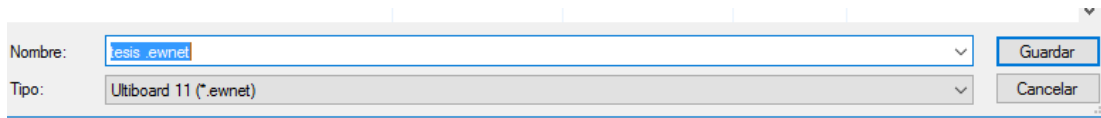


Figura 3.6.1.3. Asignación del nombre de nuestro circuito llamando "Tesis".

De nuevo apareció una ventana, esta mostraba una lista de los componentes y como están conectados entre sí, con la opción de hacer alguna modificación en caso de ser necesaria. Comprobando que todo estaba en orden se dio clic en ok, como se muestra en la figura 3.6.1.4.

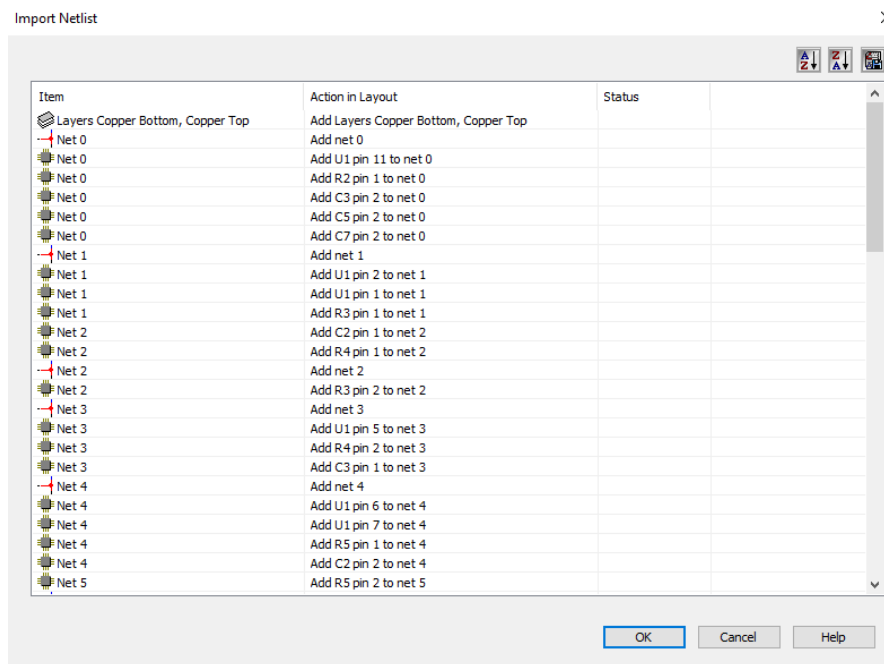


Figura 3.6.1.4. Ventana con los elementos y conexiones entre sí.

La que abrió el programa de ultiboard con los elementos de los circuitos, los cuales se pueden modificar al gusto, como se puede observar en la figura 3.6.1.5.

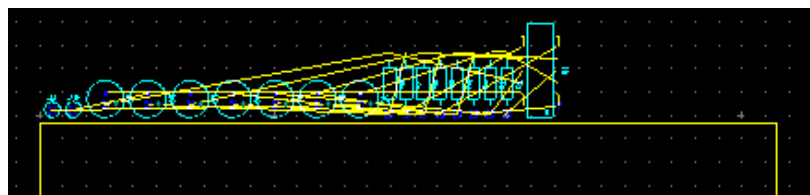


Figura 3.6.1.5. Programa Ultiboard con los elementos del circuito.

Se seleccionaron los elementos del circuito y se dirigió a la opción de "Autoplace Selected Parts", como se muestra en la figura 3.6.1.6.

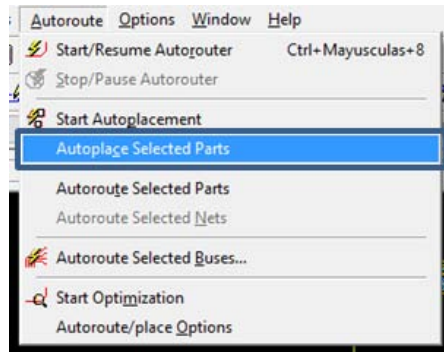


Figura 3.6.1.6. Opción Autoplace Selected parts.

Al dar clic en esta opción, el programa acomodó los componentes del circuito de la forma más conveniente, como se puede observar de la figura 3.6.1.7.

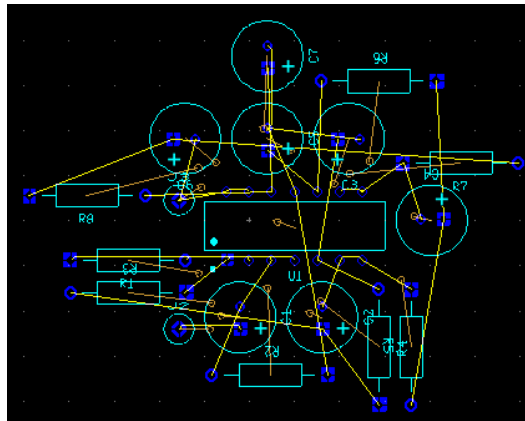


Figura 3.6.1.7. Circuito creado por la opción Autoplace Selected Parts.

Se modificaron algunos componentes para hacer las conexiones de voltaje y tierras; como se puede observar en la figura 3.6.1.8.

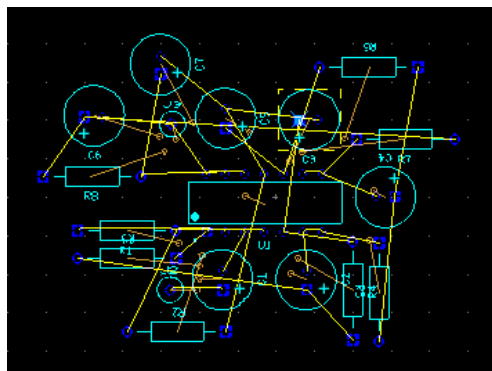


Figura 3.6.1.8. Modificación de algunos componentes.

El siguiente paso fue crear las pistas del circuito, para lo cual se prosiguió se la siguiente manera: Se dio un clic en la pestaña de "Options y se seleccionó la opción de PCB Properties, como se puede observar en la figura 3.6.1.9.

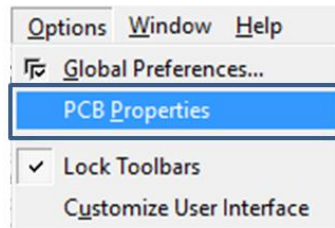


Figura 3.6.1.9. Opcion PCB Properties.

La cual dio una ventana como la de la figura 3.6.1.10.

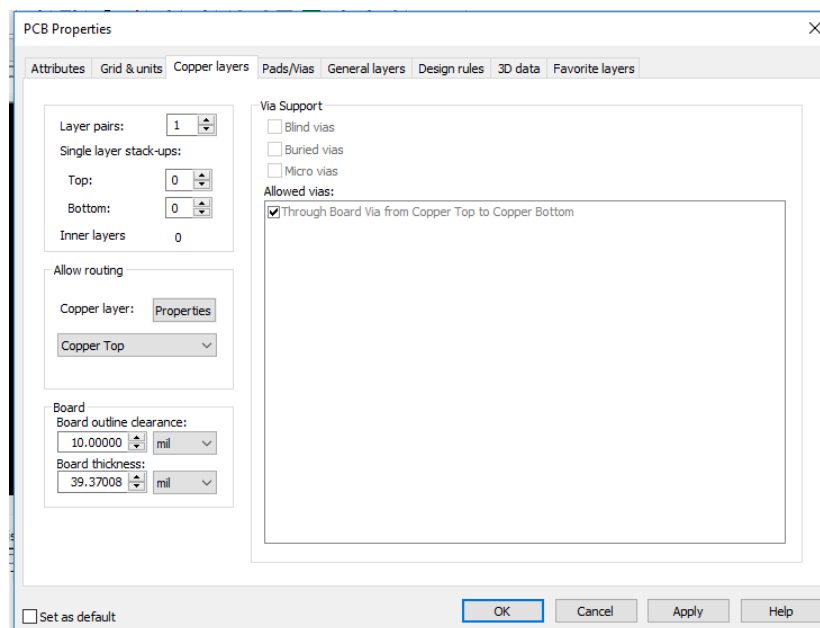


Figura 3.6.1.10. Ventana PCB Properties.

Donde se seleccionó la opción de Copper Botton, como se puede observar en la figura 3.6.1.11.

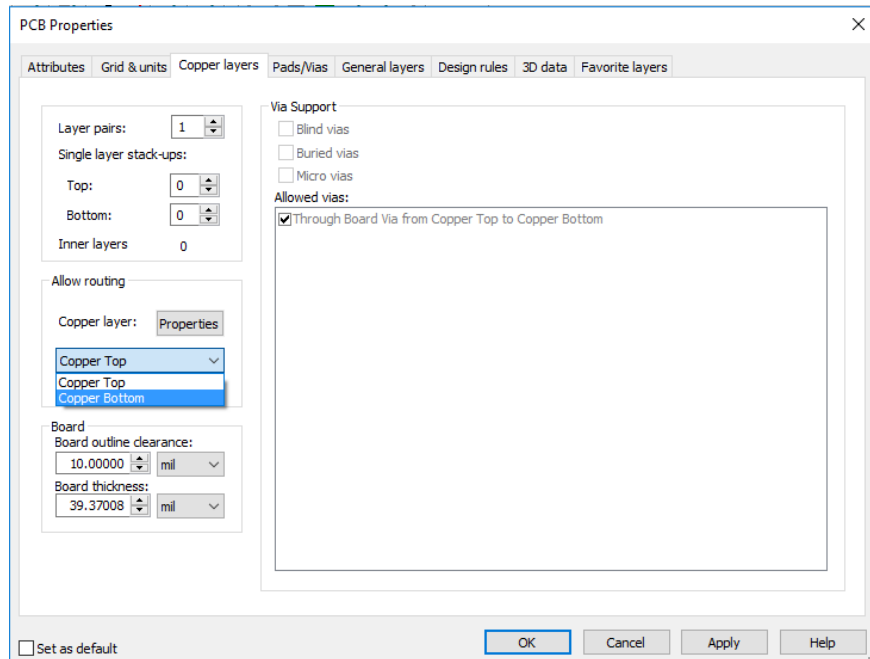


Figura 3.6.1.11. Opción Copper Botton.

Después se dio un clic en la opción "Properties", se deshabilitó la opción de Routing y se dio ok; como se muestra en la figura 3.6.1.12.

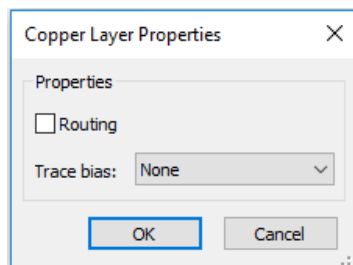


Figura 3.6.1.12. Opción Routing deshabilitada.

Una vez realizados los pasos anteriores, se buscó la opción de Autoroute y se dio un clic en la opción de Star/Resume Autorouter; como se observa en la figura 3.6.1.13.

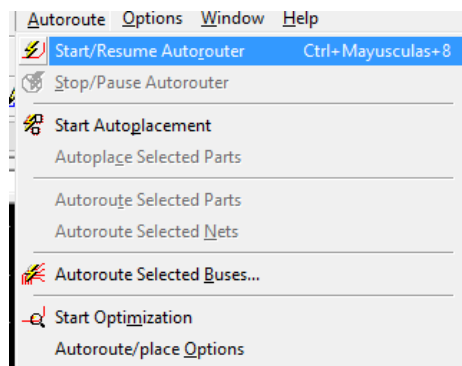


Figura 3.6.1.13. Opción Star/Resume Autorouter.

La cual resultó en el nuevo circuito, como se ve en la figura 3.6.1.14.

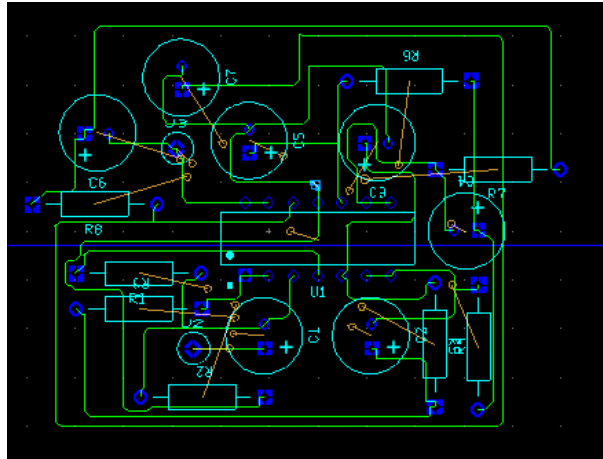


Figura 3.6.1.14 Pistas del filtro.

Una vez obtenido el circuito se modificó el grosor de las pistas para evitar que el cloruro férrico dañe las pistas, como se puede observar en la figura 3.6.1.15.

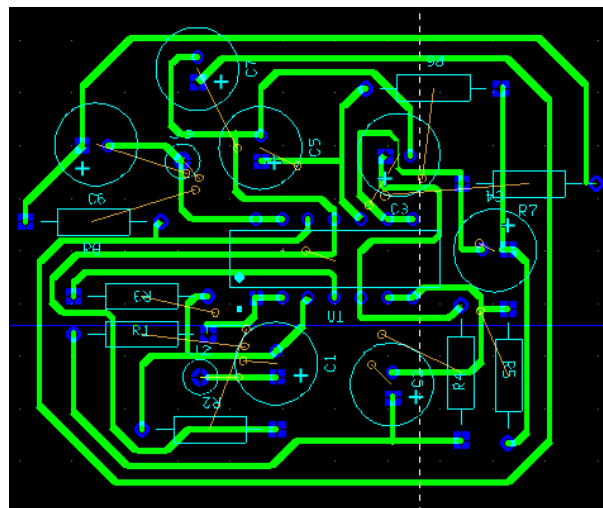


Figura 3.6.1.15. Modificación del grosor de las pistas.

Se implementó una pista de voltaje y de tierra y un pin en la pata cuatro del amplificador, para la conexión de voltaje, como se observa en la siguiente figura 3.6.1.16.

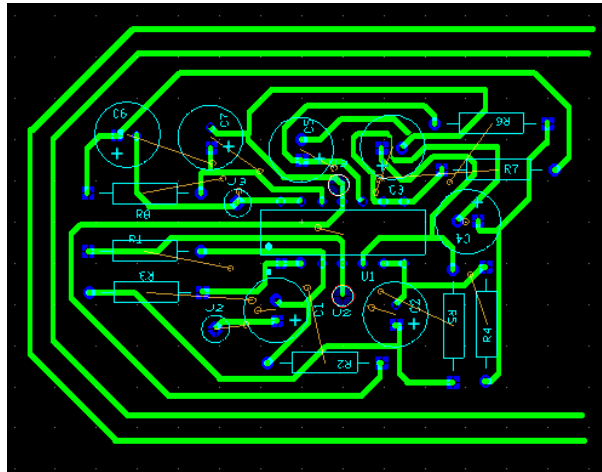


Figura 3.6.1.16. Circuito final.

Terminado el circuito se dirigió a la opción imprimir y apareció una ventana como la siguiente (figura 6.9.1.17).

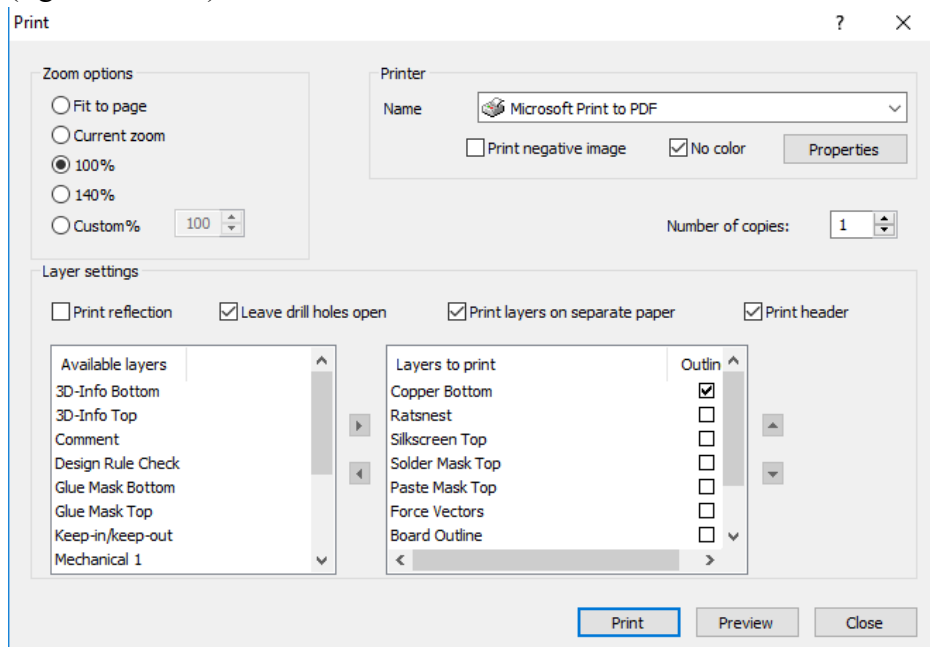


Figura 3.6.1.17. Ventana de formato y características de impresión.

Donde se le dio clic en la opción "Print". Y apareció una ventana (figura 3.6.1.18). Y se le asignó un nombre al circuito para dar clic en guardar, obteniendo el circuito en formato pdf. El archivo en formato pdf se puede encontrar en el anexo 5.

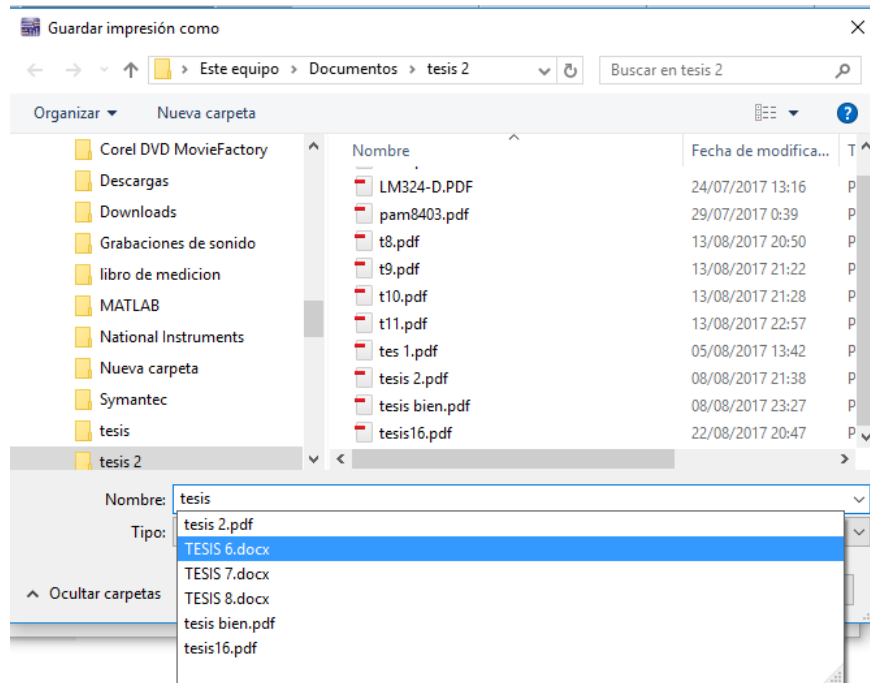


Figura 3.6.1.18. Nombre del formato en placa.

Se imprimió el circuito en acetato con una impresora láser para poder pasarlo en la placa, como se muestra en la siguiente figura 3.6.1.19.

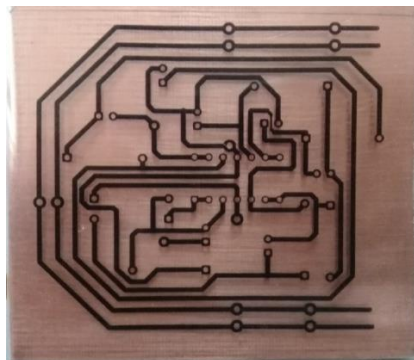


Figura 3.6.1.19. Acetato colocado en la placa metálica.

Una vez colocado el acetato en la placa se le transfirió calor para que se imprimiera en la placa metálica como se observa en la figura 3.6.1.20.

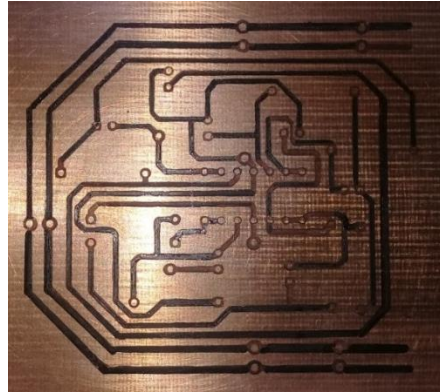


Figura 3.6.1.20. Circuito impreso en placa.

Teniendo el circuito, se introdujo en cloruro férrico durante 20 minutos; como se muestra en la figura 3.6.1.21.



Figura 3.6.1.21. Placa metálica cubierta en cloruro férrico.

Una vez que transcurridos los 20 minutos, se verificó que las pistas quedarán impresas; como se observa en la figura 3.6.1.23.

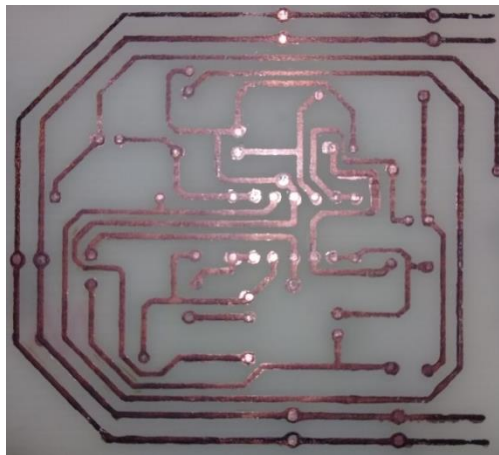


Figura 3.6.1.22. Pistas creadas con el ácido.

3.6.2 ARMADO DEL MÓDULO DE AUDIO

Ya obtenida la placa se prosiguió a la perforación y soldaduras de los elementos del filtro pasa bajas con frecuencia de corte de 8010 Hertz. Para la creación del filtro se utilizaron los siguientes elementos:

- 2 resistencias de $1\ \Omega$. (R_1 a R_2).
- 6 resistencias de $1\ \Omega$. (R_3 a R_6).
- Un capacitor de $1\ \mu F$. (C_1).
- Dos capacitores de $22\ \mu F$. (C_2 y C_3).
- Un capacitor de $33\ \mu F$. (C_4).
- Un capacitor de $10\ \mu F$. (C_5).
- Un capacitor de $100\ \mu F$. (C_6).
- Un capacitor de $4.7\ \mu F$. (C_7).
- Cable rojo (V^+).
- Cable negro (tierra).
- Una base para el LM324N.

Una vez que obtenidos los elementos, se prosiguió a la soldadura de cada uno de ellos (figura 3.6.2.1).



Figura 3.6.2.1. Elementos soldados en la placa.

Realizados los pasos anteriores, se continuó con la conexión y la colocación de los componentes (figura 3.6.2.2) en la caja de plástico. Los elementos conectados son:

- Un amplificador digital Pam8403 con potenciómetro.
- Un módulo FC-109 sensor de sonido micrófono max9812.
- Una batería de 3.7 Volts.
- Switch.

- Un Jack 3.5.
- Caja de plástico.
- Led.
- Módulo Tp4056 Cargador De Baterías Litio USB 1a 18650.

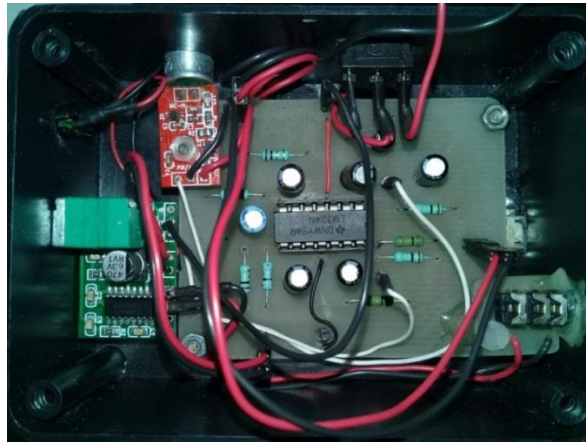


Figura 3.6.2.2. Conexiones de todos los elementos del módulo de audio.

3.7 ELEMENTOS DEL MÓDULO DE AUDIO

Los elementos exteriores del módulo de audio ayudaron a tener un mejor manejo. Estos fueron los siguientes (figuras 3.7.1, 3.7.2, 3.7.3, 3.7.4).



Figura 3.7.1. Perilla de volumen y led de encendido.

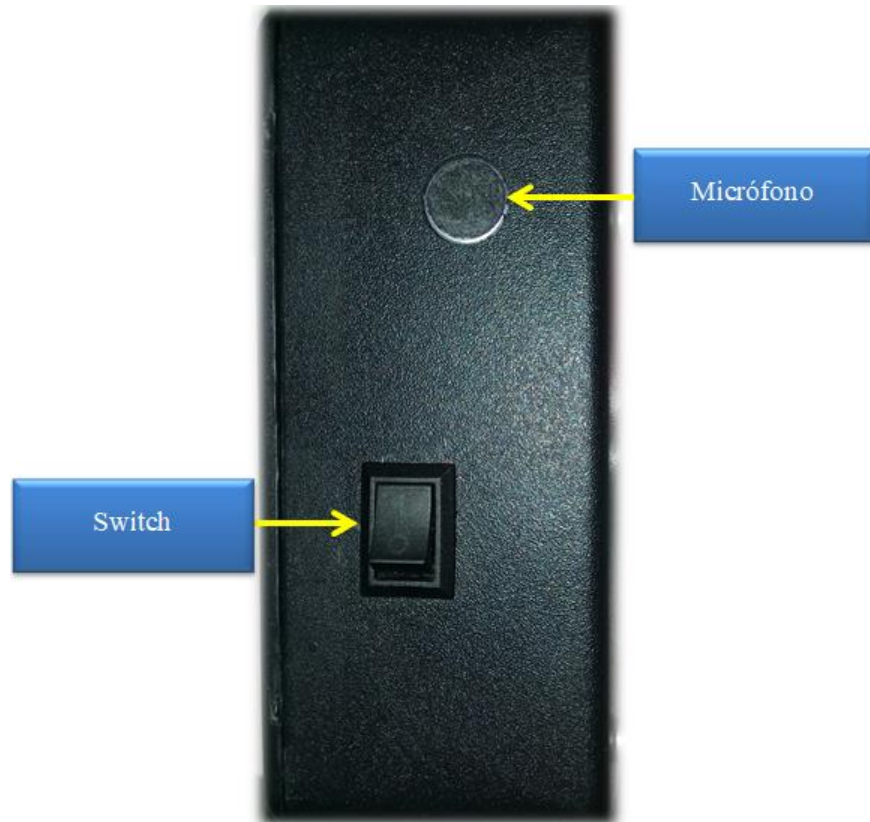


Figura 3.7.2. Micrófono y Switch.

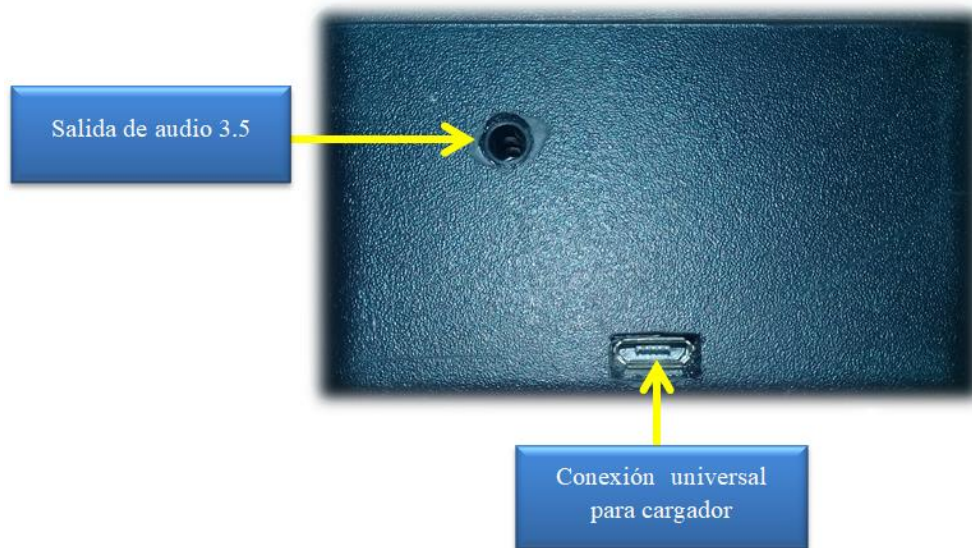


Figura 3.7.3. Salida de audio 3.5 y conexión para cargar la batería.

En caso de que la pila sufriera algún daño se puede cambiar fácilmente en la parte frontal del módulo de audio, como se muestra en la figura 6.10.4.



Figura 3.7.4. Batería.

CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS

Los resultados se obtuvieron a partir de tres diferentes pruebas:

- SIMULADOS
- LABORATORIO
- INSTALACIONES EN ADO

4.2 SIMULADOS

Fueron obtenidos por medio del programa MULTISIM, para tener una idea del comportamiento de los filtros pasa bajas. La simulación se realizó de la siguiente forma:

- Amplificador pasa-bajas con frecuencia de corte 1808 Hz.

Para la simulación del circuito se conectó en la resistencia R1 una señal de voltaje alterna, obtenida de la herramienta Place Source: como se muestra en la figura 4.2.1. Donde se seleccionó el componente AC_POWER (figura 4.2.2).



Figura 4.2.1 Herramienta de Place Source.

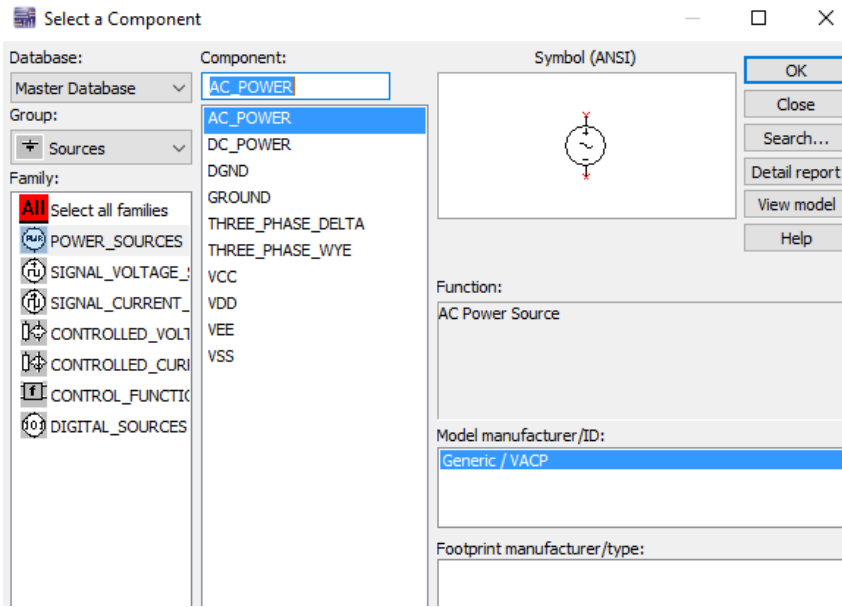


Figura 4.2.2. Ventana de componentes (AC_POWER).

Al darle clic en el componte se muestra el símbolo AC_POWER en la ventana de trabajo, el cual se conectó al circuito (figura 4.2.3.), y donde se modificó el voltaje y la frecuencia dando doble clic en el símbolo. Posteriormente apareció una tabla (figura 4.2.4.) en la cual se modificaron nuevamente los valores de voltaje y frecuencia. Para el voltaje se manejaron 500 mV y para la frecuencia 20 kHz.

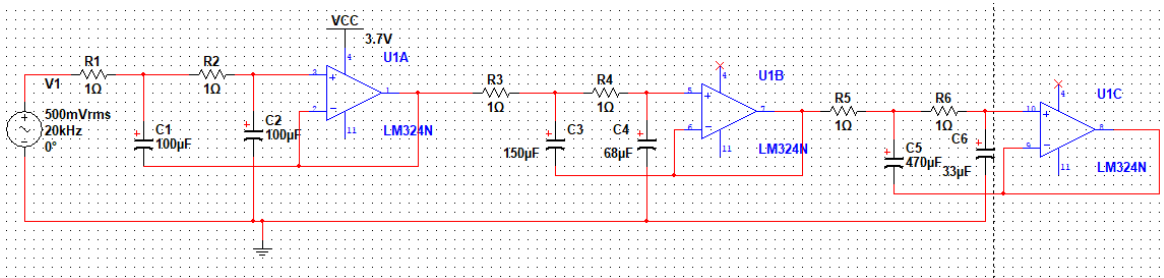


Figura 4.2.3. Conexión de la fuente AC_POWER al filtro.

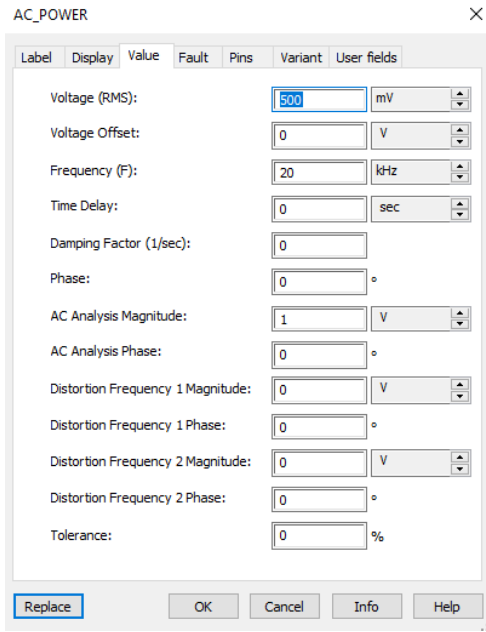


Figura 4.2.4. Valores para prueba del circuito.

Para poder ver las señales se conectó un osciloscopio a la entrada. El osciloscopio está ubicado en la Barra de Herramientas de Instrumentos (figura 4.2.5.).

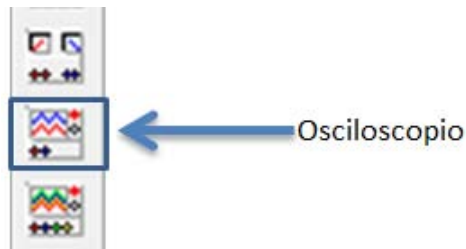


Figura. 4.2.5. Osciloscopio.

Al darle clic en el icono apareció un osciloscopio como el que se muestra en la figura 4.2.6, donde el canal A se conectó a la entrada y el B a la salida; visible en la figura 4.2.7.

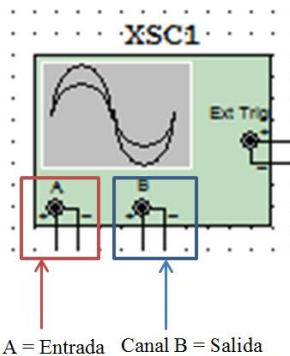


Figura 4.2.6. Osciloscopio Canal A y B.

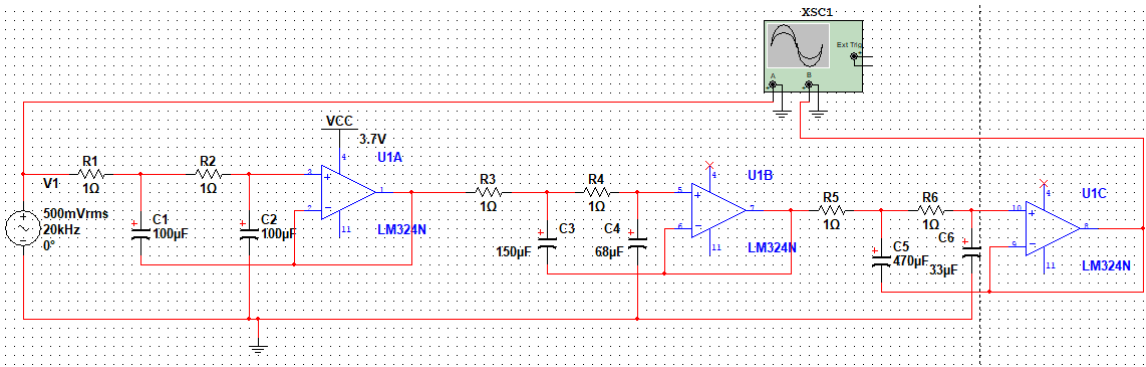


Figura 4.2.7. Conexión del osciloscopio al filtro.

Una vez elaboradas las conexiones se procedió a la simulación del circuito con la ayuda de la herramienta RUN, ubicada en la parte superior de la ventana de trabajo (figura 4.2.8). Dando clic sobre dicha herramienta comenzó la simulación y para visualizar las señales fue necesario dar doble clic en el osciloscopio (figura 4.2.9)



Figura 4.2.8. Herramientas de simulación.

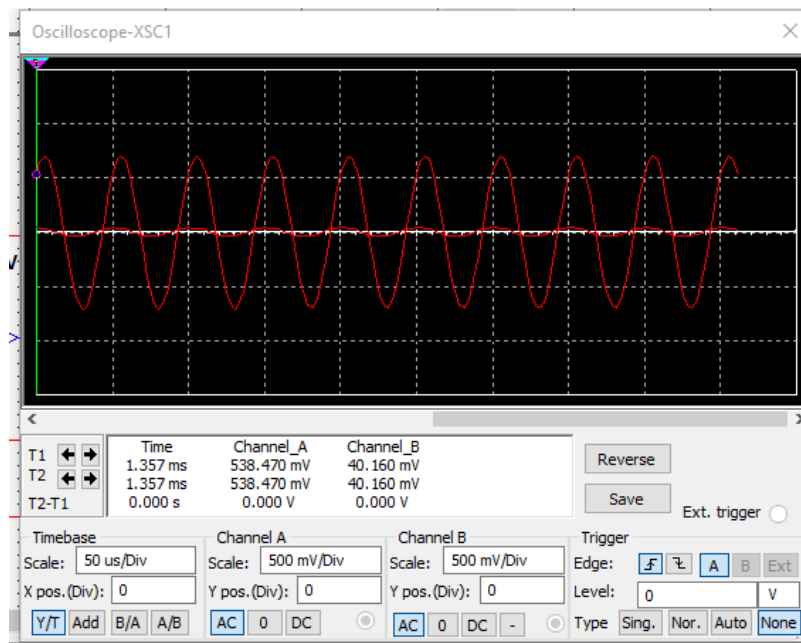


Figura 4.2.9. Señales del osciloscopio. La señal con mayor amplitud es la de entrada, mientras que la señal de menor amplitud es la de salida.

Para tener una mejor visualización de las señales se utilizó la herramienta GRAPHER, ubicada en la pestaña VIEEN. Con ella fue posible editar las señales para tener un mejor análisis (figura 4.2.10).

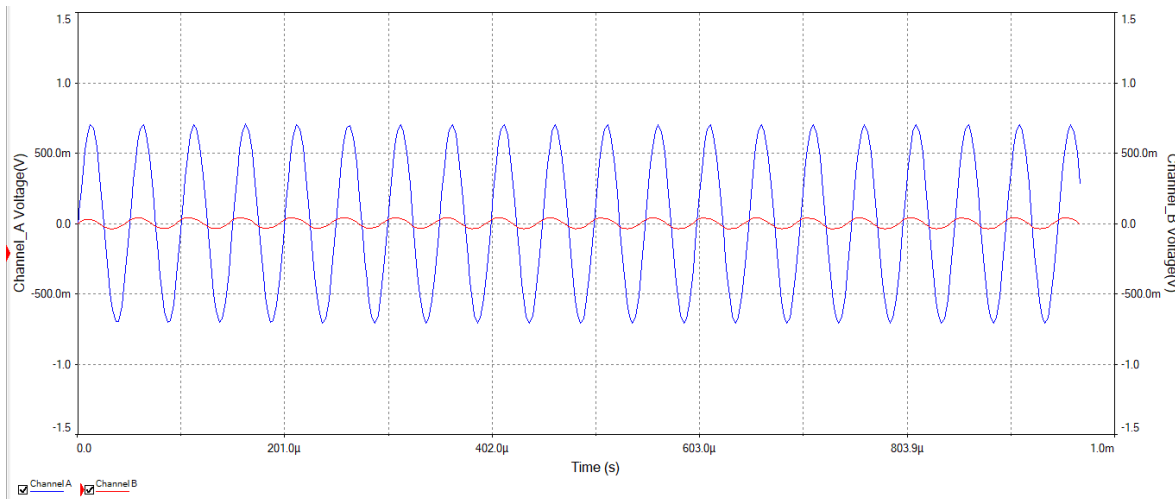


Figura 4.2.10. En esta figura se puede diferenciar mejor la señal de entrada y de salida. La señal de entrada es de color azul mientras la de salida es de color rojo.

Para obtener la señal de respuesta en frecuencia se incorporó al circuito el elemento "Bode Plotter" como se muestra en la figura 4.2.11

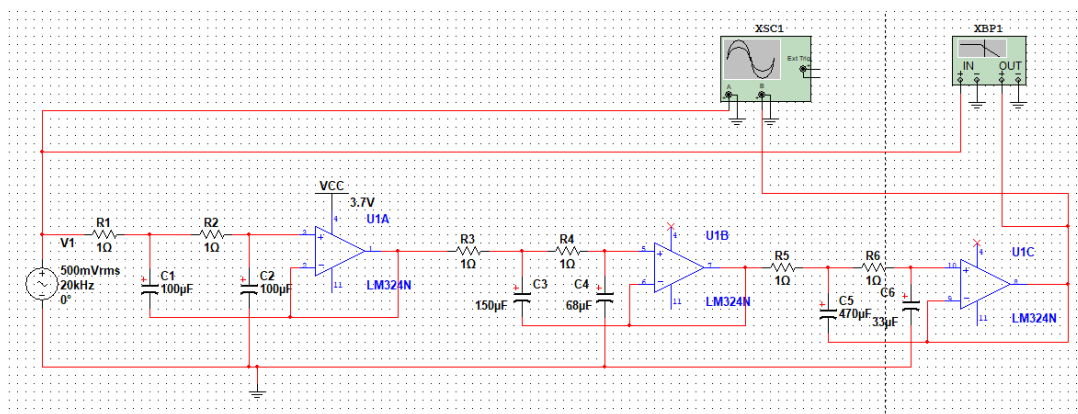


Figura 4.2.11. Incorporación de Bode Plotter al circuito.

Para obtener la señal se dio clic en la pestaña "Grapher Analyses" y la señal generada fue la siguiente (figura 4.2.12):

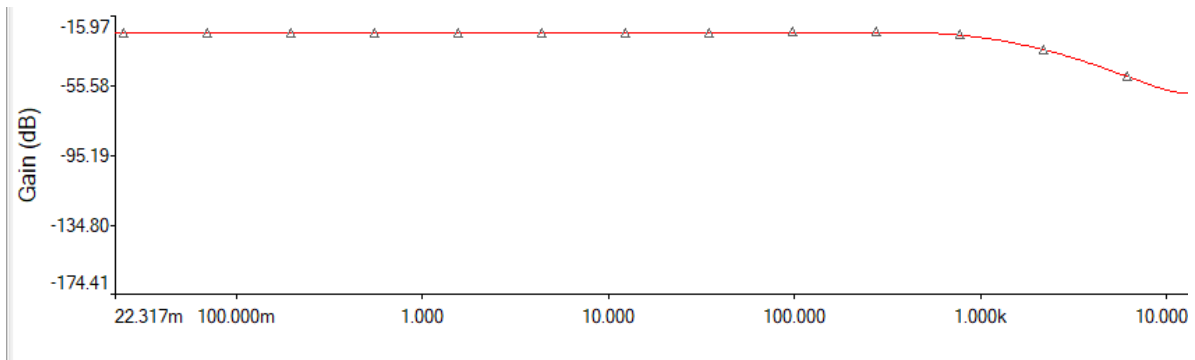


Figura 4.2.12. Diagrama Bode del filtro con frecuencia de corte de 1810 Hz.

Para los siguientes filtros sólo se exponen los resultados, debido a que en el primer filtro se ha dado la explicación de cómo se obtuvieron las gráficas.

- Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 8010 kHz

Se realizó la conexión de una fuente de voltaje al canal A en la entrada y del canal B a la salida; como se muestra en la figura 4.2.13.

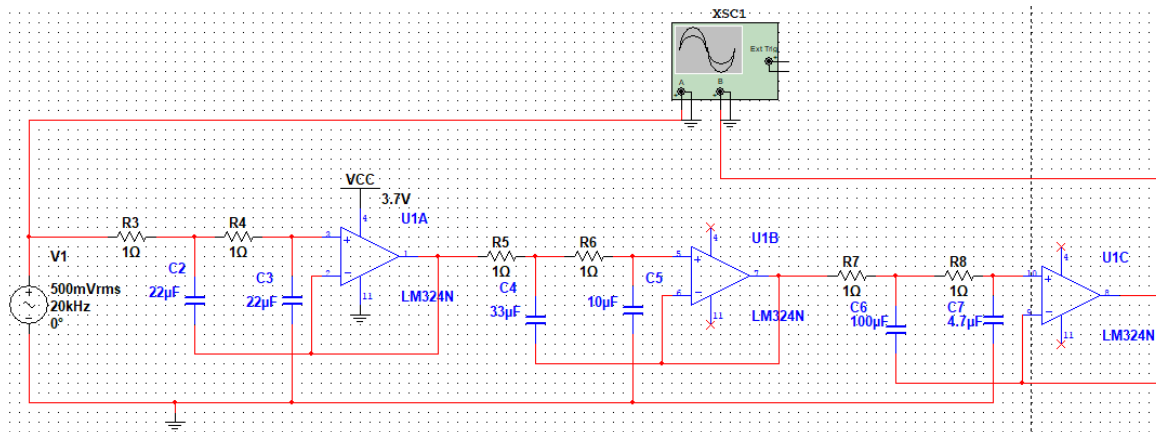


Figura 4.2.13. Conexiones de la fuente de voltaje y el osciloscopio.

Una vez realizadas las conexiones se prosiguió a la simulación del circuito (figura 4.2.14).

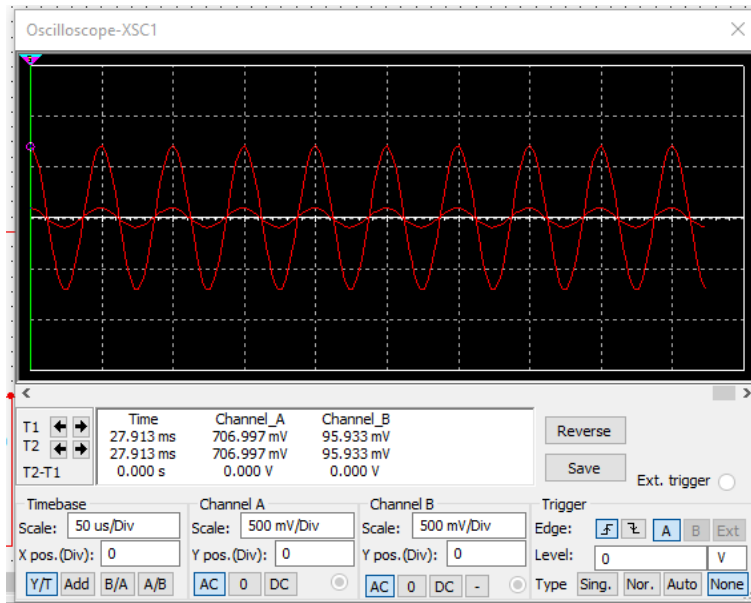


Figura 4.2.14. Señales del osciloscopio. La señal con mayor amplitud es la señal de entrada, mientras que la de menor amplitud es la señal de salida.

Para tener una mejor visualización de las señales se utilizó la herramienta GRAPHER, donde la señal de entrada fue de color azul y la de salida de color rojo (figura 4.2.15).

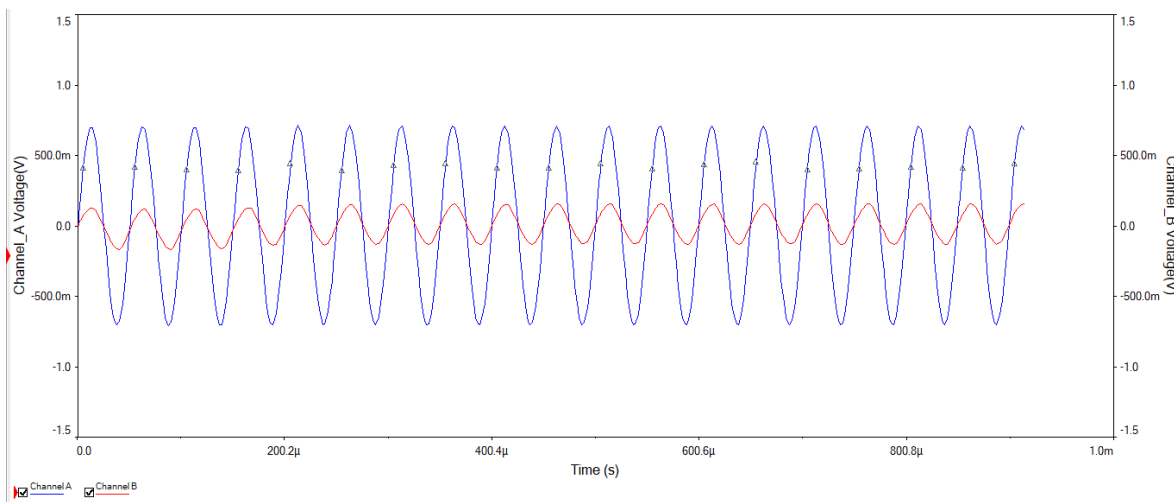


Figura 4.2.15. En esta figura se puede diferenciar mejor la señal de entrada y de salida. La señal de entrada es de color azul, mientras la señal de salida es de color rojo.

Como en el filtro anterior se implementó "Grapher Analyses" cómo se observa en la figura 4.2.16.

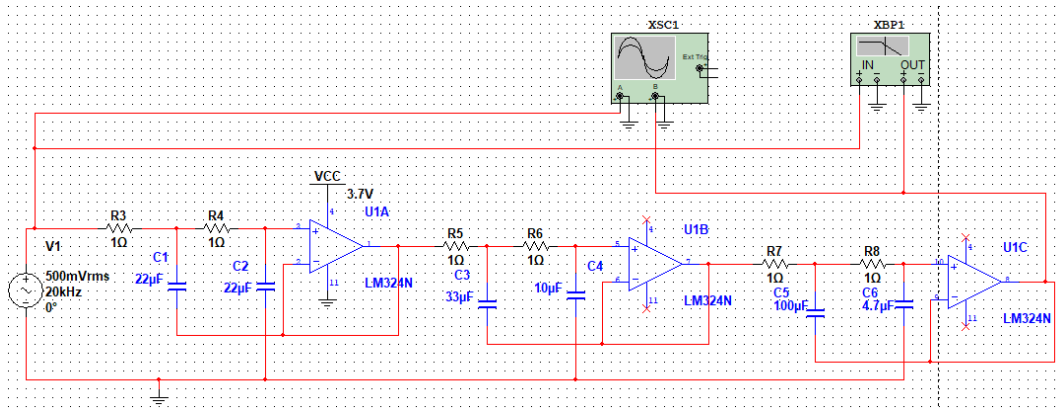


Figura 4.2.16: Bode Plotter conectado al circuito.

La señal obtenida de respuesta en frecuencia de Bode Plotter se muestra en la siguiente figura 4.2.17.

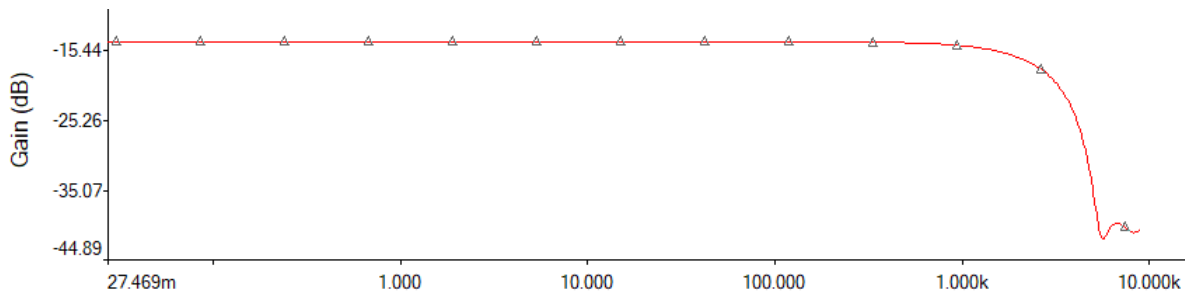


Figura 4.2.17. Diagrama Bode del filtro con frecuencia de corte de 8010 Hz.

- Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 15074 kHz.
Se realizó la conexión de una fuente de voltaje y del canal A en la entrada, el canal B a la salida; como se muestra en la figura 7.1.18.

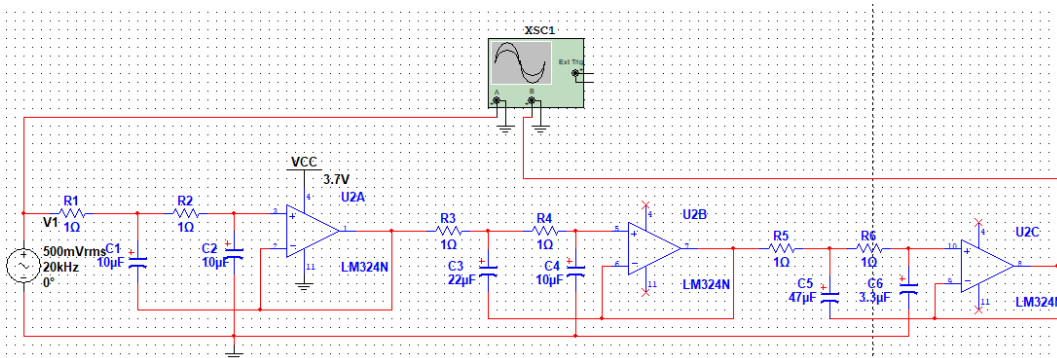


Figura 4.2.18. Conexiones de la fuente de voltaje y el osciloscopio.

Una vez realizado las conexiones se prosiguió a la simulación del circuito (figura 4.2.19).

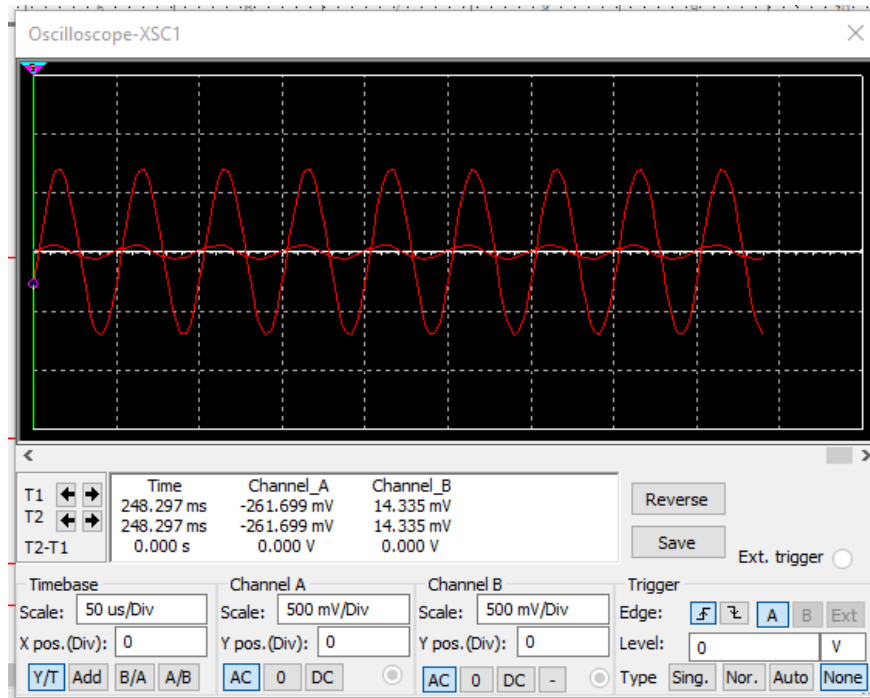


Figura 4.2.19. Señales del osciloscopio. La señal con mayor amplitud es la señal de entrada mientras la señal de menor amplitud es la señal de salida.

Para tener una mejor visualización de las señales se utilizó la herramienta GRAPHER, ubicada en la pestaña VIEEN. Con esta herramienta se pueden editar las señales para tener un mejor análisis (4.2.20).

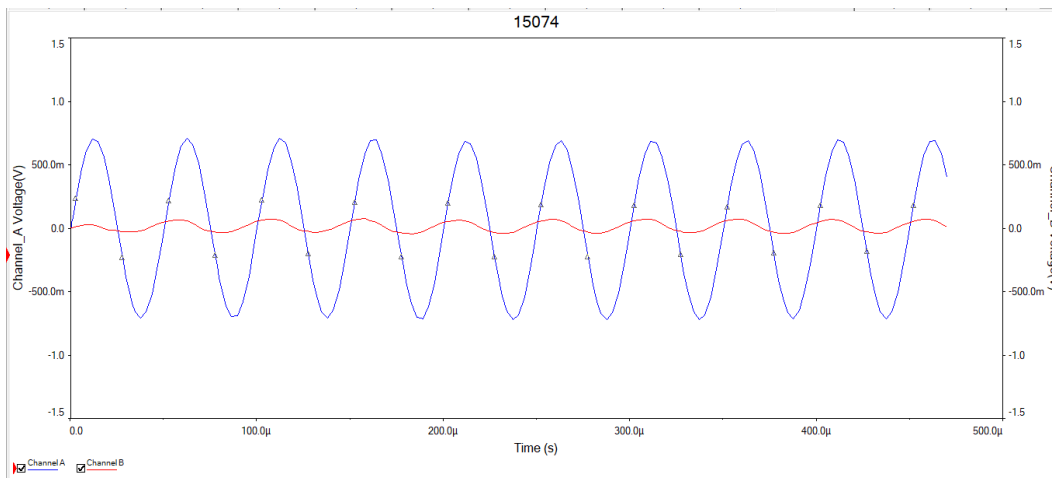


Figura 4.2.20. En esta figura se puede diferenciar mejor la señal de entrada y de salida. La señal de entrada es de color azul mientras la señal de salida es de color rojo.

Como en los filtros anteriores se implementó al circuito con Bode Plotter como se muestra en la figura 4.2.21.

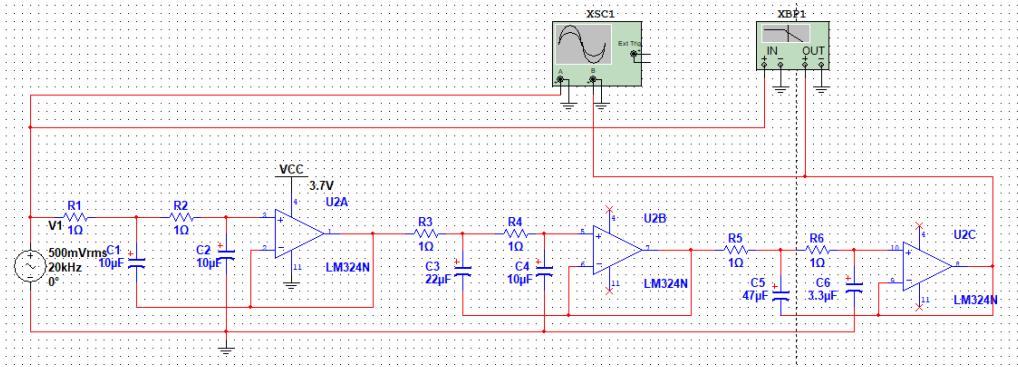


Figura 4.2.22. Bode Plotter conectado al circuito

La señal obtenida con Bode Plotter se muestra en la figura 4.2.23.

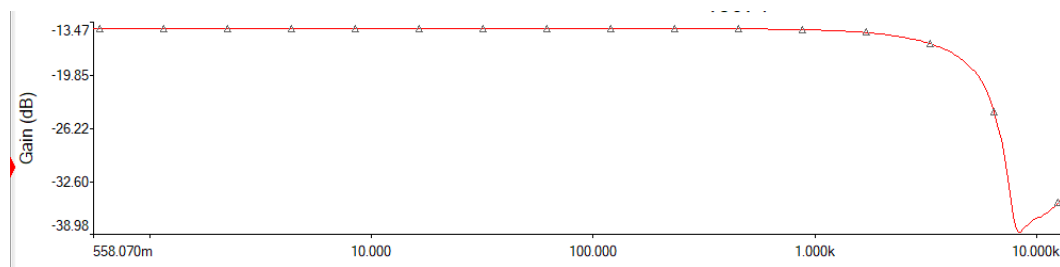


Figura 4.2.12. Diagrama Bode del filtro con frecuencia de corte de 15074 Hz.

4.3 LABORATORIO

Los siguientes resultados fueron obtenidos en el laboratorio de electrónica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Con la ayuda del osciloscopio Angilent Technologies DS 10024 Osciloscopio.

Los circuitos fueron alimentados de una fuente de C.D a 3.7 volts. El canal A del osciloscopio fue conectado a la entrada del circuito y la señal que se utilizó en la entrada de este, fue el audio obtenido en las instalaciones de ADO. En la salida se colocó el canal B del osciloscopio y un Jack conectado a unos audífonos para poder escuchar el audio filtrado. Las pruebas realizadas arrojaron los siguientes datos:

- Amplificador pasa-bajas con frecuencia de corte 1808 Hz.

Los datos obtenidos de este filtro de encuentran en el anexo 1 en forma de tablas; y la gráfica que obtuvimos en el osciloscopio fue la siguiente, donde la señal de entrada está dada de color amarillo y la señal de salida de color verde (figura 4.3.1).

En este filtro fue posible escuchar más la voz que el sonido producido por el motor, el cual fue menos perceptible.



Figura 4.3. 1. Imagen obtenida del osciloscopio, muestra la señal de entrada en color amarillo y la de salida en color verde.

Para obtener la gráfica del espectro en frecuencia a escala logarítmica utilizamos el programa Audacity para poder visualizar adecuadamente los decibeles eliminados con el filtro a una frecuencia de corte de 1808Hz como se muestra en la figura 4.3.2

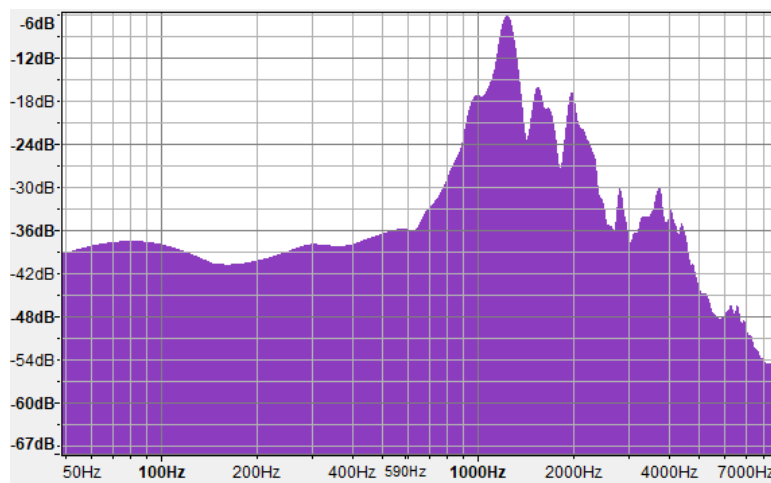


Figura 4.3.2. Gráfica del espectro en frecuencia a escala logarítmica en decibeles del filtro a una frecuencia de corte de 1808 hz

- Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 8010 kHz.

Los datos obtenidos de este filtro de encuentran en el anexo1 en forma de tablas; y la gráfica que obtuvimos en el osciloscopio fue la siguiente donde la señal de entrada esta de color amarillo y la señal de salida de color verde (figura 4.3.3.).

En este filtro la voz y motor se perciben igual.

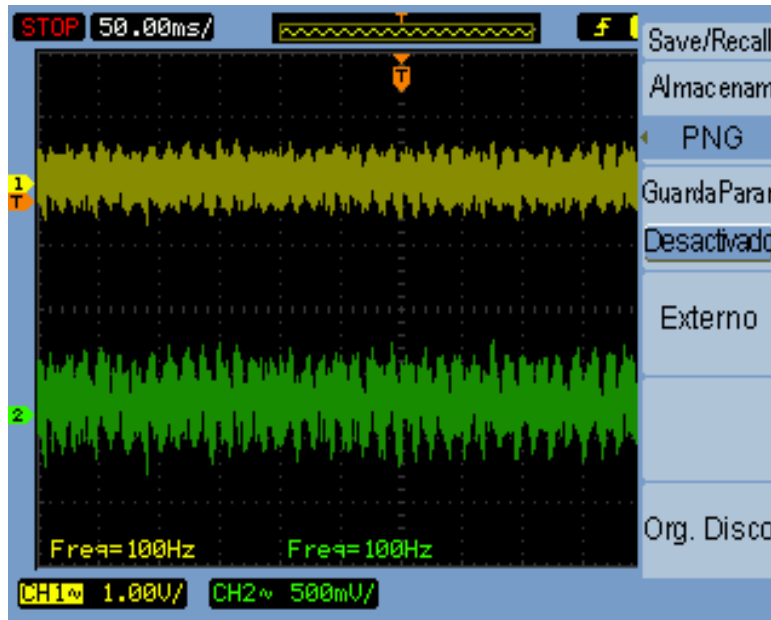


Figura 4.3.3. Imagen obtenida del osciloscopio muestra la señal de entrada en color amarillo y la señal de salida en color verde.

La siguiente figura 4.3.4 nos muestra el espectro en frecuencia en decibeles del filtro a una frecuencia de corte con frecuencia de corte de 8010 Hz.

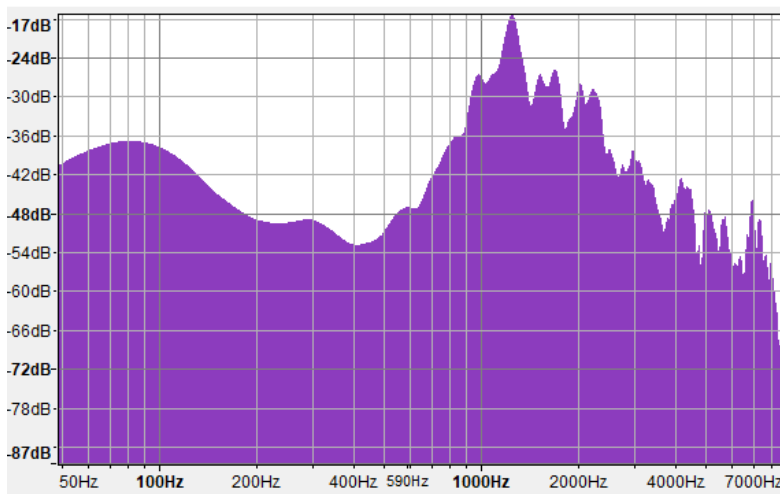


Figura 4.3.4. Gráfica del espectro en frecuencia a escala logarítmica en decibeles del filtro a una frecuencia de corte de 8010 Hz

- Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 15074 kHz.

Los datos obtenidos de este filtro de encuentran en el anexo 1 en forma de tablas; y la gráfica que obtuvimos en el osciloscopio fue la siguiente, donde la señal de entrada esta de color amarillo y la señal de salida de color verde (figura 4.3.5).

Para este filtro el sonido del motor era mayor al de la voz. La voz se escucha muy poco debido a que el sonido del motor era demasiado.

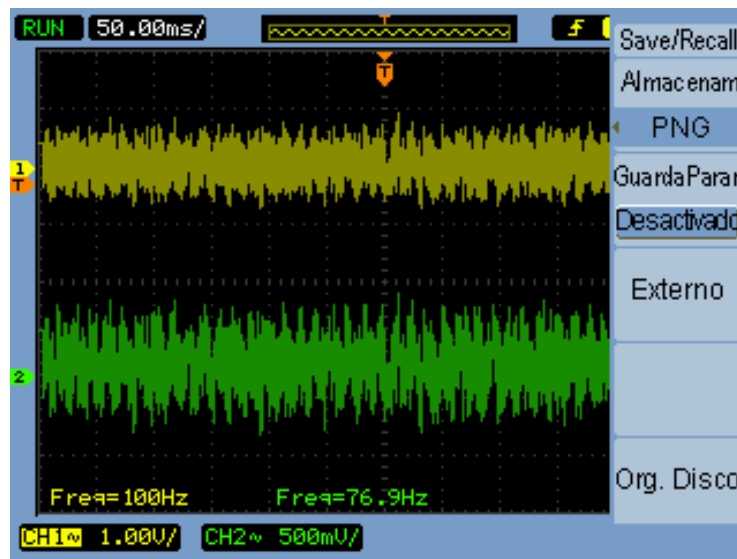


Figura 4.3.5. Imagen obtenida del osciloscopio muestra la señal de entrada en color amarillo y la señal de salida en color verde.

La siguiente figura 4.3.6, muestra el espectro en frecuencia del filtro con frecuencia de corte de 15074 Hz

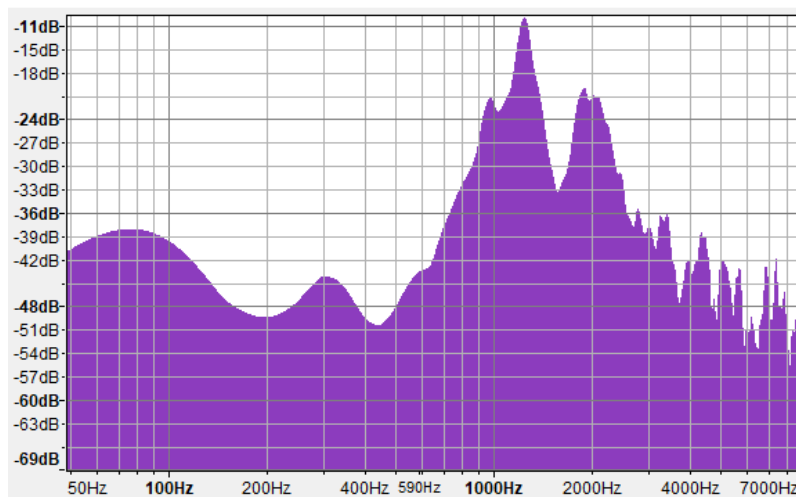


Figura 4.3.6. Gráfica del espectro en frecuencia a escala logarítmica en decibeles del filtro con frecuencia de corte de 15074 hz

4.4 INSTALACIONES EN ADO

Una vez realizadas las pruebas en laboratorio se prosiguió a las pruebas dentro de las instalaciones de ADO. Estas fueron realizadas en el área de motor de la sección 2. Para

ellas se trabajó con 7 autobuses (dos con el motor funcionando y 5 con el motor parado). Los autobuses con el motor en funcionamiento se encontraban a una distancia de 8 metros uno del otro.

Además, durante éstas se encontraban presentes 8 personas laborando, de las cuales 3 ayudaron a realizar las pruebas:

- El jefe de sección del área mecánica
- El maestro de primera
- Ayudante general

Los filtros fueron probados con un autobús:

- Modelo 2008
- Motor serie 60 DCCEV
- Detroit Dissel

Los filtros fueron probados a una altura de 0.97 metros y a una distancia del autobús de 0.30 metros. Los datos obtenidos por los filtros fueron los siguientes:

- ❖ Filtro con frecuencia de corte de 1808 Hz. Lo primero que se realizó durante la prueba fue verificar el funcionamiento del filtro, como se puede observar en la (figura 4.4). El filtro fue examinado por los tres mecánicos mencionados anteriormente (figura 4.4.1.) y se comprobó lo siguiente:
 - Sin calentamiento en componentes (micrófono y amplificador de potencia y filtro). El motor del autobús que estaba a 8 metros de distancia de autobús de prueba casi no se escuchaba.
 - El volumen del amplificador de potencia tenía que estar al 100% para poder escuchar mejor los sonidos.
 - Eliminó casi todo el ruido del motor.
 - El sonido del motor se escuchaba más como una interferencia.
 - Las bandas del motor no se escuchaban.
 - La voz era muy tenue.
 - No se escucha el ruido que produce el motor al acelerarlo.
 - La prueba duró una hora.

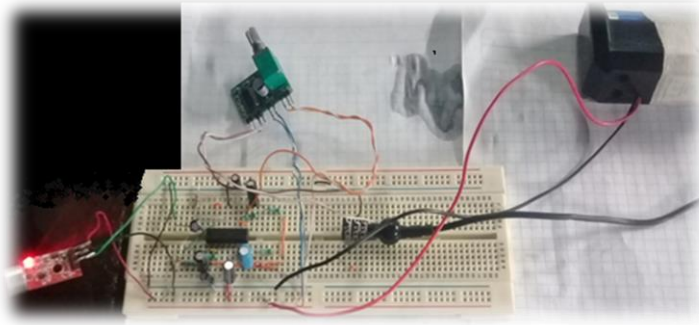


Figura 4.4. Funcionamiento del amplificador.



Figura 4.4.1. Personal de ADO probando el filtro.

- ❖ Filtro con frecuencia de corte de 8010 Hz. Se comprobó el funcionamiento correcto del filtro (figura 4.4.2) con el personal de ADO (figura 4.4.3).
 - Este filtro fue probado con las mismas condiciones que el primer filtro.
 - Se comprobó que no hubiera calentamiento en componentes (micrófono y amplificador de potencia y filtro).
 - El motor del autobús que estaba a 8 metros de distancia se escuchaba con claridad.
 - Eliminó el ruido de las bandas del compresor.
 - Se podía escuchar mejor el funcionamiento del motor.
 - La voz se escuchaba más clara.
 - Logró eliminar el ruido que hace el motor al momento de acelerarlo.
 - El volumen del amplificador de potencia tenía una tolerancia del 30% al 65%. para poder escuchar mejor los sonidos.

- Se eliminó el ruido de las bandas del motor.
- La prueba duró una hora.

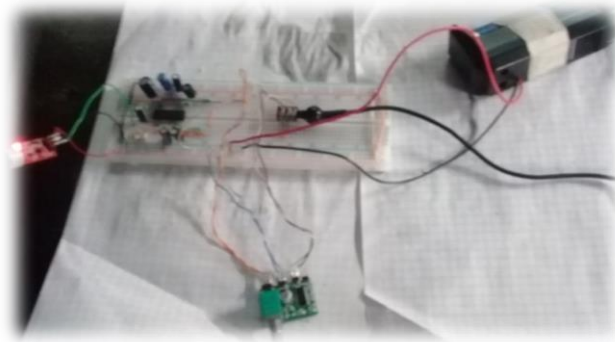


Figura 4.4.2. Funcionamiento correcto del filtro.



Figura 4.4.3. Personal de ADO probando el filtro.

- ❖ Filtro con frecuencia de corte de 15073 Hz. Se comprobó el funcionamiento correcto del filtro, como se muestra en la figura 4.4.4, y se probó con el personal de ADO (figura 4.4.5) lo siguiente:
 - Este filtro fue probado con las mismas condiciones que el primer filtro.
 - Se comprobó que no hubiera calentamiento en componentes (micrófono y amplificador de potencia y filtro).
 - La prueba de este filtro duro solo 5 minutos debido a que el volumen del amplificador de potencia tenía que estar en el 10%, ya que el nivel de ruido era demasiado y causaba dolor en el oído.

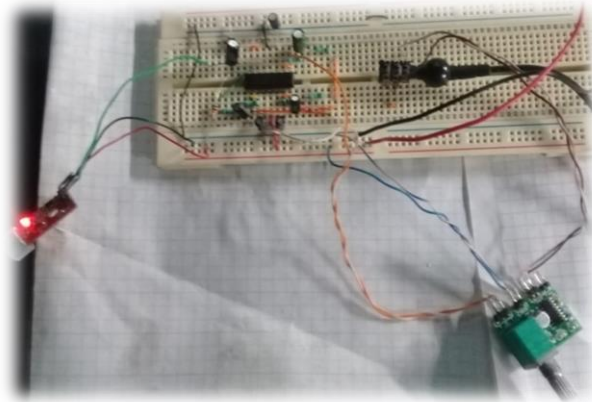


Figura 4.4.4. Funcionamiento correcto del filtro.

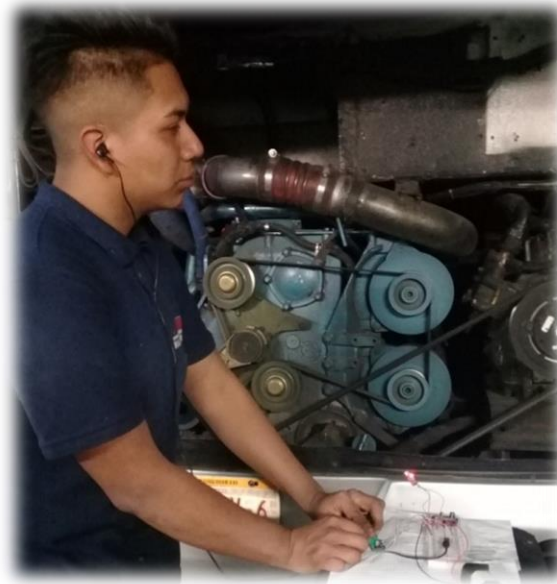


Figura 4.4.5. Personal de ADO probando el filtro.

4.5 PRUEBA CON EL MÓDULO DE AUDIO

Para poder realizar la prueba con el módulo de audio se implementó una banda elástica sujeta al brazo. Esta banda se coloca con un broche, que se ajusta al tamaño del brazo; como se puede observar en la figura 4.5.



Figura 4.5. Elementos de la banda elástica.

El módulo de audio se colocó de tal manera que el micrófono estuviera de forma frontal, como se muestra en la figura 4.5.1.



Figura 4.5.1. Forma correcta de utilizar el módulo de audio.

Una vez que se les dio a conocer el módulo de audio, los elementos que lo constituyen y la forma en la que se coloca en el brazo, se prosiguió a realizar la prueba. Esta prueba tuvo una duración aproximada de 4 horas, debido a que el autobús que se encontraba a prueba tuvo varias reparaciones y en algunas de ellas se mantuvo apagado. Durante esta prueba estuvieron presentes los siguientes mecánicos:

- Jefe de sección del área mecánica.
- Ayudante de segunda (Figura 4.5.2).
- Oficial de primera. (Figura 4.5.3).
- Oficial de primera. (Figura 4.5.4).



Figura 4.5.2. Ayudante de segunda.



Figura 4.5.3. Oficial de primera.



Figura 4.5.4. Oficial de primera.

En el transcurso de la prueba se inspeccionó que el módulo de audio no tuviera fallas:

- Calentamiento de algún elemento de la placa del filtro pasa bajas con frecuencia de corte de 8010 Hertz.
- Corto circuito.
- Funcionamiento correcto del micrófono.
- Funcionamiento correcto del amplificador.
- Durabilidad de la pila.

El Autobús a prueba fue autobús AU (figura 4.5.5) con las siguientes características:

- Modelo 2008.
- Motor serie 60 DCCEV (figura 4.5.6).
- Detroit Dissel.



Figura 4.5.5. Autobús a prueba.

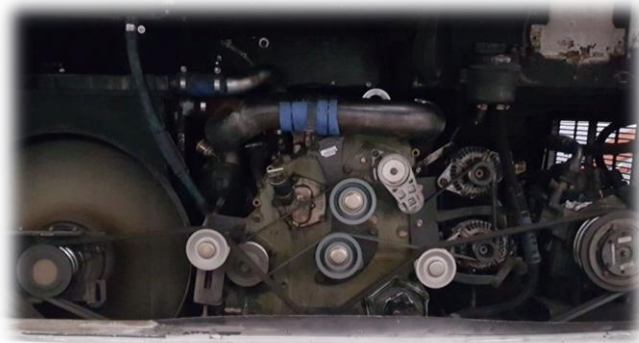


Figura 4.5.6. Motor Serie 60 DCCEV.

Los resultados obtenidos del módulo de audio fueron:

- Eliminó el ruido de las bandas del compresor.
- Se logró escuchar mejor el funcionamiento del motor.
- La voz se percibió más clara.
- Logró eliminar el ruido producido por el motor al momento de acelerarlo.
- El volumen del amplificador de potencia tenía una tolerancia del 30% al 65% para poder escuchar mejor los sonidos.
- Se eliminó el ruido de las bandas del motor.
- El cable de los audífonos impedía algunas maniobras.

Las recomendaciones que nos proporcionaron consistieron en que la caja la caja fuera más delgada para tener una mejor maniobrabilidad a la hora de realizar reparaciones.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES.

Los filtros fueron sometidos a tres diferentes pruebas para poder determinar el comportamiento de cada uno de ellos. Una vez realizadas las pruebas, se concluyó, con la ayuda del personal ADO, lo siguiente:

- ❖ El primer filtro con frecuencia de corte de 1500, fue descartado, debido a que eliminó la mayor parte de las frecuencias y no permitió tener una buena comunicación; lo que se traduce en un riesgo, ya que, se pueden generar accidentes a causa de la falta de comunicación entre el personal que labora en las instalaciones. Otra de las razones por las que fue eliminado es que elimina el sonido del motor y este ayuda al diagnóstico del autobús.
- ❖ El segundo filtro con frecuencia de corte de 8010 Hz no sólo cumplió con los objetivos, además ayudó al personal de ADO a tener un mejor diagnóstico del autobús. Algunas características que nos ayudaron a determinar que era la mejor opción son:
 - Eliminó las frecuencias dañinas producidas por el motor que son las causantes del deterioro del oído que es principal objetivo de esta tesis.
 - Ayudó a percibir mejor el funcionamiento del motor, ya que, permitió a identificar algunos problemas en el motor.
 - Eliminó el ruido producido por el compresor del aire acondicionado.
 - La voz se escuchaba más clara.
 - Eliminó el ruido de las bandas.

Estas características son las que ayudaron a decidir que el filtro con frecuencia de corte de 8010 Hertz era el mejor para los trabajadores de ADO.

Y es que al igual que el primer filtro, el tercero con frecuencia de corte de 15073 Hz, no cumplió con los objetivos pues, aunque elimina las frecuencias dañinas para el oído, éste fue descartado debido a que deja pasar demasiado ruido el cual afecta las actividades de los trabajadores y causa malestares en el oído.

En conclusión elegir un filtro con la frecuencia correcta no sólo ayuda a prevenir el deterioro del oído, también nos puede ayudar a tener un mejor desempeño en el entorno de trabajo. Además, el uso frecuente del módulo de audio ayudará contrarrestar los efectos que causa el ruido excesivo en la salud.

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS:

BENEDICT, R. R. (1975). *ELECTRONICA PARA CIENTIFICOS E INGENENIEROS* (PRIMERA EDICION EN ESPAÑOL ed.). (J. M. BERNAL, Trad.) ESPAÑA: URMO.

Breijo, E. G. (2008). *Compilador C CCS y Simulaor PROUTEUS para MICROCONTROLADORES PIC* (PRIMERA ADICION ed.). MEXICO : ALFAOMEGA .

John Wiley, S. (2001). *Señales y sistemas* (primera edicion ed.). (G. N. Cázares, Trad.) mexico : LIMUSA .

R.E. Ziemer, W. T. (1998). *Principios de comunicacion* (Primera Edición ed.). Mexico: Trillas .

MANUALES:

Cristina, C. F. (s.f.). *Manual Basico de MATLAB*.

NI Multisim. (2009). NATIONAL INSTRUMENTS.

OSCAR DAVID LONDOÑO OCAMPO, J. W. (2013). *MANUAL PARA LA SIMULACIÓN DE CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA*.

René, M. P. (s.f.). Guía del estudiante para el uso de Multisim .

SITIOS WEB:

ECURED . (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/index.php/Simuladores_de_circuitos

ORDEN, L. F. (s.f.). Obtenido de [http://ele-](http://ele-mariamoliner.dyndns.org/~jsalgado/analogica/6CA-filtros.pdf)

[mariamoliner.dyndns.org/~jsalgado/analogica/6CA-filtros.pdf](http://ele-mariamoliner.dyndns.org/~jsalgado/analogica/6CA-filtros.pdf)

Resumen de las características de los filtro analógicos de Butterworth y Chebyshev. (s.f.).

Obtenido de <http://www.ehu.eus/Procesadodesenales/tema6/tx33.html>

Sucre, O. (2008). Obtenido de FILTROS:

<http://hc09paa2.pbworks.com/f/Filtros+y+ancho+de+banda.pdf>

Viader, M. D.-S. (s.f.). <http://www.recercat.cat/>. (UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA) Obtenido de DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO PASO BANDA DE:

<http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/5340/PFCDuran.pdf?sequence=1>

<http://www.learningaboutelectronics.com/Articulos/Condensador-de-acoplo.php>

ANEXO 1.

➤ Tablas de resultados

- Tablas obtenidas con el programa audacity.

Numero de muestra	Frecuencia (Hz)	volumen (dB)
1	86,132813	-15,873402
2	172,265625	-20,15325
3	258,398438	-24,83539
4	344,53125	-26,93103
5	430,664063	-27,631886
6	516,796875	-27,521658
7	602,929688	-24,829315
8	689,0625	-23,150112
9	775,195313	-22,995346
10	861,328125	-22,459097
11	947,460938	-20,223925
12	1033,59375	-19,610174
13	1119,72656	-19,953873
14	1205,85938	-17,60734
15	1291,99219	-18,903429
16	1378,125	-22,143652
17	1464,25781	-23,689028
18	1550,39063	-22,736628
19	1636,52344	-22,791986
20	1722,65625	-22,707937
21	1808,78906	-23,231329
22	1894,92188	-23,132589
23	1981,05469	-21,605139
24	2067,1875	-19,642893
25	2153,32031	-19,612091
26	2239,45313	-19,712624
27	2325,58594	-20,218664
28	2411,71875	-22,710848
29	2497,85156	-25,113998
30	2583,98438	-26,36014
31	2670,11719	-26,51516
32	2756,25	-26,487045
33	2842,38281	-27,013796
34	2928,51563	-27,31809
35	3014,64844	-27,826843
36	3100,78125	-28,796663
37	3186,91406	-28,924364
38	3273,04688	-30,516815

Numero de muestra	Frecuencia (Hz)	volumen (dB)
39	3359,17969	-32,119347
40	3445,3125	-32,628677
41	3531,44531	-32,363373
42	3617,57813	-31,935051
43	3703,71094	-31,518036
44	3789,84375	-31,189043
45	3875,97656	-31,23802
46	3962,10938	-31,797539
47	4048,24219	-31,948095
48	4134,375	-31,87455
49	4220,50781	-32,253555
50	4306,64063	-32,738728
51	4392,77344	-32,467793
52	4478,90625	-32,56324
53	4565,03906	-34,168034
54	4651,17188	-36,016903
55	4737,30469	-36,956409
56	4823,4375	-38,154217
57	4909,57031	-39,110279
58	4995,70313	-39,643021
59	5081,83594	-40,472294
60	5167,96875	-41,147621
61	5254,10156	-41,275478
62	5340,23438	-41,333416
63	5426,36719	-41,335209
64	5512,5	-40,781853
65	5598,63281	-40,911285
66	5684,76563	-41,392906
67	5770,89844	-41,58617
68	5857,03125	-41,411785
69	5943,16406	-42,193432
70	6029,29688	-43,978474
71	6115,42969	-44,385536
72	6201,5625	-44,34169
73	6287,69531	-44,659939
74	6373,82813	-44,188808
75	6459,96094	-43,388996
76	6546,09375	-42,933582
77	6632,22656	-42,979313
78	6718,35938	-42,699558
79	6804,49219	-41,966904
80	6890,625	-42,346302

Numero de muestra	Frecuencia (Hz)	volumen (dB)
81	6976,75781	-42,841476
82	7062,89063	-42,615234
83	7149,02344	-42,216759
84	7235,15625	-42,445824
85	7321,28906	-42,94022
86	7407,42188	-43,516682
87	7493,55469	-44,008633
88	7579,6875	-44,525604
89	7665,82031	-45,125149
90	7751,95313	-45,637482
91	7838,08594	-46,549229
92	7924,21875	-46,91428
93	8010,35156	-47,345596
94	8096,48438	-47,529144
95	8182,61719	-47,662857
96	8268,75	-48,113602
97	8354,88281	-48,441685
98	8441,01563	-48,821457
99	8527,14844	-49,104195
100	8613,28125	-49,356037
101	8699,41406	-49,769455
102	8785,54688	-50,604839
103	8871,67969	-50,880245
104	8957,8125	-50,715099
105	9043,94531	-50,410301
106	9130,07813	-49,990128
107	9216,21094	-49,989685
108	9302,34375	-49,999825
109	9388,47656	-49,439739
110	9474,60938	-48,801353
111	9560,74219	-48,30019
112	9646,875	-47,934116
113	9733,00781	-47,792393
114	9819,14063	-47,674873
115	9905,27344	-47,739529
116	9991,40625	-47,742531
117	10077,5391	-47,836117
118	10163,6719	-48,183666
119	10249,8047	-48,959476
120	10335,9375	-49,669266
121	10422,0703	-50,121067

Numero de muestra	Frecuencia (Hz)	volumen (dB)
122	10508,2031	-50,629025
123	10594,3359	-50,784607
124	10680,4688	-50,817005
125	10766,6016	-51,256237
126	10852,7344	-51,73093
127	10938,8672	-52,077526
128	11025	-52,378658
129	11111,1328	-52,668018
130	11197,2656	-52,660103
131	11283,3984	-52,803089
132	11369,5313	-52,229561
133	11455,6641	-51,991165
134	11541,7969	-52,247902
135	11627,9297	-52,086742
136	11714,0625	-52,083988
137	11800,1953	-51,916439
138	11886,3281	-51,860191
139	11972,4609	-52,067703
140	12058,5938	-52,376377
141	12144,7266	-52,276768
142	12230,8594	-51,699165
143	12316,9922	-51,702419
144	12403,125	-52,151199
145	12489,2578	-52,020615
146	12575,3906	-51,808865
147	12661,5234	-51,874897
148	12747,6563	-51,901272
148	12747,6563	-51,901272
149	12833,7891	-52,335159
150	12919,9219	-53,027794
151	13006,0547	-53,1133
152	13092,1875	-53,380684
153	13178,3203	-53,812122
154	13264,4531	-54,237595
155	13350,5859	-54,423347
156	13436,7188	-54,337654
157	13522,8516	-54,205238
158	13608,9844	-54,262428
159	13695,1172	-54,428333
160	13781,25	-54,411247
161	13867,3828	-54,275101
162	13953,5156	-54,367382
163	14039,6484	-54,888683
164	14125,7813	-55,134766

Numero de muestra	Frecuencia (Hz)	volumen (dB)
165	14211,9141	-54,9426
166	14298,0469	-55,059601
167	14384,1797	-55,174129
168	14470,3125	-55,134041
169	14556,4453	-55,18235
170	14642,5781	-55,317642
171	14728,7109	-55,456856
172	14814,8438	-55,672947
173	14900,9766	-55,630756
174	14987,1094	-55,761688
175	15073,2422	-56,155945
176	15159,375	-56,055717
177	15245,5078	-55,87167
178	15331,6406	-55,601604
179	15417,7734	-55,744213
180	15503,9063	-55,976326
181	15590,0391	-56,090717
182	15676,1719	-55,924206
183	15762,3047	-55,981335
184	15848,4375	-56,125469
185	15934,5703	-56,295395
186	16020,7031	-56,227959
187	16106,8359	-56,158623
188	16192,9688	-56,342422
189	16279,1016	-56,345402
190	16365,2344	-56,131454
191	16451,3672	-56,061626
192	16537,5	-56,165981
193	16623,6328	-56,013653
194	16709,7656	-56,103989
195	16795,8984	-56,564476
196	16882,0313	-56,95285
197	16968,1641	-56,93663
198	17054,2969	-56,653561
199	17140,4297	-56,997711
200	17226,5625	-57,100407
201	17312,6953	-56,948498
202	17398,8281	-56,895935
203	17484,9609	-56,739044
204	17571,0938	-56,662357
205	17657,2266	-56,58456
206	17743,3594	-56,901127
207	17829,4922	-57,069939
208	17915,625	-57,436226

Numero de muestra	Frecuencia (Hz)	volumen (dB)
209	18001,7578	-57,905773
210	18087,8906	-57,738937
211	18174,0234	-57,824451
212	18260,1563	-58,534393
213	18346,2891	-58,941605
214	18432,4219	-59,044624
215	18518,5547	-58,959686
216	18604,6875	-58,799038
217	18690,8203	-58,960651
218	18776,9531	-59,00996
219	18863,0859	-58,946419
220	18949,2188	-58,890137
221	19035,3516	-59,095543
222	19121,4844	-59,568893
223	19207,6172	-59,636768
224	19293,75	-59,654533
225	19379,8828	-59,918438
226	19466,0156	-60,083714
227	19552,1484	-60,096634
228	19638,2813	-59,89949
229	19724,4141	-59,746166
230	19810,5469	-60,07045
231	19896,6797	-60,824158
232	19982,8125	-63,916786
233	20068,9453	-74,6492
234	20155,0781	-95,182434
235	20241,2109	-100,278969
236	20327,3438	-101,256096
237	20413,4766	-101,518028
238	20499,6094	-101,62056
239	20585,7422	-101,672737
240	20671,875	-101,66124
241	20758,0078	-101,670967
242	20844,1406	-101,683311
243	20930,2734	-101,678185
244	21016,4063	-101,692062
245	21102,5391	-101,717247
246	21188,6719	-101,70961
247	21274,8047	-101,709221
248	21360,9375	-101,721382
249	21447,0703	-101,72097
250	21533,2031	-101,711845
251	21619,3359	-101,717278
252	21705,4688	-101,734612

253	21791,6016	-101,739845
254	21877,7344	-101,723
255	21963,8672	-101,724197

Las frecuencias marcadas con rojo representan los decibeles que afectan al oído dados por la normatividad Mexicana de trabajo.

- TABLAS OBTENIDAS DEL OSCILOSCOPIO.

Las siguientes tablas de resultados fueron obtenidas del laboratorio de electrónica de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. Con la ayuda del osciloscopio Angilent Technologies DS 10024.

Se probaron tres filtros pasa-bajas

- ✓ Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 1808 Hertz.
- ✓ Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 8010 Hertz
- ✓ Filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 15073 Hertz

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
1	-0,300	0,020	-3,333	-33,979	40	-0,261	0,200	-3,831	-13,979
2	-0,299	0,020	-3,344	-33,979	41	-0,260	0,200	-3,846	-13,979
3	-0,298	0,020	-3,356	-33,979	42	-0,259	0,140	-3,861	-17,077
4	-0,297	0,020	-3,367	-33,979	43	-0,258	0,020	-3,876	-33,979
5	-0,296	0,020	-3,378	-33,979	44	-0,257	0,140	-3,891	-17,077
6	-0,295	-0,020	-3,390	Sin valor	45	-0,256	0,160	-3,906	-15,918
7	-0,294	0,020	-3,401	-33,979	46	-0,255	0,060	-3,922	-24,437
8	-0,293	0,140	-3,413	-17,077	47	-0,254	0,080	-3,937	-21,938
9	-0,292	0,100	-3,425	-20,000	48	-0,253	0,200	-3,953	-13,979
10	-0,291	0,060	-3,436	-24,437	49	-0,252	0,080	-3,968	-21,938
11	-0,290	0,100	-3,448	-20,000	50	-0,251	-0,040	-3,984	-27,959
12	-0,289	0,240	-3,460	-12,396	51	-0,250	-0,060	-4,000	-24,437
13	-0,288	0,240	-3,472	-12,396	52	-0,249	0,080	-4,016	-21,938
14	-0,287	0,200	-3,484	-13,979	53	-0,248	0,080	-4,032	-21,938
15	-0,286	0,160	-3,497	-15,918	54	-0,247	0,220	-4,049	-13,152
16	-0,285	0,060	-3,509	-24,437	55	-0,246	0,220	-4,065	-13,152
17	-0,284	0,080	-3,521	-21,938	56	-0,245	0,260	-4,082	-11,701
18	-0,283	0,160	-3,534	-15,918	57	-0,244	0,180	-4,098	-14,895
19	-0,282	0,100	-3,546	-20,000	58	-0,243	0,100	-4,115	-20,000
20	-0,281	0,020	-3,559	-33,979	59	-0,242	0,100	-4,132	-20,000
21	-0,280	-0,120	-3,571	-18,416	60	-0,241	0,020	-4,149	-33,979
22	-0,279	-0,040	-3,584	-27,959	61	-0,240	-0,020	-4,167	-33,979
23	-0,278	0,000	-3,597	Sin dato	62	-0,239	0,040	-4,184	-27,959
24	-0,277	0,140	-3,610	-17,077	63	-0,238	-0,040	-4,202	-27,959
25	-0,276	0,120	-3,623	-18,416	64	-0,237	-0,060	-4,219	-24,437
26	-0,275	0,180	-3,636	-14,895	65	-0,236	-0,060	-4,237	-24,437
27	-0,274	0,120	-3,650	-18,416	66	-0,235	0,180	-4,255	-14,895
28	-0,273	0,040	-3,663	-27,959	67	-0,234	0,180	-4,274	-14,895
29	-0,272	0,120	-3,676	-18,416	68	-0,233	0,240	-4,292	-12,396
30	-0,271	0,200	-3,690	-13,979	69	-0,232	0,280	-4,310	-11,057
31	-0,270	0,180	-3,704	-14,895	70	-0,231	0,160	-4,329	-15,918
32	-0,269	0,020	-3,717	-33,979	71	-0,230	0,100	-4,348	-20,000
33	-0,268	0,100	-3,731	-20,000	72	-0,229	0,200	-4,367	-13,979
34	-0,267	0,200	-3,745	-13,979	73	-0,228	0,180	-4,386	-14,895
35	-0,266	0,060	-3,759	-24,437	74	-0,227	0,100	-4,405	-20,000
36	-0,265	-0,020	-3,774	-33,979	75	-0,226	0,020	-4,425	-33,979
37	-0,264	-0,080	-3,788	-21,938	76	-0,225	-0,040	-4,444	-27,959
38	-0,263	0,100	-3,802	-20,000	77	-0,224	-0,100	-4,464	-20,000
39	-0,262	0,100	-3,817	-20,000	78	-0,223	-0,040	-4,484	-27,959

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
79	-0,222	-0,060	-4,505	-24,437	118	-0,183	0,020	-5,464	-33,979
80	-0,221	0,100	-4,525	-20,000	119	-0,182	0,020	-5,495	-33,979
81	-0,220	0,100	-4,545	-20,000	120	-0,181	-0,140	-5,525	-17,077
82	-0,219	0,160	-4,566	-15,918	121	-0,180	-0,080	-5,556	-21,938
83	-0,218	0,220	-4,587	-13,152	122	-0,179	0,080	-5,587	-21,938
84	-0,217	0,180	-4,608	-14,895	123	-0,178	0,180	-5,618	-14,895
85	-0,216	0,220	-4,630	-13,152	124	-0,177	0,280	-5,650	-11,057
86	-0,215	0,080	-4,651	-21,938	125	-0,176	0,180	-5,682	-14,895
87	-0,214	0,080	-4,673	-21,938	126	-0,175	0,120	-5,714	-18,416
88	-0,213	0,160	-4,695	-15,918	127	-0,174	0,100	-5,747	-20,000
89	-0,212	0,060	-4,717	-24,437	128	-0,173	0,160	-5,780	-15,918
90	-0,211	0,020	-4,739	-33,979	129	-0,172	0,140	-5,814	-17,077
91	-0,210	-0,020	-4,762	-33,979	130	-0,171	0,120	-5,848	-18,416
92	-0,209	-0,060	-4,785	-24,437	131	-0,170	0,040	-5,882	-27,959
93	-0,208	-0,040	-4,808	-27,959	132	-0,169	0,120	-5,917	-18,416
94	-0,207	0,160	-4,831	-15,918	133	-0,168	0,100	-5,952	-20,000
95	-0,206	0,160	-4,854	-15,918	134	-0,167	-0,060	-5,988	-24,437
96	-0,205	0,240	-4,878	-12,396	135	-0,166	0,000	-6,024	Sin dato
97	-0,204	0,240	-4,902	-12,396	136	-0,165	0,140	-6,061	-17,077
98	-0,203	0,100	-4,926	-20,000	137	-0,164	0,160	-6,098	-15,918
99	-0,202	0,100	-4,950	-20,000	138	-0,163	0,240	-6,135	-12,396
100	-0,201	0,000	-4,975	Sin dato	139	-0,162	0,120	-6,173	-18,416
101	-0,200	0,080	-5,000	-21,938	140	-0,161	0,200	-6,211	-13,979
102	-0,199	0,200	-5,025	-13,979	141	-0,160	0,160	-6,250	-15,918
103	-0,198	0,180	-5,051	-14,895	142	-0,159	0,120	-6,289	-18,416
104	-0,197	0,040	-5,076	-27,959	143	-0,158	0,080	-6,329	-21,938
105	-0,196	-0,040	-5,102	-27,959	144	-0,157	0,200	-6,369	-13,979
106	-0,195	0,040	-5,128	-27,959	145	-0,156	0,080	-6,410	-21,938
107	-0,194	0,040	-5,155	-27,959	146	-0,155	-0,040	-6,452	-27,959
108	-0,193	0,180	-5,181	-14,895	147	-0,154	-0,040	-6,494	-27,959
109	-0,192	0,240	-5,208	-12,396	148	-0,153	0,040	-6,536	-27,959
110	-0,191	0,300	-5,236	-10,458	149	-0,152	0,020	-6,579	-33,979
111	-0,190	0,160	-5,263	-15,918	150	-0,151	0,120	-6,623	-18,416
112	-0,189	0,140	-5,291	-17,077	151	-0,150	0,240	-6,667	-12,396
113	-0,188	0,160	-5,319	-15,918	152	-0,149	0,200	-6,711	-13,979
114	-0,187	0,060	-5,348	-24,437	153	-0,148	0,260	-6,757	-11,701
115	-0,186	0,060	-5,376	-24,437	154	-0,147	0,100	-6,803	-20,000
116	-0,185	0,140	-5,405	-17,077	155	-0,146	0,100	-6,849	-20,000
117	-0,184	0,180	-5,435	-14,895	156	-0,145	0,160	-6,897	-15,918

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
157	-0,144	0,160	-6,944	-15,918	196	-0,105	0,180	-9,524	-14,895
158	-0,143	0,040	-6,993	-27,959	197	-0,104	0,180	-9,615	-14,895
159	-0,142	-0,060	-7,042	-24,437	198	-0,103	0,080	-9,709	-21,938
160	-0,141	0,000	-7,092	Sin dato	199	-0,102	0,140	-9,804	-17,077
161	-0,140	-0,080	-7,143	-21,938	200	-0,101	0,200	-9,901	-13,979
162	-0,139	0,060	-7,194	-24,437	201	-0,100	0,160	-10,000	-15,918
163	-0,138	0,060	-7,246	-24,437	202	-0,099	-0,120	-10,101	-18,416
164	-0,137	0,160	-7,299	-15,918	203	-0,098	-0,140	-10,204	-17,077
165	-0,136	0,220	-7,353	-13,152	204	-0,097	-0,100	-10,309	-20,000
166	-0,135	0,140	-7,407	-17,077	205	-0,096	0,060	-10,417	-24,437
167	-0,134	0,220	-7,463	-13,152	206	-0,095	0,200	-10,526	-13,979
168	-0,133	0,140	-7,519	-17,077	207	-0,094	0,240	-10,638	-12,396
169	-0,132	0,140	-7,576	-17,077	208	-0,093	0,100	-10,753	-20,000
170	-0,131	0,080	-7,634	-21,938	209	-0,092	0,100	-10,870	-20,000
171	-0,130	0,100	-7,692	-20,000	210	-0,091	0,040	-10,989	-27,959
172	-0,129	0,200	-7,752	-13,979	211	-0,090	0,140	-11,111	-17,077
173	-0,128	0,120	-7,813	-18,416	212	-0,089	0,200	-11,236	-13,979
174	-0,127	0,020	-7,874	-33,979	213	-0,088	0,100	-11,364	-20,000
175	-0,126	0,020	-7,937	-33,979	214	-0,087	0,060	-11,494	-24,437
176	-0,125	-0,040	-8,000	-27,959	215	-0,086	0,140	-11,628	-17,077
177	-0,124	0,080	-8,065	-21,938	216	-0,085	0,020	-11,765	-33,979
178	-0,123	0,220	-8,130	-13,152	217	-0,084	0,000	-11,905	Sin dato
179	-0,122	0,240	-8,197	-12,396	218	-0,083	0,080	-12,048	-21,938
180	-0,121	0,160	-8,264	-15,918	219	-0,082	0,100	-12,195	-20,000
181	-0,120	0,160	-8,333	-15,918	220	-0,081	0,220	-12,346	-13,152
182	-0,119	0,060	-8,403	-24,437	221	-0,080	0,260	-12,500	-11,701
183	-0,118	0,100	-8,475	-20,000	222	-0,079	0,120	-12,658	-18,416
184	-0,117	0,200	-8,547	-13,979	223	-0,078	0,120	-12,821	-18,416
185	-0,116	0,180	-8,621	-14,895	224	-0,077	0,060	-12,987	-24,437
186	-0,115	0,100	-8,696	-20,000	225	-0,076	0,140	-13,158	-17,077
187	-0,114	-0,080	-8,772	-21,938	226	-0,075	0,080	-13,333	-21,938
188	-0,113	-0,180	-8,850	-14,895	227	-0,074	0,160	-13,514	-15,918
189	-0,112	-0,160	-8,929	-15,918	228	-0,073	0,080	-13,699	-21,938
190	-0,111	-0,040	-9,009	-27,959	229	-0,072	0,080	-13,889	-21,938
191	-0,110	0,100	-9,091	-20,000	230	-0,071	-0,060	-14,085	-24,437
192	-0,109	0,240	-9,174	-12,396	231	-0,070	0,000	-14,286	Sin dato
193	-0,108	0,180	-9,259	-14,895	232	-0,069	0,100	-14,493	-20,000
194	-0,107	0,040	-9,346	-27,959	233	-0,068	0,040	-14,706	-27,959
195	-0,106	0,020	-9,434	-33,979	234	-0,067	0,200	-14,925	-13,979

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
235	-0,066	0,280	-15,152	-11,057	274	-0,027	0,040	-37,037	-27,959
236	-0,065	0,160	-15,385	-15,918	275	-0,026	0,160	-38,462	-15,918
237	-0,064	0,100	-15,625	-20,000	276	-0,025	0,140	-40,000	-17,077
238	-0,063	0,180	-15,873	-14,895	277	-0,024	0,200	-41,667	-13,979
239	-0,062	0,120	-16,129	-18,416	278	-0,023	0,120	-43,478	-18,416
240	-0,061	0,160	-16,393	-15,918	279	-0,022	0,120	-45,455	-18,416
241	-0,060	0,100	-16,667	-20,000	280	-0,021	0,180	-47,619	-14,895
242	-0,059	0,020	-16,949	-33,979	281	-0,020	0,100	-50,000	-20,000
243	-0,058	0,020	-17,241	-33,979	282	-0,019	0,180	-52,632	-14,895
244	-0,057	-0,100	-17,544	-20,000	283	-0,018	0,160	-55,556	-15,918
245	-0,056	-0,100	-17,857	-20,000	284	-0,017	0,020	-58,824	-33,979
246	-0,055	-0,020	-18,182	-33,979	285	-0,016	0,000	-62,500	Sin dato
247	-0,054	0,100	-18,519	-20,000	286	-0,015	-0,160	-66,667	-15,918
248	-0,053	0,200	-18,868	-13,979	287	-0,014	-0,200	-71,429	-13,979
249	-0,052	0,220	-19,231	-13,152	288	-0,013	0,020	-76,923	-33,979
250	-0,051	0,140	-19,608	-17,077	289	-0,012	0,180	-83,333	-14,895
251	-0,050	0,160	-20,000	-15,918	290	-0,011	0,120	-90,909	-18,416
252	-0,049	0,240	-20,408	-12,396	291	-0,010	0,140	-100,000	-17,077
253	-0,048	0,140	-20,833	-17,077	292	-0,009	0,240	-111,111	-12,396
254	-0,047	0,060	-21,277	-24,437	293	-0,008	0,160	-125,000	-15,918
255	-0,046	0,140	-21,739	-17,077	294	-0,007	0,100	-142,857	-20,000
256	-0,045	0,020	-22,222	-33,979	295	-0,006	0,040	-166,667	-27,959
257	-0,044	0,000	-22,727	Sin dato	296	-0,005	0,180	-200,000	-14,895
258	-0,043	-0,060	-23,256	-24,437	297	-0,004	0,200	-250,000	-13,979
259	-0,042	-0,120	-23,810	-18,416	298	-0,003	0,000	-333,333	Sin dato
260	-0,041	0,020	-24,390	-33,979	299	-0,002	-0,020	-500,000	-33,979
261	-0,040	0,100	-25,000	-20,000	300	-0,001	-0,120	-1000,000	-18,416
262	-0,039	0,200	-25,641	-13,979	301	0,000	-0,020	0,000	-33,979
263	-0,038	0,160	-26,316	-15,918	302	0,001	0,120	1000,000	-18,416
264	-0,037	0,220	-27,027	-13,152	303	0,002	0,240	500,000	-12,396
265	-0,036	0,180	-27,778	-14,895	304	0,003	0,200	333,333	-13,979
266	-0,035	0,060	-28,571	-24,437	305	0,004	0,200	250,000	-13,979
267	-0,034	0,180	-29,412	-14,895	306	0,005	0,140	200,000	-17,077
268	-0,033	0,140	-30,303	-17,077	307	0,006	0,240	166,667	-12,396
269	-0,032	0,200	-31,250	-13,979	308	0,007	0,180	142,857	-14,895
270	-0,031	-0,020	-32,258	-33,979	309	0,008	0,120	125,000	-18,416
271	-0,030	-0,040	-33,333	-27,959	310	0,009	0,080	111,111	-21,938
272	-0,029	-0,120	-34,483	-18,416	311	0,010	0,200	100,000	-13,979
273	-0,028	-0,100	-35,714	-20,000	312	0,011	0,100	90,909	-20,000

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
313	0,012	0,080	83,333	-21,938	352	0,051	0,160	19,608	-15,918
314	0,013	0,160	76,923	-15,918	353	0,052	0,100	19,231	-20,000
315	0,014	0,080	71,429	-21,938	354	0,053	-0,080	18,868	0,984
316	0,015	0,000	66,667	Sin dato	355	0,054	-0,120	18,519	4,506
317	0,016	0,020	62,500	-33,979	356	0,055	0,020	18,182	-33,979
318	0,017	0,200	58,824	-13,979	357	0,056	0,140	17,857	-17,077
319	0,018	0,180	55,556	-14,895	358	0,057	0,020	17,544	-33,979
320	0,019	0,240	52,632	-12,396	359	0,058	0,040	17,241	-27,959
321	0,020	0,160	50,000	-15,918	360	0,059	0,160	16,949	-15,918
322	0,021	0,220	47,619	-13,152	361	0,060	0,080	16,667	-21,938
323	0,022	0,080	45,455	-21,938	362	0,061	0,220	16,393	-13,152
324	0,023	0,140	43,478	-17,077	363	0,062	0,160	16,129	-15,918
325	0,024	0,100	41,667	-20,000	364	0,063	0,200	15,873	-13,979
326	0,025	0,000	40,000	Sin dato	365	0,064	0,200	15,625	-13,979
327	0,026	-0,100	38,462	-20,000	366	0,065	0,020	15,385	-33,979
328	0,027	-0,040	37,037	-27,959	367	0,066	0,020	15,152	-33,979
329	0,028	-0,020	35,714	-33,979	368	0,067	-0,040	14,925	-27,959
330	0,029	0,100	34,483	-20,000	369	0,068	-0,060	14,706	-24,437
331	0,030	0,100	33,333	-20,000	370	0,069	-0,020	14,493	-33,979
332	0,031	0,200	32,258	-13,979	371	0,070	-0,040	14,286	-27,959
333	0,032	0,180	31,250	-14,895	372	0,071	0,080	14,085	-21,938
334	0,033	0,240	30,303	-12,396	373	0,072	0,080	13,889	-21,938
335	0,034	0,240	29,412	-12,396	374	0,073	0,200	13,699	-13,979
336	0,035	0,120	28,571	-18,416	375	0,074	0,140	13,514	-17,077
337	0,036	0,080	27,778	-21,938	376	0,075	0,080	13,333	-21,938
338	0,037	0,180	27,027	-14,895	377	0,076	0,200	13,158	-13,979
339	0,038	0,140	26,316	-17,077	378	0,077	0,140	12,987	-17,077
340	0,039	0,080	25,641	-21,938	379	0,078	0,140	12,821	-17,077
341	0,040	0,020	25,000	-33,979	380	0,079	0,000	12,658	Sin dato
342	0,041	0,060	24,390	-24,437	381	0,080	0,020	12,500	-33,979
343	0,042	0,100	23,810	-20,000	382	0,081	0,120	12,346	-18,416
344	0,043	0,160	23,256	-15,918	383	0,082	0,020	12,195	-33,979
345	0,044	0,180	22,727	-14,895	384	0,083	-0,020	12,048	-33,979
346	0,045	0,080	22,222	-21,938	385	0,084	-0,020	11,905	-33,979
347	0,046	0,100	21,739	-20,000	386	0,085	0,200	11,765	-13,979
348	0,047	0,140	21,277	-17,077	387	0,086	0,240	11,628	-12,396
349	0,048	0,180	20,833	-14,895	388	0,087	0,180	11,494	-14,895
350	0,049	0,080	20,408	-21,938	389	0,088	0,140	11,364	-17,077
351	0,050	0,060	20,000	-24,437	390	0,089	0,240	11,236	-12,396

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
391	0,090	0,240	11,111	-12,396	430	0,129	0,220	7,752	-13,152
392	0,091	0,120	10,989	-18,416	431	0,130	0,160	7,692	-15,918
393	0,092	0,140	10,870	-17,077	432	0,131	0,060	7,634	-24,437
394	0,093	0,040	10,753	-27,959	433	0,132	0,060	7,576	-24,437
395	0,094	0,120	10,638	-18,416	434	0,133	0,220	7,519	-13,152
396	0,095	0,040	10,526	-27,959	435	0,134	0,220	7,463	-13,152
397	0,096	0,140	10,417	-17,077	436	0,135	0,140	7,407	-17,077
398	0,097	0,080	10,309	-21,938	437	0,136	0,060	7,353	-24,437
399	0,098	0,020	10,204	-33,979	438	0,137	0,140	7,299	-17,077
400	0,099	0,160	10,101	-15,918	439	0,138	0,060	7,246	-24,437
401	0,100	0,200	10,000	-13,979	440	0,139	0,020	7,194	-33,979
402	0,101	0,160	9,901	-15,918	441	0,140	0,040	7,143	-27,959
403	0,102	0,100	9,804	-20,000	442	0,141	0,160	7,092	-15,918
404	0,103	0,160	9,709	-15,918	443	0,142	0,240	7,042	-12,396
405	0,104	0,220	9,615	-13,152	444	0,143	0,100	6,993	-20,000
406	0,105	0,080	9,524	-21,938	445	0,144	0,020	6,944	-33,979
407	0,106	0,080	9,434	-21,938	446	0,145	0,120	6,897	-18,416
408	0,107	0,140	9,346	-17,077	447	0,146	0,060	6,849	-24,437
409	0,108	-0,020	9,259	-33,979	448	0,147	0,260	6,803	-11,701
410	0,109	-0,100	9,174	-20,000	449	0,148	0,200	6,757	-13,979
411	0,110	-0,040	9,091	-27,959	450	0,149	0,240	6,711	-12,396
412	0,111	0,000	9,009	Sin dato	451	0,150	0,140	6,667	-17,077
413	0,112	-0,020	8,929	-33,979	452	0,151	0,080	6,623	-21,938
414	0,113	0,140	8,850	-17,077	453	0,152	0,160	6,579	-15,918
415	0,114	0,100	8,772	-20,000	454	0,153	0,020	6,536	-33,979
416	0,115	0,200	8,696	-13,979	455	0,154	0,040	6,494	-27,959
417	0,116	0,160	8,621	-15,918	456	0,155	0,020	6,452	-33,979
418	0,117	0,240	8,547	-12,396	457	0,156	0,140	6,410	-17,077
419	0,118	0,260	8,475	-11,701	458	0,157	0,100	6,369	-20,000
420	0,119	0,060	8,403	-24,437	459	0,158	0,040	6,329	-27,959
421	0,120	0,040	8,333	-27,959	460	0,159	0,160	6,289	-15,918
422	0,121	0,140	8,264	-17,077	461	0,160	0,140	6,250	-17,077
423	0,122	0,100	8,197	-20,000	462	0,161	0,220	6,211	-13,152
424	0,123	0,020	8,130	-33,979	463	0,162	0,140	6,173	-17,077
425	0,124	-0,120	8,065	-18,416	464	0,163	0,040	6,135	-27,959
426	0,125	-0,040	8,000	-27,959	465	0,164	0,160	6,098	-15,918
427	0,126	-0,040	7,937	-27,959	466	0,165	0,180	6,061	-14,895
428	0,127	0,180	7,874	-14,895	467	0,166	0,180	6,024	-14,895
429	0,128	0,160	7,813	-15,918	468	0,167	0,060	5,988	-24,437

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
469	0,168	0,040	5,952	-27,959	508	0,207	0,040	4,831	-27,959
470	0,169	-0,040	5,917	Sin dato	509	0,208	0,080	4,808	-21,938
471	0,170	0,020	5,882	-33,979	510	0,209	0,000	4,785	Sin dato
472	0,171	0,160	5,848	-15,918	511	0,210	-0,040	4,762	-27,959
473	0,172	0,100	5,814	-20,000	512	0,211	-0,080	4,739	-21,938
474	0,173	0,220	5,780	-13,152	513	0,212	0,000	4,717	Sin dato
475	0,174	0,240	5,747	-12,396	514	0,213	0,040	4,695	-27,959
476	0,175	0,100	5,714	-20,000	515	0,214	0,040	4,673	-27,959
477	0,176	0,280	5,682	-11,057	516	0,215	0,240	4,651	-12,396
478	0,177	0,200	5,650	-13,979	517	0,216	0,240	4,630	-12,396
479	0,178	0,040	5,618	-27,959	518	0,217	0,140	4,608	-17,077
480	0,179	0,120	5,587	-18,416	519	0,218	0,220	4,587	-13,152
481	0,180	0,140	5,556	-17,077	520	0,219	0,160	4,566	-15,918
482	0,181	-0,020	5,525	-33,979	521	0,220	0,180	4,545	-14,895
483	0,182	0,000	5,495	Sin dato	522	0,221	0,080	4,525	-21,938
484	0,183	-0,120	5,464	-18,416	523	0,222	0,080	4,505	-21,938
485	0,184	-0,040	5,435	-27,959	524	0,223	0,000	4,484	Sin dato
486	0,185	0,020	5,405	-33,979	525	0,224	0,000	4,464	Sin dato
487	0,186	0,160	5,376	-15,918	526	0,225	-0,040	4,444	-27,959
488	0,187	0,200	5,348	-13,979	527	0,226	0,020	4,425	-33,979
489	0,188	0,220	5,319	-13,152	528	0,227	0,140	4,405	-17,077
490	0,189	0,120	5,291	-18,416	529	0,228	0,100	4,386	-20,000
491	0,190	0,220	5,263	-13,152	530	0,229	0,160	4,367	-15,918
492	0,191	0,160	5,236	-15,918	531	0,230	0,160	4,348	-15,918
493	0,192	0,080	5,208	-21,938	532	0,231	0,240	4,329	-12,396
494	0,193	0,160	5,181	-15,918	533	0,232	0,160	4,310	-15,918
495	0,194	0,140	5,155	-17,077	534	0,233	0,100	4,292	-20,000
496	0,195	-0,020	5,128	-33,979	535	0,234	0,100	4,274	-20,000
497	0,196	0,000	5,102	Sin dato	536	0,235	0,200	4,255	-13,979
498	0,197	-0,120	5,076	-18,416	537	0,236	0,080	4,237	-21,938
499	0,198	-0,040	5,051	-27,959	538	0,237	-0,060	4,219	-24,437
500	0,199	0,020	5,025	-33,979	539	0,238	-0,120	4,202	-18,416
501	0,200	0,040	5,000	-27,959	540	0,239	-0,040	4,184	-27,959
502	0,201	0,220	4,975	-13,152	541	0,240	0,100	4,167	-20,000
503	0,202	0,180	4,950	-14,895	542	0,241	0,200	4,149	-13,979
504	0,203	0,240	4,926	-12,396	543	0,242	0,200	4,132	-13,979
505	0,204	0,240	4,902	-12,396	544	0,243	0,240	4,115	-12,396
506	0,205	0,180	4,878	-14,895	545	0,244	0,240	4,098	-12,396
507	0,206	0,080	4,854	-21,938	546	0,245	0,140	4,082	-17,077

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
547	0,246	0,040	4,065	-27,959	586	0,285	0,240	3,509	-12,396
548	0,247	0,100	4,049	-20,000	587	0,286	0,180	3,497	-14,895
549	0,248	0,100	4,032	-20,000	588	0,287	0,140	3,484	-17,077
550	0,249	0,040	4,016	-27,959	589	0,288	0,040	3,472	-27,959
551	0,250	0,060	4,000	-24,437	590	0,289	0,020	3,460	-33,979
552	0,251	-0,060	3,984	-24,437	591	0,290	0,040	3,448	-27,959
553	0,252	-0,120	3,968	-18,416	592	0,291	0,140	3,436	-17,077
554	0,253	0,020	3,953	-33,979	593	0,292	0,100	3,425	-20,000
555	0,254	0,120	3,937	-18,416	594	0,293	0,020	3,413	-33,979
556	0,255	0,240	3,922	-12,396	595	0,294	0,100	3,401	-20,000
557	0,256	0,240	3,906	-12,396	596	0,295	0,160	3,390	-15,918
558	0,257	0,180	3,891	-14,895	597	0,296	0,160	3,378	-15,918
559	0,258	0,100	3,876	-20,000	598	0,297	0,160	3,367	-15,918
560	0,259	0,220	3,861	-13,152	599	0,298	0,160	3,356	-15,918
561	0,260	0,140	3,846	-17,077	600	0,299	0,160	3,344	-15,918
562	0,261	0,080	3,831	-21,938					
563	0,262	0,080	3,817	-21,938					
564	0,263	0,180	3,802	-14,895					
565	0,264	0,160	3,788	-15,918					
566	0,265	0,020	3,774	-33,979					
567	0,266	-0,020	3,759	-33,979					
568	0,267	-0,100	3,745	-20,000					
569	0,268	-0,100	3,731	-20,000					
570	0,269	0,120	3,717	-18,416					
571	0,270	0,120	3,704	-18,416					
572	0,271	0,240	3,690	-12,396					
573	0,272	0,140	3,676	-17,077					
574	0,273	0,080	3,663	-21,938					
575	0,274	0,160	3,650	-15,918					
576	0,275	0,240	3,636	-12,396					
577	0,276	0,200	3,623	-13,979					
578	0,277	0,100	3,610	-20,000					
579	0,278	0,160	3,597	-15,918					
580	0,279	0,080	3,584	-21,938					
581	0,280	-0,120	3,571	-18,416					
582	0,281	0,000	3,559	Sin dato					
583	0,282	0,020	3,546	-33,979					
584	0,283	0,180	3,534	-14,895					
585	0,284	0,160	3,521	-15,918					

Datos del filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 1808 Hertz

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
1	-0,300	-0,160	-3,333	-15,918	40	-0,261	-0,100	-3,831	-7,959
2	-0,299	-0,160	-3,344	-15,918	41	-0,260	-0,200	-3,846	-8,404
3	-0,298	-0,160	-3,356	-15,918	42	-0,259	0,500	-3,861	-20,000
4	-0,297	-0,160	-3,367	-15,918	43	-0,258	0,000	-3,876	-13,979
5	-0,296	-0,160	-3,378	-15,918	44	-0,257	0,460	-3,891	-6,021
6	-0,295	0,420	-3,390	-7,535	45	-0,256	0,300	-3,906	Sin dato
7	-0,294	0,360	-3,401	-8,874	46	-0,255	-0,220	-3,922	-6,745
8	-0,293	-0,220	-3,413	-13,152	47	-0,254	-0,160	-3,937	-10,458
9	-0,292	-0,400	-3,425	-7,959	48	-0,253	0,200	-3,953	-13,152
10	-0,291	0,300	-3,436	-10,458	49	-0,252	-0,160	-3,968	-15,918
11	-0,290	0,360	-3,448	-8,874	50	-0,251	0,160	-3,984	-13,979
12	-0,289	-0,040	-3,460	-27,959	51	-0,250	-0,340	-4,000	-15,918
13	-0,288	-0,040	-3,472	-27,959	52	-0,249	0,320	-4,016	-15,918
14	-0,287	0,480	-3,484	-6,375	53	-0,248	0,480	-4,032	-9,370
15	-0,286	0,320	-3,497	-9,897	54	-0,247	-0,060	-4,049	-9,897
16	-0,285	-0,280	-3,509	-11,057	55	-0,246	0,040	-4,065	-6,375
17	-0,284	0,320	-3,521	-9,897	56	-0,245	0,520	-4,082	-24,437
18	-0,283	-0,120	-3,534	-18,416	57	-0,244	-0,040	-4,098	-27,959
19	-0,282	0,380	-3,546	-8,404	58	-0,243	0,400	-4,115	-5,680
20	-0,281	-0,180	-3,559	-14,895	59	-0,242	-0,120	-4,132	-27,959
21	-0,280	0,320	-3,571	-9,897	60	-0,241	0,360	-4,149	-7,959
22	-0,279	-0,140	-3,584	-17,077	61	-0,240	0,460	-4,167	-18,416
23	-0,278	-0,300	-3,597	-10,458	62	-0,239	-0,180	-4,184	-8,874
24	-0,277	0,360	-3,610	-8,874	63	-0,238	-0,260	-4,202	-6,745
25	-0,276	-0,120	-3,623	-18,416	64	-0,237	0,120	-4,219	-14,895
26	-0,275	0,380	-3,636	-8,404	65	-0,236	-0,120	-4,237	-11,701
27	-0,274	-0,080	-3,650	-21,938	66	-0,235	0,360	-4,255	-18,416
28	-0,273	0,460	-3,663	-6,745	67	-0,234	0,320	-4,274	-18,416
29	-0,272	0,380	-3,676	-8,404	68	-0,233	-0,120	-4,292	-8,874
30	-0,271	-0,100	-3,690	-20,000	69	-0,232	0,460	-4,310	-9,897
31	-0,270	0,460	-3,704	-6,745	70	-0,231	-0,120	-4,329	-18,416
32	-0,269	-0,280	-3,717	-11,057	71	-0,230	0,380	-4,348	-6,745
33	-0,268	0,280	-3,731	-11,057	72	-0,229	0,020	-4,367	-18,416
34	-0,267	-0,280	-3,745	-11,057	73	-0,228	0,240	-4,386	-8,404
35	-0,266	-0,140	-3,759	-17,077	74	-0,227	-0,260	-4,405	-33,979
36	-0,265	0,360	-3,774	-8,874	75	-0,226	-0,200	-4,425	-12,396
37	-0,264	-0,220	-3,788	-13,152	76	-0,225	0,340	-4,444	-11,701
38	-0,263	0,400	-3,802	-7,959	77	-0,224	-0,300	-4,464	-13,979
39	-0,262	0,380	-3,817	-8,404	78	-0,223	0,260	-4,484	-9,370

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
79	-0,222	-0,260	-4,505	-11,701	118	-0,183	0,240	-5,464	-12,396
80	-0,221	0,240	-4,525	-12,396	119	-0,182	-0,260	-5,495	-11,701
81	-0,220	-0,140	-4,545	-17,077	120	-0,181	0,300	-5,525	-10,458
82	-0,219	0,420	-4,566	-7,535	121	-0,180	-0,140	-5,556	-17,077
83	-0,218	-0,120	-4,587	-18,416	122	-0,179	0,300	-5,587	-10,458
84	-0,217	0,380	-4,608	-8,404	123	-0,178	0,440	-5,618	-7,131
85	-0,216	-0,160	-4,630	-15,918	124	-0,177	-0,180	-5,650	-14,895
86	-0,215	0,360	-4,651	-8,874	125	-0,176	0,480	-5,682	-6,375
87	-0,214	0,340	-4,673	-9,370	126	-0,175	-0,020	-5,714	-33,979
88	-0,213	-0,120	-4,695	-18,416	127	-0,174	-0,020	-5,747	-33,979
89	-0,212	0,240	-4,717	-12,396	128	-0,173	0,520	-5,780	-5,680
90	-0,211	-0,280	-4,739	-11,057	129	-0,172	-0,180	-5,814	-14,895
91	-0,210	0,240	-4,762	-12,396	130	-0,171	0,420	-5,848	-7,535
92	-0,209	-0,220	-4,785	-13,152	131	-0,170	-0,240	-5,882	-12,396
93	-0,208	-0,460	-4,808	-6,745	132	-0,169	0,200	-5,917	-13,979
94	-0,207	0,440	-4,831	-7,131	133	-0,168	0,280	-5,952	-11,057
95	-0,206	0,340	-4,854	-9,370	134	-0,167	-0,240	-5,988	-12,396
96	-0,205	-0,060	-4,878	-24,437	135	-0,166	0,240	-6,024	-12,396
97	-0,204	0,480	-4,902	-6,375	136	-0,165	-0,100	-6,061	-20,000
98	-0,203	-0,080	-4,926	-21,938	137	-0,164	-0,120	-6,098	-18,416
99	-0,202	0,460	-4,950	-6,745	138	-0,163	0,460	-6,135	-6,745
100	-0,201	-0,180	-4,975	-14,895	139	-0,162	0,540	-6,173	-5,352
101	-0,200	0,280	-5,000	-11,057	140	-0,161	0,020	-6,211	-33,979
102	-0,199	-0,160	-5,025	-15,918	141	-0,160	0,360	-6,250	-8,874
103	-0,198	-0,240	-5,051	-12,396	142	-0,159	-0,200	-6,289	-13,979
104	-0,197	0,260	-5,076	-11,701	143	-0,158	0,340	-6,329	-9,370
105	-0,196	-0,280	-5,102	-11,057	144	-0,157	-0,020	-6,369	-33,979
106	-0,195	0,280	-5,128	-11,057	145	-0,156	-0,320	-6,410	-9,897
107	-0,194	-0,220	-5,155	-13,152	146	-0,155	0,340	-6,452	-9,370
108	-0,193	0,380	-5,181	-8,404	147	-0,154	-0,380	-6,494	-8,404
109	-0,192	-0,160	-5,208	-15,918	148	-0,153	0,240	-6,536	-12,396
110	-0,191	0,400	-5,236	-7,959	149	-0,152	-0,040	-6,579	-27,959
111	-0,190	0,540	-5,263	-5,352	150	-0,151	0,380	-6,623	-8,404
112	-0,189	0,100	-5,291	-20,000	151	-0,150	-0,040	-6,667	-27,959
113	-0,188	-0,200	-5,319	-13,979	152	-0,149	0,560	-6,711	-5,036
114	-0,187	0,400	-5,348	-7,959	153	-0,148	-0,040	-6,757	-27,959
115	-0,186	-0,160	-5,376	-15,918	154	-0,147	0,380	-6,803	-8,404
116	-0,185	0,380	-5,405	-8,404	155	-0,146	0,400	-6,849	-7,959
117	-0,184	-0,260	-5,435	-11,701	156	-0,145	-0,220	-6,897	-13,152

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
157	-0,144	0,360	-6,944	-8,874	196	-0,105	-0,160	-9,524	-15,918
158	-0,143	-0,200	-6,993	-13,979	197	-0,104	-0,160	-9,615	-15,918
159	-0,142	0,420	-7,042	-7,535	198	-0,103	0,400	-9,709	-7,959
160	-0,141	-0,240	-7,092	-12,396	199	-0,102	-0,260	-9,804	-11,701
161	-0,140	-0,320	-7,143	-9,897	200	-0,101	0,360	-9,901	-8,874
162	-0,139	0,280	-7,194	-11,057	201	-0,100	0,260	-10,000	-11,701
163	-0,138	0,200	-7,246	-13,979	202	-0,099	-0,240	-10,101	-12,396
164	-0,137	-0,120	-7,299	-18,416	203	-0,098	-0,240	-10,204	-12,396
165	-0,136	0,480	-7,353	-6,375	204	-0,097	0,460	-10,309	-6,745
166	-0,135	-0,080	-7,407	-21,938	205	-0,096	-0,220	-10,417	-13,152
167	-0,134	0,540	-7,463	-5,352	206	-0,095	0,320	-10,526	-9,897
168	-0,133	-0,220	-7,519	-13,152	207	-0,094	-0,140	-10,638	-17,077
169	-0,132	-0,040	-7,576	-27,959	208	-0,093	0,380	-10,753	-8,404
170	-0,131	0,480	-7,634	-6,375	209	-0,092	-0,100	-10,870	-20,000
171	-0,130	0,300	-7,692	-10,458	210	-0,091	0,400	-10,989	-7,959
172	-0,129	-0,100	-7,752	-20,000	211	-0,090	0,520	-11,111	-5,680
173	-0,128	0,240	-7,813	-12,396	212	-0,089	-0,040	-11,236	-27,959
174	-0,127	-0,280	-7,874	-11,057	213	-0,088	0,440	-11,364	-7,131
175	-0,126	-0,260	-7,937	-11,701	214	-0,087	-0,160	-11,494	-15,918
176	-0,125	0,000	-8,000	Sin dato	215	-0,086	-0,240	-11,628	-12,396
177	-0,124	-0,160	-8,065	-15,918	216	-0,085	0,300	-11,765	-10,458
178	-0,123	0,400	-8,130	-7,959	217	-0,084	0,200	-11,905	-13,979
179	-0,122	0,440	-8,197	-7,131	218	-0,083	-0,360	-12,048	-8,874
180	-0,121	-0,040	-8,264	-27,959	219	-0,082	-0,080	-12,195	-21,938
181	-0,120	0,420	-8,333	-7,535	220	-0,081	0,320	-12,346	-9,897
182	-0,119	-0,020	-8,403	-33,979	221	-0,080	-0,040	-12,500	-27,959
183	-0,118	-0,200	-8,475	-13,979	222	-0,079	0,340	-12,658	-9,370
184	-0,117	0,340	-8,547	-9,370	223	-0,078	0,340	-12,821	-9,370
185	-0,116	-0,140	-8,621	-17,077	224	-0,077	-0,040	-12,987	-27,959
186	-0,115	0,440	-8,696	-7,131	225	-0,076	0,000	-13,158	Sin dato
187	-0,114	0,240	-8,772	-12,396	226	-0,075	0,460	-13,333	-6,745
188	-0,113	-0,280	-8,850	-11,057	227	-0,074	-0,120	-13,514	-18,416
189	-0,112	-0,260	-8,929	-11,701	228	-0,073	0,300	-13,699	-10,458
190	-0,111	0,260	-9,009	-11,701	229	-0,072	-0,260	-13,889	-11,701
191	-0,110	0,400	-9,091	-7,959	230	-0,071	0,200	-14,085	-13,979
192	-0,109	-0,200	-9,174	-13,979	231	-0,070	-0,180	-14,286	-14,895
193	-0,108	0,300	-9,259	-10,458	232	-0,069	0,160	-14,493	-15,918
194	-0,107	-0,080	-9,346	-21,938	233	-0,068	-0,160	-14,706	-15,918
195	-0,106	0,440	-9,434	-7,131	234	-0,067	0,380	-14,925	-8,404

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
235	-0,066	0,400	-15,152	-7,959	274	-0,027	0,440	-37,037	-7,131
236	-0,065	-0,040	-15,385	-27,959	275	-0,026	-0,200	-38,462	-13,979
237	-0,064	-0,200	-15,625	-13,979	276	-0,025	0,320	-40,000	-9,897
238	-0,063	0,420	-15,873	-7,535	277	-0,024	0,020	-41,667	-33,979
239	-0,062	0,460	-16,129	-6,745	278	-0,023	0,520	-43,478	-5,680
240	-0,061	-0,040	-16,393	-27,959	279	-0,022	0,020	-45,455	-33,979
241	-0,060	-0,200	-16,667	-13,979	280	-0,021	0,420	-47,619	-7,535
242	-0,059	0,340	-16,949	-9,370	281	-0,020	0,380	-50,000	-8,404
243	-0,058	0,360	-17,241	-8,874	282	-0,019	-0,120	-52,632	-18,416
244	-0,057	-0,300	-17,544	-10,458	283	-0,018	-0,140	-55,556	-17,077
245	-0,056	-0,340	-17,857	-9,370	284	-0,017	0,380	-58,824	-8,404
246	-0,055	0,160	-18,182	-15,918	285	-0,016	-0,320	-62,500	-9,897
247	-0,054	0,380	-18,519	-8,404	286	-0,015	0,240	-66,667	-12,396
248	-0,053	-0,120	-18,868	-18,416	287	-0,014	0,380	-71,429	-8,404
249	-0,052	0,480	-19,231	-6,375	288	-0,013	-0,340	-76,923	-9,370
250	-0,051	0,000	-19,608	Sin dato	289	-0,012	0,300	-83,333	-10,458
251	-0,050	0,400	-20,000	-7,959	290	-0,011	-0,080	-90,909	-21,938
252	-0,049	-0,080	-20,408	-21,938	291	-0,010	-0,080	-100,000	-21,938
253	-0,048	-0,040	-20,833	-27,959	292	-0,009	0,380	-111,111	-8,404
254	-0,047	0,460	-21,277	-6,745	293	-0,008	0,000	-125,000	Sin dato
255	-0,046	-0,260	-21,739	-11,701	294	-0,007	0,540	-142,857	-5,352
256	-0,045	0,380	-22,222	-8,404	295	-0,006	0,560	-166,667	-5,036
257	-0,044	0,380	-22,727	-8,404	296	-0,005	0,020	-200,000	-33,979
258	-0,043	-0,120	-23,256	-18,416	297	-0,004	0,380	-250,000	-8,404
259	-0,042	-0,280	-23,810	-11,057	298	-0,003	-0,220	-333,333	-13,152
260	-0,041	0,380	-24,390	-8,404	299	-0,002	-0,060	-500,000	-24,437
261	-0,040	-0,040	-25,000	-27,959	300	-0,001	0,160	-1000,000	-15,918
262	-0,039	0,300	-25,641	-10,458	301	0,000	-0,400	0,000	-7,959
263	-0,038	0,460	-26,316	-6,745	302	0,001	0,240	1000,000	-12,396
264	-0,037	-0,040	-27,027	-27,959	303	0,002	0,400	500,000	-7,959
265	-0,036	-0,200	-27,778	-13,979	304	0,003	-0,020	333,333	-33,979
266	-0,035	0,480	-28,571	-6,375	305	0,004	0,380	250,000	-8,404
267	-0,034	-0,040	-29,412	-27,959	306	0,005	-0,020	200,000	-33,979
268	-0,033	0,240	-30,303	-12,396	307	0,006	0,460	166,667	-6,745
269	-0,032	0,280	-31,250	-11,057	308	0,007	-0,120	142,857	-18,416
270	-0,031	-0,120	-32,258	-18,416	309	0,008	0,380	125,000	-8,404
271	-0,030	-0,320	-33,333	-9,897	310	0,009	-0,060	111,111	-24,437
272	-0,029	0,200	-34,483	-13,979	311	0,010	0,400	100,000	-7,959
273	-0,028	-0,240	-35,714	-12,396	312	0,011	-0,060	90,909	-24,437

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
313	0,012	0,160	83,333	-15,918	352	0,051	0,380	19,608	-8,404
314	0,013	-0,360	76,923	-8,874	353	0,052	0,120	19,231	-18,416
315	0,014	-0,120	71,429	-18,416	354	0,053	-0,180	18,868	-14,895
316	0,015	0,280	66,667	-11,057	355	0,054	-0,340	18,519	-9,370
317	0,016	-0,220	62,500	-13,152	356	0,055	0,360	18,182	-8,874
318	0,017	0,380	58,824	-8,404	357	0,056	-0,220	17,857	-13,152
319	0,018	0,000	55,556	Sin dato	358	0,057	0,320	17,544	-9,897
320	0,019	0,360	52,632	-8,874	359	0,058	-0,200	17,241	-13,979
321	0,020	-0,100	50,000	-20,000	360	0,059	0,280	16,949	-11,057
322	0,021	0,520	47,619	-5,680	361	0,060	0,000	16,667	Sin dato
323	0,022	-0,200	45,455	-13,979	362	0,061	0,460	16,393	-6,745
324	0,023	0,320	43,478	-9,897	363	0,062	-0,020	16,129	-33,979
325	0,024	0,300	41,667	-10,458	364	0,063	0,380	15,873	-8,404
326	0,025	-0,180	40,000	-14,895	365	0,064	-0,200	15,625	-13,979
327	0,026	0,360	38,462	-8,874	366	0,065	0,380	15,385	-8,404
328	0,027	-0,340	37,037	-9,370	367	0,066	0,380	15,152	-8,404
329	0,028	-0,100	35,714	-20,000	368	0,067	-0,140	14,925	-17,077
330	0,029	0,260	34,483	-11,701	369	0,068	-0,340	14,706	-9,370
331	0,030	-0,040	33,333	-27,959	370	0,069	0,140	14,493	-17,077
332	0,031	0,420	32,258	-7,535	371	0,070	0,340	14,286	-9,370
333	0,032	0,440	31,250	-7,131	372	0,071	-0,200	14,085	-13,979
334	0,033	-0,080	30,303	-21,938	373	0,072	-0,040	13,889	-27,959
335	0,034	-0,100	29,412	-20,000	374	0,073	0,300	13,699	-10,458
336	0,035	0,460	28,571	-6,745	375	0,074	-0,120	13,514	-18,416
337	0,036	-0,140	27,778	-17,077	376	0,075	0,380	13,333	-8,404
338	0,037	0,380	27,027	-8,404	377	0,076	-0,040	13,158	-27,959
339	0,038	-0,200	26,316	-13,979	378	0,077	0,580	12,987	-4,731
340	0,039	0,320	25,641	-9,897	379	0,078	0,460	12,821	-6,745
341	0,040	-0,260	25,000	-11,701	380	0,079	-0,140	12,658	-17,077
342	0,041	0,260	24,390	-11,701	381	0,080	0,340	12,500	-9,370
343	0,042	-0,340	23,810	-9,370	382	0,081	-0,240	12,346	-12,396
344	0,043	0,300	23,256	-10,458	383	0,082	-0,180	12,195	-14,895
345	0,044	-0,140	22,727	-17,077	384	0,083	0,160	12,048	-15,918
346	0,045	0,440	22,222	-7,131	385	0,084	-0,240	11,905	-12,396
347	0,046	0,460	21,739	-6,745	386	0,085	0,280	11,765	-11,057
348	0,047	-0,040	21,277	-27,959	387	0,086	-0,160	11,628	-15,918
349	0,048	-0,160	20,833	-15,918	388	0,087	0,460	11,494	-6,745
350	0,049	0,460	20,408	-6,745	389	0,088	-0,140	11,364	-17,077
351	0,050	-0,160	20,000	-15,918	390	0,089	0,460	11,236	-6,745

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
391	0,090	-0,140	11,111	-17,077	430	0,129	-0,120	7,752	-18,416
392	0,091	0,180	10,989	-14,895	431	0,130	0,460	7,692	-6,745
393	0,092	-0,100	10,870	-20,000	432	0,131	-0,100	7,634	-20,000
394	0,093	0,400	10,753	-7,959	433	0,132	0,440	7,576	-7,131
395	0,094	0,400	10,638	-7,959	434	0,133	-0,160	7,519	-15,918
396	0,095	-0,200	10,526	-13,979	435	0,134	0,240	7,463	-12,396
397	0,096	-0,340	10,417	-9,370	436	0,135	-0,040	7,407	-27,959
398	0,097	0,220	10,309	-13,152	437	0,136	0,220	7,353	-13,152
399	0,098	-0,340	10,204	-9,370	438	0,137	-0,160	7,299	-15,918
400	0,099	0,380	10,101	-8,404	439	0,138	-0,240	7,246	-12,396
401	0,100	-0,040	10,000	-27,959	440	0,139	0,240	7,194	-12,396
402	0,101	0,420	9,901	-7,535	441	0,140	-0,220	7,143	-13,152
403	0,102	0,460	9,804	-6,745	442	0,141	0,340	7,092	-9,370
404	0,103	-0,080	9,709	-21,938	443	0,142	-0,180	7,042	-14,895
405	0,104	-0,060	9,615	-24,437	444	0,143	0,380	6,993	-8,404
406	0,105	0,380	9,524	-8,404	445	0,144	0,460	6,944	-6,745
407	0,106	-0,060	9,434	-24,437	446	0,145	-0,040	6,897	-27,959
408	0,107	0,380	9,346	-8,404	447	0,146	-0,100	6,849	-20,000
409	0,108	-0,160	9,259	-15,918	448	0,147	0,520	6,803	-5,680
410	0,109	0,400	9,174	-7,959	449	0,148	0,240	6,757	-12,396
411	0,110	-0,300	9,091	-10,458	450	0,149	-0,200	6,711	-13,979
412	0,111	0,240	9,009	-12,396	451	0,150	0,360	6,667	-8,874
413	0,112	-0,240	8,929	-12,396	452	0,151	-0,220	6,623	-13,152
414	0,113	0,240	8,850	-12,396	453	0,152	-0,360	6,579	-8,874
415	0,114	0,420	8,772	-7,535	454	0,153	0,280	6,536	-11,057
416	0,115	-0,100	8,696	-20,000	455	0,154	-0,200	6,494	-13,979
417	0,116	0,380	8,621	-8,404	456	0,155	0,340	6,452	-9,370
418	0,117	-0,060	8,547	-24,437	457	0,156	-0,180	6,410	-14,895
419	0,118	0,360	8,475	-8,874	458	0,157	0,400	6,369	-7,959
420	0,119	-0,120	8,403	-18,416	459	0,158	-0,120	6,329	-18,416
421	0,120	0,440	8,333	-7,131	460	0,159	0,480	6,289	-6,375
422	0,121	-0,080	8,264	-21,938	461	0,160	-0,080	6,250	-21,938
423	0,122	0,440	8,197	-7,131	462	0,161	0,520	6,211	-5,680
424	0,123	-0,180	8,130	-14,895	463	0,162	0,000	6,173	Sin dato
425	0,124	-0,340	8,065	-9,370	464	0,163	0,440	6,135	-7,131
426	0,125	0,280	8,000	-11,057	465	0,164	-0,200	6,098	-13,979
427	0,126	-0,240	7,937	-12,396	466	0,165	0,200	6,061	-13,979
428	0,127	0,380	7,874	-8,404	467	0,166	0,100	6,024	-20,000
429	0,128	0,260	7,813	-11,701	468	0,167	-0,340	5,988	-9,370

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
469	0,168	-0,200	5,952	-13,979	508	0,207	-0,180	4,831	-14,895
470	0,169	0,080	5,917	-21,938	509	0,208	0,380	4,808	-8,404
471	0,170	0,400	5,882	-7,959	510	0,209	-0,280	4,785	-11,057
472	0,171	-0,100	5,848	-20,000	511	0,210	-0,200	4,762	-13,979
473	0,172	0,480	5,814	-6,375	512	0,211	0,300	4,739	-10,458
474	0,173	0,040	5,780	-27,959	513	0,212	0,360	4,717	-8,874
475	0,174	-0,120	5,747	-18,416	514	0,213	-0,120	4,695	-18,416
476	0,175	0,280	5,714	-11,057	515	0,214	0,480	4,673	-6,375
477	0,176	0,460	5,682	-6,745	516	0,215	-0,080	4,651	-21,938
478	0,177	-0,080	5,650	-21,938	517	0,216	0,500	4,630	-6,021
479	0,178	0,200	5,618	-13,979	518	0,217	-0,080	4,608	-21,938
480	0,179	-0,200	5,587	-13,979	519	0,218	-0,160	4,587	-15,918
481	0,180	-0,300	5,556	-10,458	520	0,219	0,220	4,566	-13,152
482	0,181	0,160	5,525	-15,918	521	0,220	-0,300	4,545	-10,458
483	0,182	0,320	5,495	-9,897	522	0,221	0,240	4,525	-12,396
484	0,183	-0,200	5,464	-13,979	523	0,222	-0,340	4,505	-9,370
485	0,184	0,020	5,435	-33,979	524	0,223	0,220	4,484	-13,152
486	0,185	0,540	5,405	-5,352	525	0,224	-0,300	4,464	-10,458
487	0,186	-0,080	5,376	-21,938	526	0,225	0,340	4,444	-9,370
488	0,187	0,360	5,348	-8,874	527	0,226	-0,040	4,425	-27,959
489	0,188	-0,160	5,319	-15,918	528	0,227	0,420	4,405	-7,535
490	0,189	0,420	5,291	-7,535	529	0,228	0,480	4,386	-6,375
491	0,190	0,300	5,263	-10,458	530	0,229	0,000	4,367	Sin dato
492	0,191	-0,140	5,236	-17,077	531	0,230	-0,160	4,348	-15,918
493	0,192	0,460	5,208	-6,745	532	0,231	0,380	4,329	-8,404
494	0,193	-0,160	5,181	-15,918	533	0,232	-0,120	4,310	-18,416
495	0,194	0,380	5,155	-8,404	534	0,233	0,340	4,292	-9,370
496	0,195	-0,220	5,128	-13,152	535	0,234	0,380	4,274	-8,404
497	0,196	0,240	5,102	-12,396	536	0,235	-0,240	4,255	-12,396
498	0,197	-0,080	5,076	-21,938	537	0,236	-0,300	4,237	-10,458
499	0,198	-0,180	5,051	-14,895	538	0,237	0,320	4,219	-9,897
500	0,199	0,400	5,025	-7,959	539	0,238	-0,220	4,202	-13,152
501	0,200	-0,020	5,000	-33,979	540	0,239	0,400	4,184	-7,959
502	0,201	0,300	4,975	-10,458	541	0,240	-0,160	4,167	-15,918
503	0,202	0,380	4,950	-8,404	542	0,241	0,300	4,149	-10,458
504	0,203	-0,100	4,926	-20,000	543	0,242	-0,040	4,132	-27,959
505	0,204	0,420	4,902	-7,535	544	0,243	0,560	4,115	-5,036
506	0,205	-0,200	4,878	-13,979	545	0,244	0,560	4,098	-5,036
507	0,206	0,440	4,854	-7,131	546	0,245	-0,200	4,082	-13,979

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
547	0,246	0,380	4,065	-8,404	586	0,285	0,540	3,509	-5,352
548	0,247	-0,140	4,049	-17,077	587	0,286	0,340	3,497	-9,370
549	0,248	0,500	4,032	-6,021	588	0,287	-0,200	3,484	-13,979
550	0,249	-0,220	4,016	-13,152	589	0,288	0,380	3,472	-8,404
551	0,250	0,120	4,000	-18,416	590	0,289	-0,100	3,460	-20,000
552	0,251	-0,220	3,984	-13,152	591	0,290	-0,040	3,448	-27,959
553	0,252	-0,140	3,968	-17,077	592	0,291	0,340	3,436	-9,370
554	0,253	0,340	3,953	-9,370	593	0,292	0,060	3,425	-24,437
555	0,254	0,400	3,937	-7,959	594	0,293	-0,440	3,413	-7,131
556	0,255	-0,120	3,922	-18,416	595	0,294	0,400	3,401	-7,959
557	0,256	-0,060	3,906	-24,437	596	0,295	-0,100	3,390	-20,000
558	0,257	0,480	3,891	-6,375	597	0,296	-0,100	3,378	-20,000
559	0,258	-0,240	3,876	-12,396	598	0,297	-0,100	3,367	-20,000
560	0,259	0,340	3,861	-9,370	599	0,298	-0,100	3,356	-20,000
561	0,260	0,400	3,846	-7,959	600	0,299	-0,100	3,344	-20,000
562	0,261	-0,100	3,831	-20,000					
563	0,262	0,340	3,817	-9,370					
564	0,263	-0,220	3,802	-13,152					
565	0,264	-0,300	3,788	-10,458					
566	0,265	0,160	3,774	-15,918					
567	0,266	-0,100	3,759	-20,000					
568	0,267	0,420	3,745	-7,535					
569	0,268	-0,020	3,731	-33,979					
570	0,269	0,480	3,717	-6,375					
571	0,270	-0,060	3,704	-24,437					
572	0,271	0,400	3,690	-7,959					
573	0,272	0,520	3,676	-5,680					
574	0,273	-0,160	3,663	-15,918					
575	0,274	0,400	3,650	-7,959					
576	0,275	-0,120	3,636	-18,416					
577	0,276	0,300	3,623	-10,458					
578	0,277	-0,340	3,610	-9,370					
579	0,278	0,240	3,597	-12,396					
580	0,279	-0,320	3,584	-9,897					
581	0,280	-0,020	3,571	-33,979					
582	0,281	0,320	3,559	-9,897					
583	0,282	0,480	3,546	-6,375					
584	0,283	-0,200	3,534	-13,979					
585	0,284	0,000	3,521	Sin dato					

Datos del filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 8010 Hertz.

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
1	-0,300	0,660	-3,333	-3,609	40	-0,261	0,300	-3,831	-10,458
2	-0,299	0,660	-3,344	-3,609	41	-0,260	-0,200	-3,846	-13,979
3	-0,298	0,660	-3,356	-3,609	42	-0,259	0,400	-3,861	-7,959
4	-0,297	0,660	-3,367	-3,609	43	-0,258	0,520	-3,876	-5,680
5	-0,296	0,660	-3,378	-3,609	44	-0,257	-0,100	-3,891	-20,000
6	-0,295	-0,080	-3,390	-21,938	45	-0,256	-0,280	-3,906	-11,057
7	-0,294	0,360	-3,401	-8,874	46	-0,255	0,480	-3,922	-6,375
8	-0,293	-0,260	-3,413	-11,701	47	-0,254	0,620	-3,937	-4,152
9	-0,292	-0,340	-3,425	-9,370	48	-0,253	0,020	-3,953	-33,979
10	-0,291	0,280	-3,436	-11,057	49	-0,252	-0,200	-3,968	-13,979
11	-0,290	0,440	-3,448	-7,131	50	-0,251	0,500	-3,984	-6,021
12	-0,289	-0,280	-3,460	-11,057	51	-0,250	0,360	-4,000	-8,874
13	-0,288	0,380	-3,472	-8,404	52	-0,249	-0,460	-4,016	-6,745
14	-0,287	-0,200	-3,484	-13,979	53	-0,248	-0,340	-4,032	-9,370
15	-0,286	0,400	-3,497	-7,959	54	-0,247	0,160	-4,049	-15,918
16	-0,285	-0,340	-3,509	-9,370	55	-0,246	0,520	-4,065	-5,680
17	-0,284	0,480	-3,521	-6,375	56	-0,245	-0,040	-4,082	-27,959
18	-0,283	-0,060	-3,534	-24,437	57	-0,244	-0,280	-4,098	-11,057
19	-0,282	-0,120	-3,546	-18,416	58	-0,243	0,540	-4,115	-5,352
20	-0,281	0,580	-3,559	-4,731	59	-0,242	0,500	-4,132	-6,021
21	-0,280	0,480	-3,571	-6,375	60	-0,241	-0,380	-4,149	-8,404
22	-0,279	-0,340	-3,584	-9,370	61	-0,240	0,420	-4,167	-7,535
23	-0,278	0,400	-3,597	-7,959	62	-0,239	-0,300	-4,184	-10,458
24	-0,277	-0,380	-3,610	-8,404	63	-0,238	-0,240	-4,202	-12,396
25	-0,276	0,180	-3,623	-14,895	64	-0,237	0,520	-4,219	-5,680
26	-0,275	-0,380	-3,636	-8,404	65	-0,236	0,460	-4,237	-6,745
27	-0,274	-0,280	-3,650	-11,057	66	-0,235	-0,360	-4,255	-8,874
28	-0,273	0,520	-3,663	-5,680	67	-0,234	0,380	-4,274	-8,404
29	-0,272	-0,240	-3,676	-12,396	68	-0,233	-0,240	-4,292	-12,396
30	-0,271	0,560	-3,690	-5,036	69	-0,232	-0,260	-4,310	-11,701
31	-0,270	0,500	-3,704	-6,021	70	-0,231	0,560	-4,329	-5,036
32	-0,269	-0,260	-3,717	-11,701	71	-0,230	0,000	-4,348	Sin dato
33	-0,268	0,440	-3,731	-7,131	72	-0,229	0,460	-4,367	-6,745
34	-0,267	-0,260	-3,745	-11,701	73	-0,228	0,040	-4,386	-27,959
35	-0,266	0,580	-3,759	-4,731	74	-0,227	0,520	-4,405	-5,680
36	-0,265	-0,340	-3,774	-9,370	75	-0,226	-0,360	-4,425	-8,874
37	-0,264	-0,340	-3,788	-9,370	76	-0,225	0,460	-4,444	-6,745
38	-0,263	0,260	-3,802	-11,701	77	-0,224	0,480	-4,464	-6,375
39	-0,262	-0,260	-3,817	-11,701	78	-0,223	-0,300	-4,484	-10,458

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
79	-0,222	-0,420	-4,505	-7,535	118	-0,183	-0,120	-5,464	-18,416
80	-0,221	0,420	-4,525	-7,535	119	-0,182	-0,400	-5,495	-7,959
81	-0,220	0,400	-4,545	-7,959	120	-0,181	0,520	-5,525	-5,680
82	-0,219	-0,260	-4,566	-11,701	121	-0,180	0,560	-5,556	-5,036
83	-0,218	-0,240	-4,587	-12,396	122	-0,179	-0,240	-5,587	-12,396
84	-0,217	0,520	-4,608	-5,680	123	-0,178	-0,260	-5,618	-11,701
85	-0,216	-0,280	-4,630	-11,057	124	-0,177	0,380	-5,650	-8,404
86	-0,215	0,500	-4,651	-6,021	125	-0,176	-0,260	-5,682	-11,701
87	-0,214	-0,040	-4,673	-27,959	126	-0,175	0,520	-5,714	-5,680
88	-0,213	0,600	-4,695	-4,437	127	-0,174	0,480	-5,747	-6,375
89	-0,212	0,480	-4,717	-6,375	128	-0,173	-0,040	-5,780	-27,959
90	-0,211	-0,320	-4,739	-9,897	129	-0,172	-0,200	-5,814	-13,979
91	-0,210	0,380	-4,762	-8,404	130	-0,171	0,660	-5,848	-3,609
92	-0,209	-0,240	-4,785	-12,396	131	-0,170	-0,260	-5,882	-11,701
93	-0,208	-0,280	-4,808	-11,057	132	-0,169	0,460	-5,917	-6,745
94	-0,207	0,360	-4,831	-8,874	133	-0,168	-0,300	-5,952	-10,458
95	-0,206	0,320	-4,854	-9,897	134	-0,167	0,460	-5,988	-6,745
96	-0,205	-0,340	-4,878	-9,370	135	-0,166	0,460	-6,024	-6,745
97	-0,204	-0,120	-4,902	-18,416	136	-0,165	-0,260	-6,061	-11,701
98	-0,203	0,460	-4,926	-6,745	137	-0,164	-0,360	-6,098	-8,874
99	-0,202	-0,040	-4,950	-27,959	138	-0,163	0,300	-6,135	-10,458
100	-0,201	0,660	-4,975	-3,609	139	-0,162	0,400	-6,173	-7,959
101	-0,200	0,460	-5,000	-6,745	140	-0,161	-0,200	-6,211	-13,979
102	-0,199	-0,020	-5,025	-33,979	141	-0,160	0,040	-6,250	-27,959
103	-0,198	0,200	-5,051	-13,979	142	-0,159	0,500	-6,289	-6,021
104	-0,197	-0,240	-5,076	-12,396	143	-0,158	0,460	-6,329	-6,745
105	-0,196	-0,380	-5,102	-8,404	144	-0,157	-0,460	-6,369	-6,745
106	-0,195	0,440	-5,128	-7,131	145	-0,156	-0,080	-6,410	-21,938
107	-0,194	0,240	-5,155	-12,396	146	-0,155	0,400	-6,452	-7,959
108	-0,193	-0,520	-5,181	-5,680	147	-0,154	-0,200	-6,494	-13,979
109	-0,192	-0,280	-5,208	-11,057	148	-0,153	0,480	-6,536	-6,375
110	-0,191	0,360	-5,236	-8,874	149	-0,152	-0,480	-6,579	-6,375
111	-0,190	0,560	-5,263	-5,036	150	-0,151	0,420	-6,623	-7,535
112	-0,189	-0,120	-5,291	-18,416	151	-0,150	-0,260	-6,667	-11,701
113	-0,188	0,600	-5,319	-4,437	152	-0,149	0,560	-6,711	-5,036
114	-0,187	-0,260	-5,348	-11,701	153	-0,148	-0,140	-6,757	-17,077
115	-0,186	-0,140	-5,376	-17,077	154	-0,147	0,320	-6,803	-9,897
116	-0,185	0,520	-5,405	-5,680	155	-0,146	0,440	-6,849	-7,131
117	-0,184	0,460	-5,435	-6,745	156	-0,145	-0,120	-6,897	-18,416

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
157	-0,144	0,620	-6,944	-4,152	196	-0,105	-0,240	-9,524	-12,396
158	-0,143	-0,380	-6,993	-8,404	197	-0,104	-0,140	-9,615	-17,077
159	-0,142	0,400	-7,042	-7,959	198	-0,103	0,520	-9,709	-5,680
160	-0,141	-0,260	-7,092	-11,701	199	-0,102	-0,080	-9,804	-21,938
161	-0,140	-0,380	-7,143	-8,404	200	-0,101	0,600	-9,901	-4,437
162	-0,139	0,520	-7,194	-5,680	201	-0,100	0,460	-10,000	-6,745
163	-0,138	0,520	-7,246	-5,680	202	-0,099	-0,420	-10,101	-7,535
164	-0,137	-0,340	-7,299	-9,370	203	-0,098	-0,260	-10,204	-11,701
165	-0,136	0,440	-7,353	-7,131	204	-0,097	0,460	-10,309	-6,745
166	-0,135	-0,260	-7,407	-11,701	205	-0,096	-0,340	-10,417	-9,370
167	-0,134	-0,220	-7,463	-13,152	206	-0,095	0,380	-10,526	-8,404
168	-0,133	0,500	-7,519	-6,021	207	-0,094	-0,260	-10,638	-11,701
169	-0,132	-0,280	-7,576	-11,057	208	-0,093	0,600	-10,753	-4,437
170	-0,131	0,560	-7,634	-5,036	209	-0,092	-0,220	-10,870	-13,152
171	-0,130	-0,200	-7,692	-13,979	210	-0,091	0,500	-10,989	-6,021
172	-0,129	0,660	-7,752	-3,609	211	-0,090	0,540	-11,111	-5,352
173	-0,128	0,520	-7,813	-5,680	212	-0,089	-0,140	-11,236	-17,077
174	-0,127	-0,120	-7,874	-18,416	213	-0,088	0,460	-11,364	-6,745
175	-0,126	0,380	-7,937	-8,404	214	-0,087	-0,260	-11,494	-11,701
176	-0,125	-0,340	-8,000	-9,370	215	-0,086	0,520	-11,628	-5,680
177	-0,124	-0,200	-8,065	-13,979	216	-0,085	-0,340	-11,765	-9,370
178	-0,123	0,260	-8,130	-11,701	217	-0,084	0,460	-11,905	-6,745
179	-0,122	-0,320	-8,197	-9,897	218	-0,083	-0,380	-12,048	-8,404
180	-0,121	0,400	-8,264	-7,959	219	-0,082	0,500	-12,195	-6,021
181	-0,120	-0,100	-8,333	-20,000	220	-0,081	-0,320	-12,346	-9,897
182	-0,119	0,320	-8,403	-9,897	221	-0,080	0,060	-12,500	-24,437
183	-0,118	-0,060	-8,475	-24,437	222	-0,079	0,380	-12,658	-8,404
184	-0,117	0,600	-8,547	-4,437	223	-0,078	0,280	-12,821	-11,057
185	-0,116	-0,100	-8,621	-20,000	224	-0,077	-0,340	-12,987	-9,370
186	-0,115	0,460	-8,696	-6,745	225	-0,076	0,520	-13,158	-5,680
187	-0,114	-0,160	-8,772	-15,918	226	-0,075	0,060	-13,333	-24,437
188	-0,113	0,300	-8,850	-10,458	227	-0,074	-0,380	-13,514	-8,404
189	-0,112	0,420	-8,929	-7,535	228	-0,073	0,380	-13,699	-8,404
190	-0,111	-0,380	-9,009	-8,404	229	-0,072	-0,200	-13,889	-13,979
191	-0,110	0,300	-9,091	-10,458	230	-0,071	0,640	-14,085	-3,876
192	-0,109	-0,320	-9,174	-9,897	231	-0,070	0,300	-14,286	-10,458
193	-0,108	0,500	-9,259	-6,021	232	-0,069	-0,240	-14,493	-12,396
194	-0,107	-0,280	-9,346	-11,057	233	-0,068	-0,420	-14,706	-7,535
195	-0,106	0,500	-9,434	-6,021	234	-0,067	0,440	-14,925	-7,131

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
235	-0,066	-0,260	-15,152	-11,701	274	-0,027	0,220	-37,037	-13,152
236	-0,065	0,360	-15,385	-8,874	275	-0,026	-0,400	-38,462	-7,959
237	-0,064	-0,020	-15,625	-33,979	276	-0,025	0,240	-40,000	-12,396
238	-0,063	0,500	-15,873	-6,021	277	-0,024	-0,260	-41,667	-11,701
239	-0,062	0,000	-16,129	Sin dato	278	-0,023	0,500	-43,478	-6,021
240	-0,061	0,520	-16,393	-5,680	279	-0,022	0,340	-45,455	-9,370
241	-0,060	-0,280	-16,667	-11,057	280	-0,021	-0,080	-47,619	-21,938
242	-0,059	0,420	-16,949	-7,535	281	-0,020	-0,020	-50,000	-33,979
243	-0,058	-0,340	-17,241	-9,370	282	-0,019	0,600	-52,632	-4,437
244	-0,057	0,500	-17,544	-6,021	283	-0,018	0,560	-55,556	-5,036
245	-0,056	-0,320	-17,857	-9,897	284	-0,017	-0,260	-58,824	-11,701
246	-0,055	0,260	-18,182	-11,701	285	-0,016	0,460	-62,500	-6,745
247	-0,054	0,480	-18,519	-6,375	286	-0,015	-0,400	-66,667	-7,959
248	-0,053	-0,240	-18,868	-12,396	287	-0,014	0,580	-71,429	-4,731
249	-0,052	-0,240	-19,231	-12,396	288	-0,013	-0,220	-76,923	-13,152
250	-0,051	0,480	-19,608	-6,375	289	-0,012	-0,400	-83,333	-7,959
251	-0,050	-0,260	-20,000	-11,701	290	-0,011	0,380	-90,909	-8,404
252	-0,049	0,640	-20,408	-3,876	291	-0,010	0,340	-100,000	-9,370
253	-0,048	-0,060	-20,833	-24,437	292	-0,009	-0,220	-111,111	-13,152
254	-0,047	0,620	-21,277	-4,152	293	-0,008	-0,140	-125,000	-17,077
255	-0,046	-0,140	-21,739	-17,077	294	-0,007	0,460	-142,857	-6,745
256	-0,045	0,360	-22,222	-8,874	295	-0,006	0,600	-166,667	-4,437
257	-0,044	-0,280	-22,727	-11,057	296	-0,005	-0,060	-200,000	-24,437
258	-0,043	0,480	-23,256	-6,375	297	-0,004	-0,200	-250,000	-13,979
259	-0,042	-0,340	-23,810	-9,370	298	-0,003	0,580	-333,333	-4,731
260	-0,041	0,420	-24,390	-7,535	299	-0,002	-0,180	-500,000	-14,895
261	-0,040	0,320	-25,000	-9,897	300	-0,001	0,520	-1000,000	-5,680
262	-0,039	-0,440	-25,641	-7,131	301	0,000	0,460	0,000	-6,745
263	-0,038	-0,220	-26,316	-13,152	302	0,001	-0,380	1000,000	-8,404
264	-0,037	0,480	-27,027	-6,375	303	0,002	-0,420	500,000	-7,535
265	-0,036	-0,120	-27,778	-18,416	304	0,003	0,280	333,333	-11,057
266	-0,035	0,580	-28,571	-4,731	305	0,004	-0,200	250,000	-13,979
267	-0,034	-0,200	-29,412	-13,979	306	0,005	0,460	200,000	-6,745
268	-0,033	0,520	-30,303	-5,680	307	0,006	-0,300	166,667	-10,458
269	-0,032	-0,180	-31,250	-14,895	308	0,007	0,480	142,857	-6,375
270	-0,031	0,380	-32,258	-8,404	309	0,008	0,540	125,000	-5,352
271	-0,030	-0,120	-33,333	-18,416	310	0,009	-0,360	111,111	-8,874
272	-0,029	0,560	-34,483	-5,036	311	0,010	-0,340	100,000	-9,370
273	-0,028	-0,460	-35,714	-6,745	312	0,011	0,440	90,909	-7,131

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
313	0,012	-0,120	83,333	-18,416	352	0,051	-0,080	19,608	-21,938
314	0,013	0,520	76,923	-5,680	353	0,052	0,500	19,231	-6,021
315	0,014	-0,300	71,429	-10,458	354	0,053	-0,140	18,868	-17,077
316	0,015	0,240	66,667	-12,396	355	0,054	0,460	18,519	-6,745
317	0,016	-0,400	62,500	-7,959	356	0,055	-0,340	18,182	-9,370
318	0,017	0,460	58,824	-6,745	357	0,056	0,400	17,857	-7,959
319	0,018	-0,220	55,556	-13,152	358	0,057	-0,260	17,544	-11,701
320	0,019	0,360	52,632	-8,874	359	0,058	-0,200	17,241	-13,979
321	0,020	0,380	50,000	-8,404	360	0,059	0,460	16,949	-6,745
322	0,021	-0,040	47,619	-27,959	361	0,060	-0,280	16,667	-11,057
323	0,022	0,080	45,455	-21,938	362	0,061	0,480	16,393	-6,375
324	0,023	0,460	43,478	-6,745	363	0,062	-0,040	16,129	-27,959
325	0,024	-0,380	41,667	-8,404	364	0,063	0,660	15,873	-3,609
326	0,025	0,460	40,000	-6,745	365	0,064	0,660	15,625	-3,609
327	0,026	-0,140	38,462	-17,077	366	0,065	-0,100	15,385	-20,000
328	0,027	0,520	37,037	-5,680	367	0,066	-0,220	15,152	-13,152
329	0,028	0,200	35,714	-13,979	368	0,067	0,460	14,925	-6,745
330	0,029	-0,360	34,483	-8,874	369	0,068	-0,300	14,706	-10,458
331	0,030	-0,260	33,333	-11,701	370	0,069	0,240	14,493	-12,396
332	0,031	0,460	32,258	-6,745	371	0,070	0,300	14,286	-10,458
333	0,032	-0,040	31,250	-27,959	372	0,071	-0,400	14,085	-7,959
334	0,033	0,340	30,303	-9,370	373	0,072	0,520	13,889	-5,680
335	0,034	-0,200	29,412	-13,979	374	0,073	-0,220	13,699	-13,152
336	0,035	0,580	28,571	-4,731	375	0,074	-0,120	13,514	-18,416
337	0,036	-0,140	27,778	-17,077	376	0,075	0,460	13,333	-6,745
338	0,037	0,640	27,027	-3,876	377	0,076	-0,080	13,158	-21,938
339	0,038	0,520	26,316	-5,680	378	0,077	0,460	12,987	-6,745
340	0,039	-0,220	25,641	-13,152	379	0,078	0,480	12,821	-6,375
341	0,040	0,460	25,000	-6,745	380	0,079	-0,180	12,658	-14,895
342	0,041	-0,340	24,390	-9,370	381	0,080	0,600	12,500	-4,437
343	0,042	-0,140	23,810	-17,077	382	0,081	-0,340	12,346	-9,370
344	0,043	0,340	23,256	-9,370	383	0,082	0,360	12,195	-8,874
345	0,044	-0,280	22,727	-11,057	384	0,083	-0,180	12,048	-14,895
346	0,045	0,300	22,222	-10,458	385	0,084	-0,400	11,905	-7,959
347	0,046	-0,040	21,739	-27,959	386	0,085	0,220	11,765	-13,152
348	0,047	0,400	21,277	-7,959	387	0,086	0,600	11,628	-4,437
349	0,048	-0,160	20,833	-15,918	388	0,087	-0,120	11,494	-18,416
350	0,049	0,380	20,408	-8,404	389	0,088	0,460	11,364	-6,745
351	0,050	0,380	20,000	-8,404	390	0,089	-0,200	11,236	-13,979

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
391	0,090	0,460	11,111	-6,745	430	0,129	0,400	7,752	-7,959
392	0,091	-0,200	10,989	-13,979	431	0,130	-0,200	7,692	-13,979
393	0,092	0,560	10,870	-5,036	432	0,131	0,420	7,634	-7,535
394	0,093	-0,140	10,753	-17,077	433	0,132	0,560	7,576	-5,036
395	0,094	-0,360	10,638	-8,874	434	0,133	-0,440	7,519	-7,131
396	0,095	0,460	10,526	-6,745	435	0,134	-0,320	7,463	-9,897
397	0,096	0,460	10,417	-6,745	436	0,135	0,380	7,407	-8,404
398	0,097	-0,460	10,309	-6,745	437	0,136	0,440	7,353	-7,131
399	0,098	-0,340	10,204	-9,370	438	0,137	-0,400	7,299	-7,959
400	0,099	0,180	10,101	-14,895	439	0,138	-0,240	7,246	-12,396
401	0,100	0,380	10,000	-8,404	440	0,139	0,300	7,194	-10,458
402	0,101	-0,200	9,901	-13,979	441	0,140	-0,340	7,143	-9,370
403	0,102	0,540	9,804	-5,352	442	0,141	0,360	7,092	-8,874
404	0,103	-0,040	9,709	-27,959	443	0,142	-0,240	7,042	-12,396
405	0,104	0,500	9,615	-6,021	444	0,143	0,340	6,993	-9,370
406	0,105	-0,180	9,524	-14,895	445	0,144	-0,120	6,944	-18,416
407	0,106	0,420	9,434	-7,535	446	0,145	0,580	6,897	-4,731
408	0,107	-0,260	9,346	-11,701	447	0,146	0,620	6,849	-4,152
409	0,108	-0,060	9,259	-24,437	448	0,147	-0,040	6,803	-27,959
410	0,109	0,540	9,174	-5,352	449	0,148	-0,120	6,757	-18,416
411	0,110	0,420	9,091	-7,535	450	0,149	0,500	6,711	-6,021
412	0,111	-0,340	9,009	-9,370	451	0,150	0,300	6,667	-10,458
413	0,112	-0,420	8,929	-7,535	452	0,151	-0,320	6,623	-9,897
414	0,113	0,360	8,850	-8,874	453	0,152	-0,220	6,579	-13,152
415	0,114	0,480	8,772	-6,375	454	0,153	0,540	6,536	-5,352
416	0,115	-0,060	8,696	-24,437	455	0,154	-0,320	6,494	-9,897
417	0,116	-0,220	8,621	-13,152	456	0,155	0,340	6,452	-9,370
418	0,117	0,560	8,547	-5,036	457	0,156	-0,260	6,410	-11,701
419	0,118	-0,260	8,475	-11,701	458	0,157	0,340	6,369	-9,370
420	0,119	0,600	8,403	-4,437	459	0,158	0,500	6,329	-6,021
421	0,120	0,480	8,333	-6,375	460	0,159	0,020	6,289	-33,979
422	0,121	-0,120	8,264	-18,416	461	0,160	0,400	6,250	-7,959
423	0,122	0,440	8,197	-7,131	462	0,161	-0,120	6,211	-18,416
424	0,123	-0,280	8,130	-11,057	463	0,162	-0,140	6,173	-17,077
425	0,124	0,280	8,065	-11,057	464	0,163	0,380	6,135	-8,404
426	0,125	-0,300	8,000	-10,458	465	0,164	-0,340	6,098	-9,370
427	0,126	-0,320	7,937	-9,897	466	0,165	0,600	6,061	-4,437
428	0,127	0,580	7,874	-4,731	467	0,166	-0,380	6,024	-8,404
429	0,128	-0,260	7,813	-11,701	468	0,167	0,340	5,988	-9,370

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
469	0,168	-0,120	5,952	-18,416	508	0,207	0,300	4,831	-10,458
470	0,169	0,500	5,917	-6,021	509	0,208	-0,380	4,808	-8,404
471	0,170	-0,160	5,882	-15,918	510	0,209	0,300	4,785	-10,458
472	0,171	0,580	5,848	-4,731	511	0,210	-0,420	4,762	-7,535
473	0,172	-0,240	5,814	-12,396	512	0,211	0,560	4,739	-5,036
474	0,173	0,540	5,780	-5,352	513	0,212	-0,120	4,717	-18,416
475	0,174	-0,220	5,747	-13,152	514	0,213	0,320	4,695	-9,897
476	0,175	0,500	5,714	-6,021	515	0,214	0,420	4,673	-7,535
477	0,176	0,520	5,682	-5,680	516	0,215	-0,120	4,651	-18,416
478	0,177	-0,220	5,650	-13,152	517	0,216	0,460	4,630	-6,745
479	0,178	0,440	5,618	-7,131	518	0,217	-0,340	4,608	-9,370
480	0,179	-0,380	5,587	-8,404	519	0,218	0,560	4,587	-5,036
481	0,180	0,600	5,556	-4,437	520	0,219	-0,160	4,566	-15,918
482	0,181	-0,300	5,525	-10,458	521	0,220	-0,260	4,545	-11,701
483	0,182	-0,260	5,495	-11,701	522	0,221	0,100	4,525	-20,000
484	0,183	0,220	5,464	-13,152	523	0,222	0,260	4,505	-11,701
485	0,184	-0,320	5,435	-9,897	524	0,223	-0,340	4,484	-9,370
486	0,185	0,560	5,405	-5,036	525	0,224	-0,260	4,464	-11,701
487	0,186	-0,120	5,376	-18,416	526	0,225	0,480	4,444	-6,375
488	0,187	0,380	5,348	-8,404	527	0,226	-0,200	4,425	-13,979
489	0,188	0,600	5,319	-4,437	528	0,227	0,600	4,405	-4,437
490	0,189	-0,140	5,291	-17,077	529	0,228	0,560	4,386	-5,036
491	0,190	0,580	5,263	-4,731	530	0,229	-0,160	4,367	-15,918
492	0,191	0,040	5,236	-27,959	531	0,230	0,580	4,348	-4,731
493	0,192	0,480	5,208	-6,375	532	0,231	-0,120	4,329	-18,416
494	0,193	-0,400	5,181	-7,959	533	0,232	0,300	4,310	-10,458
495	0,194	-0,460	5,155	-6,745	534	0,233	-0,400	4,292	-7,959
496	0,195	0,400	5,128	-7,959	535	0,234	-0,300	4,274	-10,458
497	0,196	-0,340	5,102	-9,370	536	0,235	0,300	4,255	-10,458
498	0,197	0,320	5,076	-9,897	537	0,236	-0,400	4,237	-7,959
499	0,198	-0,100	5,051	-20,000	538	0,237	0,300	4,219	-10,458
500	0,199	0,360	5,025	-8,874	539	0,238	0,420	4,202	-7,535
501	0,200	-0,140	5,000	-17,077	540	0,239	-0,140	4,184	-17,077
502	0,201	0,520	4,975	-5,680	541	0,240	0,520	4,167	-5,680
503	0,202	-0,180	4,950	-14,895	542	0,241	-0,200	4,149	-13,979
504	0,203	0,600	4,926	-4,437	543	0,242	0,580	4,132	-4,731
505	0,204	-0,180	4,902	-14,895	544	0,243	-0,060	4,115	-24,437
506	0,205	0,460	4,878	-6,745	545	0,244	-0,160	4,098	-15,918
507	0,206	-0,200	4,854	-13,979	546	0,245	0,420	4,082	-7,535

M	T	V	Hz	BD	M	T	V	Hz	BD
547	0,246	0,160	4,065	-15,918	586	0,285	0,600	3,509	-4,437
548	0,247	-0,220	4,049	-13,152	587	0,286	0,600	3,497	-4,437
549	0,248	0,340	4,032	-9,370	588	0,287	-0,260	3,484	-11,701
550	0,249	-0,440	4,016	-7,131	589	0,288	-0,280	3,472	-11,057
551	0,250	-0,200	4,000	-13,979	590	0,289	0,460	3,460	-6,745
552	0,251	0,480	3,984	-6,375	591	0,290	-0,200	3,448	-13,979
553	0,252	-0,420	3,968	-7,535	592	0,291	0,380	3,436	-8,404
554	0,253	0,580	3,953	-4,731	593	0,292	0,500	3,425	-6,021
555	0,254	0,540	3,937	-5,352	594	0,293	-0,360	3,413	-8,874
556	0,255	-0,080	3,922	-21,938	595	0,294	0,320	3,401	-9,897
557	0,256	-0,060	3,906	-24,437	596	0,295	-0,260	3,390	-11,701
558	0,257	0,360	3,891	-8,874	597	0,296	-0,260	3,378	-11,701
559	0,258	-0,120	3,876	-18,416	598	0,297	-0,260	3,367	-11,701
560	0,259	0,580	3,861	-4,731	599	0,298	-0,260	3,356	-11,701
561	0,260	0,460	3,846	-6,745	600	0,299	-0,260	3,344	-11,701
562	0,261	-0,440	3,831	-7,131					
563	0,262	0,600	3,817	-4,437					
564	0,263	-0,420	3,802	-7,535					
565	0,264	0,400	3,788	-7,959					
566	0,265	-0,360	3,774	-8,874					
567	0,266	-0,140	3,759	-17,077					
568	0,267	0,460	3,745	-6,745					
569	0,268	-0,140	3,731	-17,077					
570	0,269	0,640	3,717	-3,876					
571	0,270	0,620	3,704	-4,152					
572	0,271	-0,260	3,690	-11,701					
573	0,272	-0,240	3,676	-12,396					
574	0,273	0,520	3,663	-5,680					
575	0,274	0,480	3,650	-6,375					
576	0,275	-0,100	3,636	-20,000					
577	0,276	0,600	3,623	-4,437					
578	0,277	-0,340	3,610	-9,370					
579	0,278	-0,400	3,597	-7,959					
580	0,279	0,260	3,584	-11,701					
581	0,280	-0,300	3,571	-10,458					
582	0,281	0,500	3,559	-6,021					
583	0,282	-0,260	3,546	-11,701					
584	0,283	0,560	3,534	-5,036					
585	0,284	-0,240	3,521	-12,396					

Datos del filtro pasa-bajas con frecuencia de corte de 15073 Hertz.

ANEXO 2.
DATASHEET

**LM324, LM324A, LM324E,
LM224, LM2902, LM2902E,
LM2902V, NCV2902**

**Single Supply Quad
Operational Amplifiers**

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

Features

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant



ON Semiconductor®

www.onsemi.com



PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646

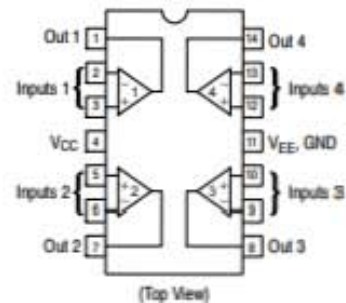


SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.