

300617

37

2ej



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

Incorporada a la U. N. A. M.

**ANALISIS DE LOS CONCEPTOS Y CRITERIOS DESDE  
EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERIA PARA LA  
SELECCION DE COMPONENTES DE AUDIO**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO  
P R E S E N T A

**JORGE ARTURO VERA PATRON**

MEXICO, D. F.

1987

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

## I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	<u>PRINCIPIOS DEL SONIDO</u> 5
	Algunas notas históricas acerca del sonido 5
	NATURALEZA DEL SONIDO
	Definición del sonido 7
	Propagación del sonido 8
	Velocidad del sonido y longitud de onda 9
	Definición de acústica 10
	Características del sonido 11
	Intensidad 12
	Nivel de intensidad 14
	Tono 16
	Tonos subjetivos 17
	Agudeza tonal 18
	Mel 18
	Timbre 19
	Espectro Sonoro 20
	Decibel 21
	El oído y la audición 25
	PRACTICA I
	Características del sonido "Tono" 29

	Página
PRACTICA II	
Características del sonido intensidad	35
PRACTICA III	
Características del sonido "Timbre"	39
SERIE DE PREGUNTAS	43
RESPUESTAS	44
CAPITULO II <u>AMPLIFICADORES Y PREAMPLIFICADORES</u>	48
Generalidades	48
El preamplificador	49
El selector de entradas	49
El conformador de señal	52
CARACTERISTICAS DE LOS AMPLIFICA- DORES, SU INTERPRETACION, CRITE- RIOS DE CALIDAD	
Potencia de salida	53
Potencia continua	53
Potencia musical	54
Potencia DIN	55
Potencia de punta, pico, cresta, instantánea, etc.	55
Respuesta de frecuencia	55
Banda de potencia	56
Relación señal/ruido	56
Nivel de entrada	57
Impedancia de entrada	57

	Página
Nivel de saturación	58
Nivel de salida	59
Márgen de actuación de los controles de graves y agudos	60
Característica de actuación del compensador	61
Actuación de los filtros	61
Distorsión armónica total	62
Distorsión de intermodulación	63
Distorsión de intermodulación transitoria	64
Impedancia de salida	65
Factor de amortiguamiento	65
Tiempo de subida	66
Separación entre canales o diafonía	66
¿Cuánta potencia se precisa en alta fidelidad?	67
Influencia del amplificador en el sistema del sonido	69
PRACTICA	
Preamplificador para pastillas fonocaptoras y ecualización RIAA	72
SERIE DE PREGUNTAS	80
RESPUESTAS	81
CAPITULO III <u>MICROFONOS Y ECUALIZADORES</u>	83
CARACTERISTICAS PRINCIPALES	
Sensibilidad	83

	Página
Fidelidad	85
Directividad	87
Impedancia interna	87
Ruido	88
Clases de micrófonos	89
Micrófonos omnidireccionales	90
Micrófonos bidireccionales	90
Micrófonos unidireccionales	91
Micrófono de bobina móvil	92
Micrófono de cinta	94
Micrófono de capacidad	95
Micrófono electret	96
OTROS TIPOS DE MICROFONOS	
Micrófono de cristal	98
Micrófono cerámicos	98
Micrófonos electromagnéticos	99
Micrófonos de carbón	100
ECUALIZADORES	102
Filtros de paso alto y paso bajo	103
Ecu <sup>l</sup> izadores de alta y baja fre <sup>u</sup> encia	104
Ecu <sup>l</sup> izadores de frecuencia me <sup>d</sup> ia. Q de un ecu <sup>l</sup> izador	105
Ecu <sup>l</sup> izadores seleccionables	105
Ecu <sup>l</sup> izadores grá <sup>f</sup> icos	106
Ecu <sup>l</sup> izadores paramé <sup>t</sup> ricos	107

	Página
Filtro de banda estrecha	107
Filtro subsónicos	108
Condiciones de actuación sobre los ecualizadores y filtros	108
Ecualizadores especiales	111
PRACTICA	
Ganancia, atenuación y ancho de banda. Medición del factor Q de una banda de un ecualizador gráfico	113
SERIE DE PREGUNTAS	118
RESPUESTAS	119
CAPITULO IV <u>GRABADORAS A CASSETTE</u>	122
Fundamentos de la grabación magnética	122
El proceso de registro	127
Predisposición (BIAS)	130
Ecualización	134
LA GRABADORA A CASSETTE	
Particularidades	137
SERIE DE PREGUNTAS	145
RESPUESTAS	146
CAPITULO V <u>INTRODUCCION AL AUDIO DIGITAL</u>	147
Audio digital contra audio analógico	147
Análogo contra digital	148
El sistema binario	149
¿Por qué el sistema binario?	150

	Página
Otro tipo de interruptores binarios	151
Bits	151
Convirtiendo análogo a digital	152
Tasas de muestreo	154
Cuantizado	155
El disco digital	155
SEGUIMIENTOS	
Seguimiento óptico	156
Grabación digital	157
Grabación digital en cinta	158
Código de modulación por pulsos	160
El disco digital	160
El disco compacto	162
Separación de sonidos estereo	164
Relación señal ruido	164
Integración	165
ESPECIFICACIONES PARA UN DISCO COMPACTO	
Alcances de la operación de audio	166
Formato de la señal	166
Formato de la escritura	167
Corrección de error	167
Disco	168
Estilo óptico	168
Grabación rígida a velocidad media	169



	Página
SERIE DE PREGUNTAS	171
RESPUESTAS	172
CONCLUSIONES	174
BIBLIOGRAFIA	176

## I N T R O D U C C I O N

El objeto de esta tesis es servir de referencia a todas aquellas personas relacionadas directa o indirectamente con el audio y la acústica, así como también a los que gustan introducirse a este vasto tema por medio de conceptos, análisis y criterios para una mejor selección de equipo de audio.

Sin embargo, este trabajo no pretende ser un manual en el que se encuentren englobados todos los conceptos y criterios posibles para la selección de componentes de audio Hi/Fi, tampoco intenta hacer un resumen de los puntos de mayor interés o los que se pueden considerarse de mejor utilidad, que puedan en un momento dado proporcionar las herramientas para poder tomar una decisión.

Se trata solamente de un análisis y evaluación de algunos equipos de audio, utilizando criterios establecidos y definiendo otros con la ayuda de los propios métodos establecidos por la ingeniería en Audio.

Es por ésto que en una forma sencilla y clara se pretende hacer notar al lector las ventajas y desventajas que puede haber en una correcta selección de un equipo de audio, sabiendo interpretar las especificaciones del mismo

así como también conociendo las diferentes formas (modalidades) del mismo.

De esta manera, el Capítulo I se enfoca en su totalidad a definiciones, notas históricas y fenómenos físicos relacionados con el sonido, para que así se logre entender la naturaleza del mismo. Se manejan también, algunos términos y formas de medida, ya que éstos nos permitirán entender la terminología adecuada en los capítulos posteriores. Se hace también, un estudio breve del sonido desde el punto de vista fisiológico (oído), así como también de algunos fenómenos relacionados con el mismo.

El componente más importante en una cadena de audio es el amplificador. El Capítulo II maneja las características, su interpretación y los criterios de calidad que deben por lo menos tenerse en cuenta para elegir un equipo de éstos de acuerdo a nuestras necesidades.

En el Capítulo III se muestran las características principales de los micrófonos, tomando en cuenta primeramente desde el punto de vista Hi-Fi, así como también otro tipo de micrófonos. Se analizan tipos de ecualizadores y se mencionan algunos criterios generalizados sobre la actuación de los mismos.

Los fundamentos para la grabación en cinta magnética se definen en el Capítulo IV, pretendiendo primero entender los fenómenos magnéticos que se realizan en ella. Se tocan también temas importantes como es el proceso de registro, la predisposición (bñas), así como las particularidades que presentan este tipo de equipos.

Por último, en el Capítulo V se da una introducción al principio del audio digital y se hacen notar las ventajas y desventajas que representa frente al audio analógico.

Como reforzamiento a un adecuado aprendizaje, así como también a un mejor criterio desarrollado, al final de cada capítulo se presentan una serie de preguntas y respuestas sobre los temas tratados, entendiéndose de antemano que dichas encuestas no engloban por completo lo desarrollado. El lector de esta tesis tendrá el criterio para desarrollar el tema de su agrado con ayuda de la bibliografía presentada.

En los primeros tres capítulos, se manejan una serie de prácticas de laboratorio que pretenden hacer entender de una forma más objetiva los fenómenos relacionados con el sonido y el audio, no siendo la intención de ésta tesis. Estas prácticas son de reforzamiento únicamente y

la forma en que están desarrolladas no es el único camino para la realización de éstas. Es de notarse que las personas que realicen estas prácticas, deberán tener conocimiento de manejo de equipo de laboratorio.

C A P I T U L O I

**PRINCIPIOS DEL SONIDO**

## PRINCIPIOS DEL SONIDO.

### Algunas notas históricas acerca del sonido.

Se dice que el famoso Pitágoras de Samos, en el siglo VI A.C., estudió el sonido que produce una cuerda al vibrar y encontró que mientras más amplia es la vibración, más intenso es el sonido; que si la vibración se detiene, el sonido cesa, y que si la cuerda es más corta, la vibración es más rápida y el sonido es más agudo.

En el siglo IV A.C., Arquitas de Tarento llevó a cabo observaciones sobre el sonido producido por las flautas; Aristóteles tuvo la idea de que al vibrar un cuerpo, éste golpea el aire que está cerca de él; que el aire golpeado empuja al que está en la región vecina, y así sucesivamente. En el siglo I A.C., el arquitecto romano Vitruvio pensó que el aire que rodea a un cuerpo vibrante, también vibra y que esta vibración es la que oímos como sonido. Alrededor del año 500 D.C., el filósofo Severino Boecio comparó la propagación del sonido con la de las ondas en el agua.

Los estudios modernos sobre el sonido arrancan -- con Galileo (1564-1642) y con los franceses Marin Mersenne (1588-1648) y Pierre Gassendi (1592-1655) en el siglo XVII.

Galileo encontró que el tono del sonido está relacionado con la frecuencia de vibración del objeto que lo produce; Meressene fue el primero que midió la velocidad de propagación del sonido en el aire, y Gassendi trabajó en el mismo problema. Robert Hooke (1635-1703), unos años más tarde, pudo producir sonidos de una frecuencia dada. Joseph Sauveur (1653-1716) realizó experimentos con cuerdas y con tubos de órganos e inventó la palabra Acústica.

D. Bernoulli (1700-1783), J.L. Lagrange (1736-1813) y S. Poisson (1781-1840), entre otros, desarrollaron el tratamiento matemático de las vibraciones y de la propagación del sonido. En 1816, P. S. de Laplace (1749-1827) pudo calcular teóricamente la velocidad del sonido en un gas. En 1827 se pudo medir por primera vez la velocidad del sonido en el agua; el experimento fue realizado en el Lago de Ginebra.

En la segunda mitad del siglo XIX se desarrolló enormemente la ciencia y la tecnología del sonido.

H. Helmholtz (1821-1894) estudió a fondo la física y la fisiología del sonido y proporcionó una base física al estudio de la música. Lord Rayleigh (1842-1919) sistematizó todo el conocimiento anterior sobre la acústica.



ca y le dio un gran desarrollo formal. La tecnología - - acústica se benefició del desarrollo del electromagnetismo e hizo posible que en 1876 A.G. Bell inventara el teléfono, y que en 1877 T.A. Edison inventara el fonógrafo; los experimentos de H. Hertz, en 1887, sentaron las bases del radio y de la televisión.

A principios del siglo XX, C. Sabine inició los estudios de la arquitectura acústica; más recientemente se ha desarrollado el sonar, los ultrasonidos, los equipos de alta fidelidad y la frecuencia modulada, los estereofónicos, los cuadrafónicos, aparatos para sordera y la grabación y reproducción digital.

## NATURALEZA DEL SONIDO.

### Definición del Sonido.

El sonido según la física es una vibración mecánica capaz de producir una sensación auditiva y según la acústica fisiológica es la sensación auditiva producida por una vibración de carácter mecánico. La primera definición se refiere al sonido como estímulo físico y la segunda como sensación. Así es que, cualquier cuerpo sometido a una vibración, produce un desplazamiento ondular del aire que lo rodea.

La energía mecánica creadora de la vibración del cuerpo se transforma en energía acústica susceptible de ser percibida por el oído.

### Propagación del Sonido.

Para que la vibración transformada en energía acústica sea susceptible al oído, es necesario se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Que el cuerpo sometido sea elástico, es decir, que rompa con la inercia y regrese a su estado original. La vibración sonora es una oscilación o movimiento de vaivén de las partículas de los cuerpos elásticos y densos alrededor de su posición de reposo. En el caso del aire, es un movimiento molecular. A nivel macroscópico, es una variación alternativa de la presión atmosférica,
  
- b) Que exista un medio para la propagación del sonido. En el vacío el sonido no puede propagarse.

### Velocidad del sonido y longitud de onda.

La velocidad del sonido depende según el medio en que se propague, y la temperatura.

Después de varios experimentos se llegó a la conclusión, que la velocidad del sonido en el aire, a cualquier frecuencia, es aproximadamente de 343.3 metros por segundo a 20° C.

A continuación se muestran algunas velocidades en diferentes medios de propagación y a diferentes temperaturas.

- Caucho: 50 m/s
- Agua a 15° C: 1.450 m/s
- Fundición: 3.4 m/s
- Acero: 5.100 m/s
- Acero a 0° C: 330 m/s
- Aire a 20° C: 343.3 m/s

La velocidad variará ligeramente con la temperatura, aumentando alrededor de 3.3 m/s por cada 5° C.

La longitud de onda del sonido en el aire es:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

donde:

$\lambda$  = Longitud de onda.

V = Velocidad del sonido en el aire a 20° C.

f = Frecuencia en Herzios.

### Definición de Acústica.

Existen varias definiciones pero todas coinciden en lo mismo;

Acústica es la física del sonido, es decir; trata fundamentalmente de las vibraciones, de su producción, -- propagación y detección, es una ciencia multidisciplinaria; en efecto:

- La acústica fisiológica y la sicoacústica, estudian las características y el comportamiento -- del oído humano y de las cuerdas vocales, las -- reacciones del hombre con respecto al estímulo sonoro y los criterios sicoacústicos para la -- ponderación de la sonoridad y nocividad del sonido. (Sonometría).
- La electroacústica, trata especialmente del diseño de los transductores electromecánicos, de

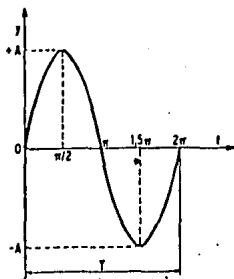
las técnicas de conversión mutua de la energía eléctrica en mecánica y de los sistemas de registro y reproducción del sonido.

- La acústica arquitectónica, trata específicamente de la absorción y aislamiento del sonido en los edificios, de la prevención del eco y de la reverberación controlada en los auditorios y salas de música.
  
- La acústica musical, estudia las leyes de las combinaciones armónicas de las vibraciones sonoras producidas por generadores mecánicos y electrónicos.

### Características del Sonido.

Primeramente definamos qué es un sonido puro.

Un sonido puro está representado por una senoide de amplitud  $A$  y periodo  $T$ , como se ve en la figura 1, -- pero en realidad, los sonidos producidos cotidianamente como son: la voz humana, instrumentos musicales, el -- claxon de un automóvil, etc., son sonidos compuestos, -- constituidos por la superposición de varios puros con ciertos ángulos de defase entre sí, llamados Armónicos.



**FIG. 1.-** Un tono puro está representado por una senoide.

Las magnitudes de cada armónico son variables pero las frecuencias son siempre múltiplos enteros de la funda mental.

La frecuencia fundamental es el armónico 1; la -- del armónico 2 es doble de la fundamental; la del armónico 3 es triple, y así sucesivamente. La curva resultante de la superposición de los armónicos se llama oscilograma del sonido.

### Intensidad.

Unos autores definen el término intensidad relacionado directamente la energía, otros la amplitud, otros potencia, pero, todos tienen puntos en común.

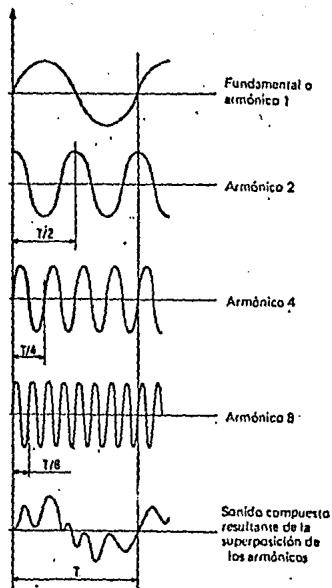


FIG. 2.- Ejemplo de un sonido compuesto.

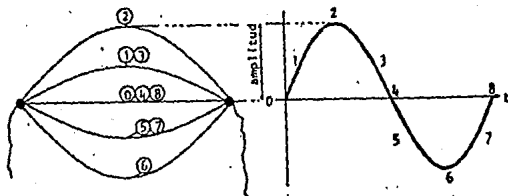


FIG. 3.- La señal eléctrica debe seguir los cambios instantáneos de amplitud de la señal acústica de la que se deriva.

Una forma muy simple de definir intensidad es la siguiente:

Desde el punto de vista puramente geométrico, lo que se propaga en un movimiento ondulatorio es la forma de onda, y su intensidad sería la amplitud, como se muestra en la figura 3.

Sin embargo, desde el punto de vista físico, se propaga algo más en una onda, y es la energía. En este caso su intensidad sería la cantidad media de energía -- transportada por la onda, por unidad de superficie y por unidad de tiempo. Más brevemente, la intensidad es la potencia media transportada.

#### Nivel de Intensidad.

Debido al gran intervalo de intensidades para -- las cuales es sensible el oído, es más conveniente utilizar una escala logarítmica que una escala natural. De acuerdo con ésto se define el nivel de intensidad de una onda sonora por la ecuación,

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0},$$

siendo  $I_0$  una intensidad de referencia que se toma igual



a  $10^{-16}$  W/cm<sup>2</sup> (W = watts), y que corresponde aproximadamente al sonido más débil que puede oírse.

Los niveles de intensidad se expresan en decibelios, abreviadamente db, (más adelante se hablará del decibel).

A continuación se muestra una tabla con algunos niveles de intensidad de ruidos de origen diverso.

#### T A B L A I

Niveles de intensidad de algunos ruidos de origen diverso  
(valores típicos)

Origen o descripción del ruido	Nivel de Intensidad dB
Umbral de la sensación desagradable	120
Máquina remachadora	95
Tren elevado	90
Calle de mucho tráfico	70
Conversación ordinaria	65
Automóvil en marcha moderada	50
Radio funcionando moderadamente en casa	40
Conversación en voz baja	20
Murmullo de las hojas	10
Umbral de la sensación sonora	0

Tono.

Existen varias definiciones de tono, por ejemplo.

- a) Es la sensación de frecuencia que nos permite ordenar los sonidos en una escala que va de graves a agudos.
- b) El tono está determinado principalmente por la frecuencia del sonido fundamental.
- c) El tono depende de la velocidad de vibraciones del cuerpo generador del sonido.

Con estas definiciones podemos ordenar y enlazar una definición más completa, que sería;

La sensación de la velocidad de vibración de un cuerpo generador que nos permite ordenar los sonidos en una escala que va de graves a agudos y está determinado principalmente por la frecuencia del sonido fundamental.

El tono depende principalmente de la frecuencia, sin embargo, no es independiente de la intensidad; cuando la intensidad de un sonido puro aumenta, el tono percibido puede aumentar o disminuir, dependiendo ésto de su fre

cuencia original. Por ejemplo, el tono para 200 Hz decrece si la intensidad aumenta. Esto sucede para todas las frecuencias abajo de 1000 Hz. Entre frecuencias de 1000 y 3000 Hz, el tono es relativamente independiente de la intensidad. Al aumentar la intensidad para frecuencias arriba de 4000 Hz, se eleva el tono.

Estos resultados se obtienen con sonidos puros y no deben ser confundidos con los sonidos complejos (armónicos) que obtenemos en la música o cualquier otro sonido no puro.

A causa de su estructura tonal compleja, los instrumentos musicales producen tonos marcadamente estables a pesar de las diferencias de intensidad. Esto se debe a un fenómeno relacionado con los tonos subjetivos.

### Tonos Subjetivos.

Cuando se toca un sonido complejo que consiste en frecuencia de 700, 800, 900 y 1000 Hz, Fletcher muestra que, para este sonido complejo, la mayoría de la gente escucha el mismo tono que el producido por una frecuencia de 100 Hz. Una posibilidad es que el oído escuche el tono debido a la diferencia de frecuencia ( $1000 - 900 = 100$ ).

Esto sugiere que el oído puede reaccionar a múltiplos del fundamental.

Aún cuando los radios sencillos, baratos y pequeños generalmente tienen parlantes incapaces de producir frecuencias menores de 120 Hz, son todavía capaces de transmitir al oyente una sensación tonal correspondiente a 60 Hz por un sonido complejo de 60, 120, 180, 240, 300 Hz, etc.

Un ejemplo más claro sería:

Si se tocan 2 instrumentos musicales simultáneamente y con gran intensidad, uno de una frecuencia de 262 Hz y otro con 392 Hz es posible oír un tono de 130 Hz. --  
( $392 - 262 = 130$ ).

### Agudeza tonal.

Es la habilidad para reconocer las diferencias de tono.

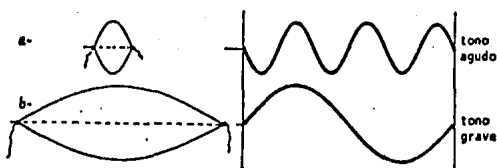
La unidad de valoración del tono es el mel.

### MEL.

El mel es una unidad de altura de tono. Un tono

de 1000 Hz a un nivel de 40 dB por encima del umbral de escucha es igual a 1000 melos.

La escala del mel de altura de tono es logarítmica por encima de 1000 Hz y aproximadamente lineal por debajo de 1000 Hz.



**FIG. 4.-** El tono depende de la velocidad de vibración del cuerpo que produce el sonido.

### Timbre.

El timbre es la característica que permite identificar los diferentes sonidos, es decir, es el contenido armónico de un sonido en particular.

El timbre depende de la forma de vibrar del elemento emisor del sonido y es totalmente independiente del tono y la intensidad, (ver figura 5).

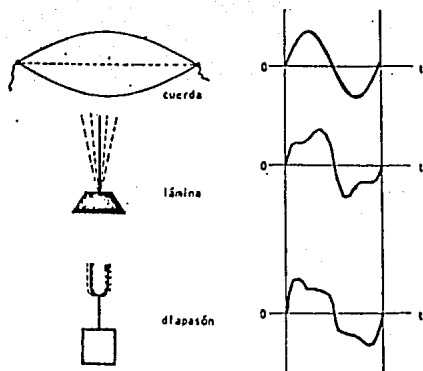


FIG. 5.- Tres timbres distintos con frecuencias - y amplitud iguales.

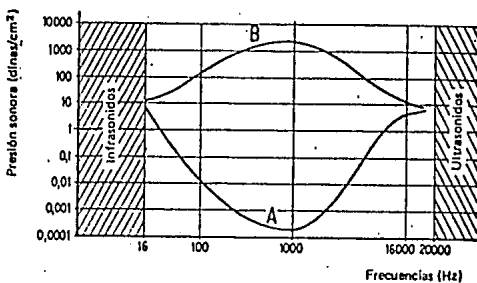
### Espectro Sonoro.

Llamado también espectro de frecuencias audibles o espectro audible. El oído percibe los sonidos cuyas -- frecuencias van de 16 a 20,000 Hz aproximadamente.

Existen otros sonidos que son inaudibles para el oído humano:

- Los infrasonidos, inferiores a 16Hz.
- Los ultrasonidos, superiores a 20,000 Hz.

Por otra parte, el oído no percibe todo el espectro sonoro con la misma facilidad; su sensibilidad varía con la frecuencia y la presión sonora (intensidad).



**FIG. 6.-** Curva de sensibilidad del oído. Curva A: Umbral de Audición. Curva B: Umbral del dolor.

### DECIBEL.

Como sabemos, debido a la gran variedad de sonidos y a la no linealidad del oído para la percepción de los mismos, se ha tomado como estándar una escala logarítmica.

La unidad de valoración de dicha escala es el decibel. Al principio se definió como beles, sin embargo, esta unidad resultó ser demasiado grande y se adoptó el decibel (décima parte de un bel).

El decibel expresa la relación entre dos energías

$$\text{dB} = 10 \text{ Log } \frac{P}{P_0}$$

Originalmente, se pretendía que el decibel representara la diferencia más pequeña en la intensidad del sonido que fuera perceptible para el oído. Sin embargo, esta relación se emplea para comparar niveles de señal que tengan una relación más o menos fija, aunque las señales mismas puedan variar. Así, con frecuencia se expresa en decibeles la ganancia de un amplificador, atenuación en un filtro, etc.

También se usa el decibel para expresar un nivel absoluto, como la salida de un micrófono o de una pastilla fonográfica en ciertas circunstancias, el nivel de ruido de fondo en una habitación, etc. En este caso, el nivel absoluto se compara con un nivel convencional de referencia, al que se da el nombre de "Cero dB".

Como hemos visto la unidad decibel se puede emplear para fines muy diversos y dependerá de la referencia de energía P que se utilice.

Esta energía P a su vez, está relacionada con una resistencia y voltaje dado.

Por ejemplo:

Los dBm es la abreviatura de "decibeles sobre 1 milivatio".



Su referencia es:

Nivel de potencia	Resistencia de carga	Nivel de voltaje
0.001 W	600 ohmios	0.775 V

y de los dB es la abreviatura de "decibeles sobre seis milivattios".

Su referencia es:

Nivel de potencia	Resistencia de carga	Nivel de voltaje
0.006 W	500 ohmios	1.73 V

Es interesante hacer notar que existe una diferencia de 7.78 dB entre los dos sistemas, sin embargo, los dos pueden ser utilizados para un mismo fin.

Podemos decir que un amplificador tiene una ganancia de 40 dBm ó 32.2 dB.

Anteriormente habíamos hablado que el nivel de intensidad se podía expresar en decibeles y recordemos que tomaba una referencia de  $10^{-16} \text{ W/cm}^2$ .

Esta referencia se tomó debido a que esta intensidad sonora era la más débil de ser percibida por el oído. Por lo tanto, los niveles de intensidad están expresando

niveles absolutos comparados con "Cero dB".

Concluyendo podemos decir que el decibel es la relación logarítmica de dos energías contenidas en una señal; que existen formas derivadas del concepto más sencillo de decibel y dependen de los niveles de referencia y, que pueden ser utilizados dependiendo cada caso en particular.

A continuación se presenta la terminología utilizada en las industrias del sonido las cuales están estandarizadas por la Bell Laboratories.

- \* dB referencia 6 milivatios, 1.73 voltios, 500 ohmios
- dBa medidas de ruido (dadas en dB)
- dBj referencia 1000 microvoltios
- dBk referencia 1 kilovatio
- \* dBm referencia 1 milivatio, 0,733 voltios, 600 ohmios
- dBu referencia 1 microvoltio
- dBv referencia 1 voltio
- dBw referencia 1 vatio
- dBx medidas de diafonía
- dMrp decibelios sobre la potencia acústica de referencia,  $10^{-16}$  vatios.
- dBm relación de ruido a un nivel de referencia
- dBrc medidas de diafonía

dBvg decibelios de ganancia de tensión

\* VU referencia 1 milivatio; formas de onda complejas variables en amplitud y frecuencia

\*Terminología más utilizada en laboratorios.

A continuación tenemos un gráfico representativo de la diferencia en decibelios entre los niveles de referencia de potencia de 1, 6 y 12.5 milivatios.

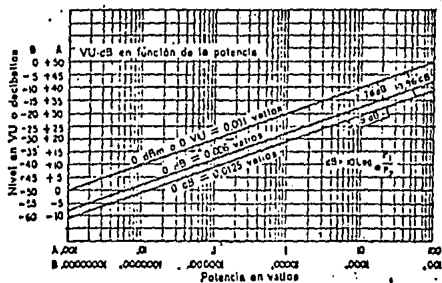
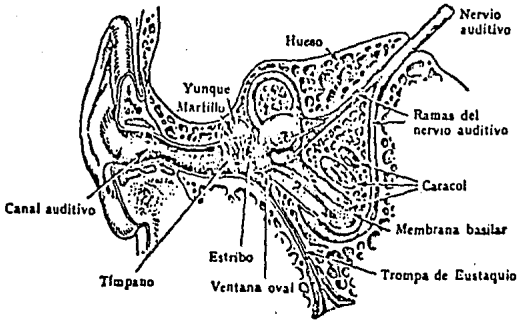


FIG. 7.- Gráfico representativo de diferencia en decibelios entre distintos niveles.

### El Oído y la Audición.

La figura 8 es una sección semiesquemática del odo derecho. El tamaño del oído interno ha sido exagerado para poder mostrar los detalles.



**FIG. 8.-** Sección Semiesquemática del oído derecho.

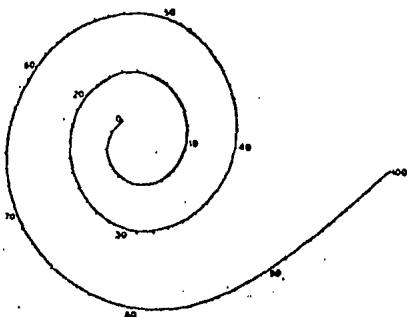
Las ondas sonoras que penetran por el conducto auditivo actúan sobre el tímpano, y una cadena de tres huesecillos, martillo, yunque y estribo, transmite las vibraciones a la ventana oval. La ventana oval a su vez, las transmite al oído interno, el cual está lleno de un líquido.

Las terminaciones del nervio auditivo, de las - - cuales hay aproximadamente 30,000 en cada oído, están distribuidas a lo largo de la membrana basilar que divide el conducto espiral o caracol en dos conductos. Las terminaciones nerviosas ocupan realmente un área que sólo tiene 30mm de longitud y 1/3 de mm de anchura.

El Doctor Harvey Fletcher, de Bell Telephone - -

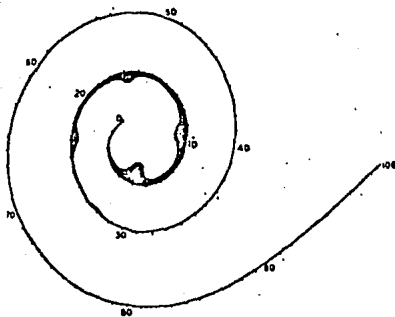
Laboratories, ha trabajado mucho en los últimos años sobre el proceso por el cual las ondas sonoras asentadas en el caracol son recogidas por las terminaciones nerviosas. Para representar el proceso gráficamente, se ha dibujado el caracol como una espiral convencional (figura 9). Cada división colocada a lo largo de la espiral se refiere a un paquete que contiene el 1% de las terminaciones nerviosas.

(300 terminaciones, aproximadamente).



**FIG. 9.-** Esquema Convencional del Caracol.

La anchura de la cinta negra de la figura 10, - - muestra la extensión en la cual son estimulados los correspondientes paquetes de nervios para una frecuencia de 200 ciclos y un nivel de intensidad de 90 dB. Los esquemas de esta clase se denominan diagramas auditivos.



**FIG. 10.**- Diagrama auditivo para un sonido puro correspondiente a 200 ciclos y un nivel de intensidad de 90 db.

Aunque la respuesta del oído a un tono puro no está localizada en un punto determinado, las notas de frecuencia más baja estimulan principalmente los paquetes -- próximos a la porción interna del caracol, y viceversa.

SERIE DE PRACTICAS

## PRINCIPIOS DEL SONIDO

NOTA: Estas prácticas, así como también las de los capítulos subsecuentes, están diseñadas para orientar sobre el procedimiento que se debe llevar hacia la comprobación de la teoría.

Las personas que sigan estas prácticas, deben saber usar los diferentes equipos de medición del laboratorio. En estas series de prácticas aparecerán algunas sugerencias, pero no es el único camino para su realización.

Práctica I.

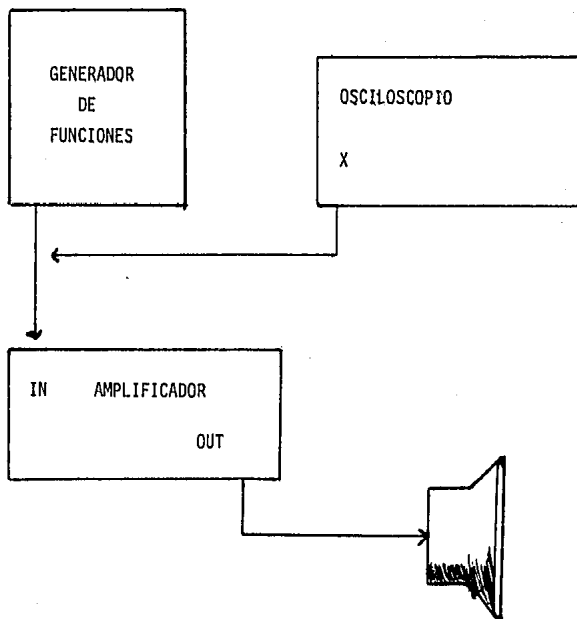
## Característica del sonido "Tono"

Objetivo:

- Reconocer que el tono de un sonido está relacionado principalmente con la frecuencia de la onda sonora correspondiente.
  
- Identificar los límites de la frecuencia audible.

Equipo:

- Un generador de funciones.
- Un osciloscopio.
- Un amplificador de audio.
- Un altavoz.

Diagrama de conexiones:



### Procedimiento:

Primeramente procedemos a generar una señal senoidal de 20 mv pico a pico y a una frecuencia de 1 KHz.

Para tener mayor precisión en el voltaje y la frecuencia de la onda generada, con el osciloscopio podemos comprobarlo. Ponemos una escala adecuada de voltaje - - (10 mv/Div), y otra de tiempo, (20 ms/Div).

Hay que recordar que antes de emplear el osciloscopio para cualquier medición es necesario ajustar la línea al centro (horizontal y vertical), para así poder tomar mejor referencia de voltaje y de tiempo. Esto se logra apretando el botón de ground (tierra) y moviendo los controles de referencia horizontal y vertical hasta centrar nuestra línea.

Ya generada la señal se procede a conectar el - - equipo (como se muestra en el diagrama de conexiones), la salida del generador de funciones se conecta a una entrada del amplificador. El osciloscopio debe de estar conectado al generador de funciones.

Por último se conecta el altavoz al amplificador.

Teniendo listo nuestro equipo (debe de tenerse mucho cuidado en las conexiones del equipo), seguiremos los pasos siguientes:

1. Variar la frecuencia paulatinamente de 1 KHz a 20 KHz y disminuirla hasta 20 Hz.
2. Cuando estemos variando la frecuencia es necesario ir variando también la escala de tiempo en el osciloscopio, para poder observar el periodo de la señal.

¿Qué sucede cuando hacemos estas variaciones de frecuencia?

¿Qué relación hay entre la frecuencia y el sonido percibido?

Ahora bien, para determinar el rango de frecuencia audible haremos lo siguiente:

1. Un oyente se postrará en dirección al altavoz y se procederá a variar la frecuencia de 20 Hz a 20 KHz.
2. El oyente indicará cuando empiece a percibir -

sonido y cuando lo deje de percibir.

3. Se recomienda hacer esta prueba con diferentes personas y escribir los resultados en un cuadro comparativo.

Esto es, debido a que la sensibilidad del oído para percibir sonidos es diferente para las -- personas.

4. Teniendo listo nuestro cuadro comparativo, se saca la media cuando se empezaron a percibir - sonidos, así como cuando se dejó de percibir-- los.

¿Qué rango de frecuencia audible se obtuvo?

¿Cómo podemos llamar el rango por debajo y encima de lo percibido?

### Conclusiones:

Con esta práctica podemos comprobar que la característica del sonido "Tono" depende principalmente de la frecuencia de la señal que emite dicho sonido.

Hay que tomar en cuenta que esta práctica se realizó con una señal pura (fundamental), para el caso de diferentes fuentes de sonido diverso, el tono dependerá - - prácticamente de la frecuencia de la fundamental y no de sus armónicos.

Cuando la frecuencia disminuye, la percepción del sonido es en un tono bajo y viceversa.

Podemos observar, que en la media obtenida de frecuencia audible, el rango se encuentra aproximadamente de 30 Hz a 17.5 KHz, pero para cuestiones generales se ha estandarizado dicho rango de 20 Hz a 20 KHz, debido a la -- gran cantidad de personas que pueden oír sonidos de 20 Hz y 20 KHz.

La frecuencia por debajo de 20 Hz, son llamadas - frecuencias infrasónicas o sonidos infrasónicos (varios - autores lo llaman también subsonidos), y las frecuencias por arriba de 20 KHz, son llamadas frecuencias supersónicas o sonidos supersónicos.

Práctica II

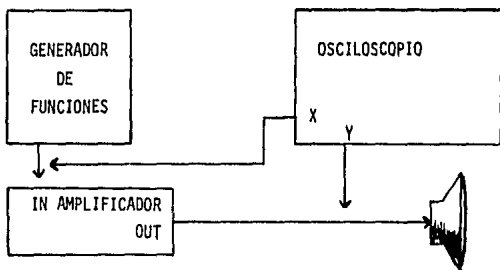
## Característica del sonido "Intensidad"

Objetivo:

- Comprobar que la intensidad de un sonido depende de la amplitud de la señal generadora del sonido.
- Verificar la relación que existe entre la intensidad y tono de un sonido.

Equipo:

- Un generador de funciones
- Un osciloscopio
- Un amplificador de Audio
- Un altavoz

Diagrama de conexiones:

Procedimiento:

Para la realización de esta práctica se procederá primeramente a generar una señal senoidal de 20 mV pico a pico como se hizo en la práctica I de este capítulo.

Recordemos que cuando definimos intensidad la llamamos cantidad media de energía y esto se tratará de --comprobarse experimentalmente.

Generada nuestra señal y a una frecuencia de 1 KHz (frecuencia estandarizada para mediciones en acústica), conectamos el equipo como lo muestra el diagrama de conexiones.

Obsérvese que la forma de conexión es similar al de la práctica I con la modalidad de que ahora conectaremos los dos canales del osciloscopio, un canal a la entrada del amplificador (donde es conectado el generador de funciones) y el otro canal a la salida del amplificador (donde es conectado el altavoz). Esto es, para poder observar nuestra señal de entrada, así como nuestra señal de salida.

Ahora bien, se procederá a dejar la frecuencia -- constante e ir variando el volumen del amplificador (dán-

dole ganancia y/o atenuación).

¿Qué es lo que sucede?

¿Cómo difiere la señal de entrada con la señal de salida?

¿Tenemos variación en frecuencia y/o en voltaje?

Observamos que existe un cambio en el voltaje de la señal de salida (amplitud) con respecto a la señal de entrada, sabemos también que el voltaje es directamente proporcional a la potencia (energía), por ende, si el voltaje aumenta la potencia también aumentará.

La sensación percibida por el oído es que al aumentar el volumen, el sonido es más fuerte y al disminuir lo el sonido es más débil.

Procedamos ahora con el segundo objetivo de nuestra práctica.

Para ésto, en nuestro generador de frecuencias variaremos la frecuencia de 1 KHz hasta llevarla a 300 Hz - donde la dejaremos fija, y procedemos a subir el volumen.

¿Cómo varía el tono?

¿Por qué sucede esto si nuestra frecuencia está fija?

Ahora vamos a fijar nuestra frecuencia en 5 KHz y procedamos de igual manera.

¿Por qué vuelve a variar el tono si nuestra frecuencia es fija?

### Conclusiones:

Comprobamos que la intensidad (volumen) está relacionada directamente con la cantidad de energía suministrada a nuestro altavoz.

Para frecuencias abajo de 1 KHz, si aumentamos el volumen (manteniendo fija la frecuencia) existe un fenómeno físico, el cual nos crea que la sensación percibida -- del tono, disminuye.

Para frecuencias arriba de 4 KHz, el tono aumenta.



PRACTICA III

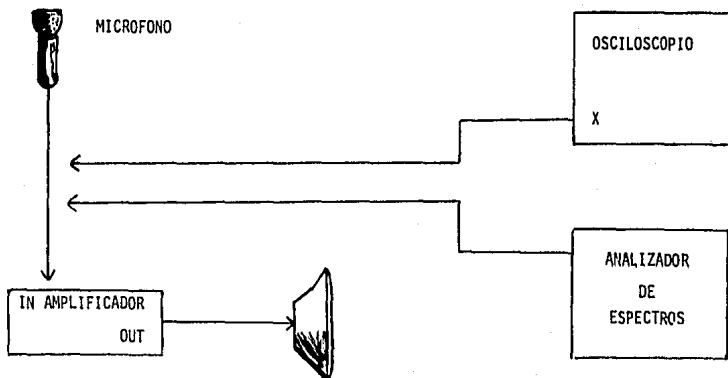
## Característica del sonido "Timbre"

Objetivo:

- Verificar que el timbre de un sonido dependa del contenido armónico de la señal emittora.

Equipo:

- Micrófono
- Amplificador de Audio
- Analizador de espectros
- Altavoz
- Osciloscopio
- Guitarra
- Flauta dulce

Diagrama de conexiones:

Procedimiento:

Primeramente vamos a conectar el equipo como lo muestra el diagrama de conexiones.

Para utilizar el analizador de espectros, se sugiere ajustar el aparato de la siguiente forma;

- Sin ganancia en decibeles
- Sensibilidad de 0.2 mV
- Tiempo de barrido de 0.2 de segundo
- El Span (división de frecuencia) en 1 KHz

El osciloscopio se recomienda utilizarlo en - - -  
1 volt/Div y 1 ms/Div.

Conectado nuestro equipo procederemos de la forma siguiente:

Varias personas hablarán por el micrófono y se observará el contenido armónico en el analizador de espectros de una señal no pura.

Con el osciloscopio comprobamos que nuestra señal no es pura, es decir, no tiene una onda senoidal definida.

Para poder comprender mejor el objetivo de nuestra práctica, podemos hacer lo siguiente:

Se utilizará una guitarra y una flauta dulce. La guitarra y la flauta deben de estar afinadas al mismo tono.

Con la guitarra daremos un tono de "La mayor" y observaremos su espectro. De igual forma lo haremos con la flauta dulce.

¿Qué es lo que sucede?

¿Por qué es diferente el espectro, si es el mismo tono?

Observamos que en los dos espectros generados, -- existe la misma fundamental, pero diferentes armónicos.

¿Por qué sucede este fenómeno?

### Conclusiones:

El timbre es una característica particular que define diferentes tipos de sonidos cotidianos que no sean señales puras (senoides).

No obstante tener el mismo tono (sensación percibida por el oído) y la misma amplitud su contenido armónico es diferente. Hay que recordar que el tono de señales compuestas, depende principalmente de la fundamental.

## SERIE DE PREGUNTAS

## CAPITULO I

1. ¿Qué es el sonido?
2. ¿Qué condiciones son necesarias para que la energía acústica sea susceptible al oído?
3. ¿Cuál es la velocidad del sonido en el aire de 20° C?
4. ¿Qué estudia la acústica y como se clasifica? Explique brevemente.
5. Explique que es un sonido puro y que son sonidos compuestos.
6. Defina el término intensidad del sonido.
7. ¿Qué es el nivel de intensidad?
8. Dé tres definiciones de tono.
9. ¿De qué factores depende el tono?
10. Explique cómo varía el tono con la intensidad.
11. ¿Qué son tonos subjetivos?
12. Defina agudeza tonal.
13. ¿Cuál es la unidad de valoración del tono?
14. ¿Qué es el timbre y de que depende principalmente?
15. ¿Cuál es el espectro sonoro para el oído?
16. ¿Qué son los infrasonidos y los ultrasonidos?
17. Defina que es el decibel y dé algunos ejemplos.
18. ¿Qué son los diagramas auditivos?
19. Haga un reporte para cada una de las prácticas.

## RESPUESTAS

## CAPITULO I

1. Según la física es una vibración mecánica capaz de -- producir una sensación auditiva y según la acústica - fisiológica es la sensación auditiva producida por -- una vibración de carácter mecánico.
2. Que el cuerpo sometido sea elástico y que exista un - medio de propagación del sonido.
3. 343.3 m/s.
4. Acústica, es la física del sonido. Trata de las vibraciones, de su producción, propagación y detección.  
La acústica se clasifica en;
  - a) La acústica fisiológica y sicoacústica, estudian - las características y el comportamiento del oído - humano y de las cuerdas vocales, las reacciones -- del hombre con respecto al estímulo sonoro y los - criterios sicoacústicos para la ponderación de la sonoridad y nocividad del sonido. (Sonometría).
  - b) La electroacústica, trata especialmente del diseño de los transductores electromecánicos.
  - c) La acústica arquitectónica, trata específicamente

de la absorción y aislamiento del sonido.

d) La acústica musical, estudia las leyes de las combinaciones armónicas de las vibraciones sonoras -- producidas por generadores mecánicos y electrónicos.

5. Un sonido puro está representado por una senoide de amplitud A y periodo T.

Un sonido compuesto está constituido por la superposición de varios puros con ciertos ángulos de defase entre sí, llamados armónicos.

6. Desde el punto de vista geométrico, sería la amplitud. Desde el punto de vista físico, es la cantidad media de energía transportada por la onda, por unidad de superficie y por unidad de tiempo.

7. Es la relación logarítmica de intensidades, tomando una intensidad de referencia de  $10^{-16} \text{ W/cm}^2$ .

8. a) Es la sensación de frecuencia que nos permite ordenar los sonidos en una escala que va de graves a agudos.

b) El tono está determinado principalmente por la frecuencia del sonido fundamental.

c) El tono depende de la velocidad de vibraciones del

cuerpo generador del sonido.

9. De la frecuencia principalmente y de la intensidad.
10. Para frecuencias abajo de 1000 Hz el tono decrece si aumenta la intensidad.  
Entre frecuencias de 1000 y 3000 Hz, el tono es rela  
tivamente independiente de la intensidad.  
Para frecuencias arriba de 4000 Hz el tono aumenta -  
si aumenta la intensidad.
11. Es la sensación del oído para reaccionar a múltiplos de la frecuencia fundamental.
12. Es la habilidad para reconocer las diferencias de to  
no.
13. El Mel.
14. Es la caracterfstica que permite identificar los diferentes sonidos, es decir, es el contenido armónico de un sonido en particular.  
Depende principalmente de la forma de vibrar del ele  
mento emisor del sonido y es totalmente independiente  
de del tono y la intensidad.



15. Aproximadamente de 16 a 20,000 Hz.
16. Los infrasonidos, inferiores a 16 Hz.  
Los ultrasonidos, superiores a 20,000 Hz.
17. Es una unidad de valoración para la percepción de --  
los sonidos, la cual es una relación logarítmica en-  
tre dos energías, tomando una de ellas como referen-  
cia.  
dBm - tomando como referencia 1 milivatio.
18. Es la representación geométrica de la distribución  
de percepción de sonidos en el caracol del oído, to-  
mando en cuenta su intensidad y frecuencia.
19. Referirse a las prácticas.

## C A P I T U L O   I I

### **AMPLIFICADORES Y PREAMPLIFICADORES**

## AMPLIFICADORES Y PREAMPLIFICADORES.

### Generalidades.

Las fuentes de señal utilizadas en alta fidelidad (micrófonos, cápsulas, sintonizadores, magnetófonos) entregan un nivel de salida muy bajo, comprendido entre - - unos pocos milivoltios en los micrófonos y cápsulas, y -- apenas 100 milivoltios en los sintonizadores y magnetófonos. Estos niveles resultan en cualquier caso, insufi- - cientes para excitar a los transductores finales del sistema: los altavoces.

Si a ésto se le une la bajísimasensibilidad de - estos transductores, que sólo transforman en energía acú- - s- tica una mínima parte de la energía recibida, y la res- - puesta logarítmica del oído humano a la intensidad sonora, se explica la necesidad de disponer de un elemento de am- plificación.

Pero aún más: las peculiaridades de las diversas fuentes de señal, de las salas de escucha y altavoces, -- así como gustos particulares de cada oyente, obligan no - sólo a la amplificación de la señal original, sino a su - modificación o corrección en muy diversos sentidos.

El dispositivo más común utilizado en alta fidelidad para realizar todas estas misiones, y que constituye el "centro de control" de todo el sistema, recibe el nombre de amplificador integrado. Este elemento reúne, en una sola pieza, al menos dos aparatos más simples: el preamplificador y el amplificador o (etapa) de potencia.

#### El Preamplificador (Pre-amplifier).

Este es, en síntesis, un simple amplificador de tensión que se va a ocupar de elevar la señal de la fuente a un nivel suficiente para poder atacar a la etapa de potencia. Pero, mientras la señal recorre este camino, va a sufrir además una serie de transformaciones en cuanto a nivel absoluto, nivel de señales de frecuencias con respecto a otras, nivel de canal con respecto al contrario (cuando nos referimos a equipos estereofónicos), etc. Al mismo tiempo, este elemento permite seleccionar a la señal procedente de cualquiera -o varias- de las fuentes de programa existentes en el sistema.

Así pues, el preamplificador puede, a su vez subdividirse en varias partes.

#### El selector de entradas (input selector or function selector).

Las diversas fuentes de señal presentes en un sis

tema de alta fidelidad (cápsula, sintonizador, micrófono, magnetófono) confluyen directamente en el selector de entradas. Este se ocupa de "dejar pasar" tan sólo una de estas señales (o varias, en diversas proporciones, en el caso de los mezcladores) hacia el resto del sistema. A su vez, alguna de aquellas señales ha podido ser intensionadamente variada de su forma original por alguna causa. Así en el caso concreto del disco; en éste caso, por sus propias limitaciones y características, no se han grabado todas las señales con amplitud directamente proporcional a la original, sino que las frecuencias graves se registran muy por debajo de su nivel, mientras que las agudas se registran a nivel mucho más alto.

Esto no se realiza caprichosamente, sino siguiendo un estándar predeterminado; la corrección RIAA.

Han existido y, de hecho todavía subsisten, multitud de normas de grabación además de la RIAA. Pero sólo nos referimos a ésta por ser la adoptada por una inmensa mayoría de fabricantes de discos y por la totalidad de los fabricantes de amplificadores.

En otros tipos de equipos (sintonizadores y magnetófonos) se utilizan otras normas distintas a la RIAA. No obstante, la compensación de la señal se efectúa en el

mismo aparato original que, finalmente, entrega una señal de respuesta plana en frecuencia, por lo que no es preciso corregirla en el amplificador.

La norma utilizada en los discos y la compensación que se introduce en los amplificadores, deben ser totalmente complementarias a fin de obtener una respuesta en frecuencia uniforme o plana. Algunos fabricantes de amplificadores incluyen en sus especificaciones el dato de "desviación respecto a la norma RIAA". Este dato, -- que se expresa en dB, indica si va a existir alguna seria discrepancia en alguna zona de la banda audible entre los diversos niveles de amplitud a distintas frecuencias.

En un aparato bien construido, cuando se selecciona una entrada, todas las demás deben quedar totalmente fuera del amplificador y no interferirse con la señal seleccionada.

Desgraciadamente, no siempre ocurre así y se produce en tal caso una mezcla indeseada de fuentes de programa.

La especificación "diafonía entre entradas", que facilitan algunos fabricantes, indica la proporción de señales indeseadas que aparecerá superpuestas a la señal seleccionada.

### El conformador de señal.

Se entiende por "conformador" cualquier dispositivo destinado a variar la señal original en alguno o algunos de sus parámetros. En el caso de los amplificadores, este conformador puede subdividirse en: controles de tono, filtros, compensador, volumen, balance y silenciador. Todos estos mandos pueden encontrarse o no en un amplificador, sin que ello signifique nada respecto a su calidad, ya que sólo va afectar a su facilidad de manejo y las posibilidades de corrección para suprimir o atenuar efectos molestos o reforzar los deseados.

### CARACTERISTICAS DE LOS AMPLIFICADORES, SU INTERPRETACION CRITERIOS DE CALIDAD.

Existen todavía por desgracia, muchas y muy variadas formas de facilitar las especificaciones de todos los equipos de alta fidelidad y que no hacen sino confundir - al profano en la materia. Algunos, como el referido a la potencia de salida de los amplificadores, pueden ser totalmente imposibles de interpretar si no se clasifican -- adecuadamente.

En este capítulo se tratarán la mayor parte de las especificaciones que los fabricantes publican en sus catá

logos, de la importancia de cada una de estas especificaciones y del grado que presenta cada una a la hora de valorar, finalmente, la calidad de un aparato.

### Potencia de salida.

Usualmente se exhiben todas o varias de las especificaciones siguientes:

### Potencia continua.

(Ambos canales excitados, sobre 8 ohmios, de 20 a 20.000 Hz, con distorsión armónica total menor de X%). -  
(Continuous Power).

Constituye la forma más seria y precisa de facilitar la potencia de un amplificador, pues indica:

- a) Que ambos canales están excitados simultáneamente. Si se midiera con un solo canal trabajando, la potencia aparente sería mayor, pues toda la fuente de alimentación estaría al servicio de un solo canal (en amplificadores con fuente de alimentación doble, la cifra resultante es independientemente de que esté excitado un solo canal o ambos simultáneamente).



- b) Sobre qué impedancia se obtiene dicha potencia. Si se midiera sobre una impedancia menor, la potencia obtenida sería mayor, aunque con mayor distorsión.
- c) Que dicha potencia máxima se va a mantener a cualquier frecuencia entre las indicadas.
- d) Por último, dice claramente cuál será la distorsión armónica total en tales condiciones.

A esta especificación de potencia se denomina, en muchas ocasiones, potencia RMS, lo cual no es rigurosamente exacto, pero sí lo suficientemente aproximado como para considerarla válida.

#### Potencia musical (music power).

Este factor indica la potencia máxima que puede dar el amplificador en impulsos breves. Es mayor siempre que la potencia continua y da una idea de la facilidad del amplificador para dar picos de volumen durante breves períodos de tiempo. También se la suele llamar, en general incorrectamente, potencia IHF, pues rara vez para fijar este valor se siguen las normas dictadas por el "Institute of High Fidelity", que es a quien se deben las siglas IHF.

Potencia DIN (DIN power).

Es la medida dada siguiendo las normas dictadas - por el Instituto Alemán de Normatividad. Esta se efectúa sobre 4 ohmios, con ambos canales excitados simultáneamente y a una frecuencia de 1 kHz. Deben indicar, asimismo, la distorsión armónica total resultante en tales condiciones. Este valor es, en general, muy superior al de potencia continua.

Potencia de punta, pico, cresta, instantánea, etc.

Son términos que a veces se ofrecen sin indicar - ningún dato de impedancias, frecuencias, distorsiones, -- etc., por lo que no vale la pena ni tenerlos en consideración, ya que ante tal desconocimiento de todos estos factores, el dato facilitado no aporta ninguna indicación -- que permita suponer el comportamiento del equipo.

Respuesta en frecuencia (frequency response).

Representa los valores mínimo y máximo de audio-- frecuencias que el amplificador es capaz de reproducir, - normalmente para 1 W de salida, en la entrada a que se refiere. Para que este dato sea realmente significativo de be citar claramente cuánto varía la amplitud de la señal

en más y en menos con respecto a su valor medio.

Banda de potencia (power bandwidth).

Este valor es muy importante ya que relaciona directamente la potencia de salida con la respuesta en frecuencia. Indica el margen de frecuencias sobre el que el amplificador puede entregar al menos un 50% de su potencia total sin exceder un límite de distorsión prefijado.

Relación señal/ruido (signal to noise ratio).

Es la relación entre la señal deseada y los ruidos indeseados producidos por el amplificador con su control de volumen al máximo y los de tono en su posición central. Se indica en dB y deben facilitarse las cifras correspondientes a las diversas entradas, citando claramente las condiciones en que se ha llevado a cabo la medida (con la entrada abierta o en cortocircuito) y si se refiere a ruido "ponderado" o "sin ponderar". Este último dato es sumamente importante en lo referido a la entrada de fono; efectivamente, esta entrada está ecualizada y amplifica mucho más las bajas frecuencias que las altas, por lo que el nivel de ruido es también totalmente diferente en ambos extremos del espectro audible. Cuando se cita el término "ponderado" se da el ruido promedio sobre

toda la banda audible y "ponderado" según la sensibilidad del oído a las distintas frecuencias.

En cualquier caso, y a efectos comparativos, cuanto mayor sea la cifra absoluta que indica la relación señal/ruido, menor será el ruido de fondo.

#### Nivel de entrada (input sensitivity).

Es el mínimo nivel de entrada capaz de excitar al amplificador a su máxima potencia. Se distinguen las entradas de muy bajo nivel (cápsulas de bobina móvil), bajo nivel (resto cápsulas magnéticas y micrófonos dinámicos) y alto nivel (sintonizadores, magnetófonos, cápsulas piezoeléctricas).

#### Impedancia de entrada (input impedance).

Cada entrada presenta una impedancia de entrada - distinta según la fuente de programa que se haya de conectar a la misma. Algunos aparatos permiten variar la impedancia de entrada en la toma de fono, a fin de facilitar al máximo el acoplamiento de las muy diversas cápsulas -- presentes en el mercado.

Este dato, así como el anterior, no implican nive

les de calidad sino que son simples factores de acoplamiento a tener en cuenta al combinar los distintos elementos que componen un sistema.

Valores típicos de niveles/impedancia de entrada son:

Fono magnético (bobina móvil) : 0,1 mV/100  $\Omega$

Fono magnético (resto tipos) : 2,5 mV/ 47 k $\Omega$

Sintonizador, cinta y auxiliar : 150 mV/100 k $\Omega$

Nivel de saturación de cada entrada (overload voltage).

Es un dato de la máxima importancia y que define en gran medida la calidad del aparato a que se refiere. Indica cuál es el máximo nivel de señal que puede admitir cada entrada sin saturarse, es decir, sin recortar dicha señal.

Las señales musicales proporcionadas por las fuentes de programa están variando continuamente de amplitud: desde un "silencio" hasta un "fortíssimo" puede haber, -- con los equipos actuales, hasta 60 dB de dinámica, es decir, una relación de tensiones de 1 a 1.000. La entrada considerada debe tener un ruido de fondo tan bajo que no enmascare el nivel más bajo, y un nivel de saturación tan

alto que deje pasar limpiamente la señal máxima sin recortarla.

Las entradas de fono magnético son las más críticas en este sentido y así, si se quiere disponer de una buena reserva de dinámica en el sistema, y que ésta no venga limitada por las características de la entrada, el nivel de saturación mínimo exigible es de 100 mV.

En un próximo futuro, cuando consigan vencer sus dificultades iniciales y por fin se impongan los discos - por codificación de impulsos, con una dinámica prevista - de 90 y más dB, los valores de nivel de saturación cobrarán aún más importancia.

#### Nivel de salida (output voltage).

Nos referimos en este punto a los tres niveles de salida posibles a considerar en el preamplificador.

##### a) Nivel de salida total del preamplificador.

Las etapas de potencia usuales en el mercado - se suelen excitar a su máxima potencia con niveles de entrada comprendidos, en general, entre 1 y 2 voltios RMS. Se debe buscar, por tanto, un acoplamiento previo/etapa tal que --

sea posible excitar la etapa a su potencia máxima dentro de los niveles de salida especificados para el previo.

b) Nivel de salida de grabación (norma RCA).

Este nivel suele estar comprendido entre 100 y 200 mV, para una impedancia de entrada en el magnetófono de 50 a 100 k $\Omega$

c) Nivel de salida de grabación (norma DIN).

El mismo nivel de salida mencionado en el apartado anterior, varía sustancialmente cuando se da referido a la norma DIN. Esta norma indica que la tensión de salida de grabación debe ser de 0,1 a 2 mV por cada 1.000 ohmios de impedancia. Se trata, en realidad, de una salida a tensión constante e intensidad variable, en contraposición con la norma RCA que mantiene fija la intensidad mientras varía la tensión.

Margen de actuación de los controles de graves y agudos - (tone control contour).

Esta especificación tampoco define un grado de calidad, sino que constituye un dato simplemente informativo sobre cuanto realce o atenuación se puede obtener refe

rido a una determinada frecuencia.

Es bastante frecuente en equipos de poca calidad, que se suponen dirigidos a un público poco exigente, que ofrezcan un margen de actuación muy elevado (hasta  $\pm 16$  dB) mientras que equipos mucho más refinados presentan márgenes más estrechos. En aquéllos se busca una espectacularidad engañosa que en nada va a beneficiar el sonido total resultante.

Característica de actuación del compensador (loudness - - contour).

Normalmente en las características de sus amplificadores los fabricantes indican el nivel de realce en graves y agudos que proporciona este mando cuando el potenciómetro de volumen se encuentra en un punto determinado de su recorrido. Tal como se decía en un apartado anterior, es imposible fijar unos valores exactos de actuación de este mando, por las diversas circunstancias que incidían en su utilización. Por este motivo, cada fabricante aporta sus propios criterios en esta materia.

Actuación de los filtros (filters cut).

Pendiente de actuación.- Esta pendiente va a con-



dicionar en gran medida su eficacia; así, mientras en graves una pendiente de 6 dB por octava es, en general, suficiente, en agudos deben buscarse valores mayores si se quiere lograr el resultado apetecido de suprimir ruidos molestos. Una pendiente de 12 dB por octava resulta, en general, satisfactoria. Algunos fabricantes, muy pocos, incorporan un mando de control de pendiente, con lo que permiten encontrar el equilibrio "ruidos suprimidos/información musical perdida" más idónea para cada oyente.

#### Distorsión armónica total (THD).

Cuando a un amplificador se le aplica una señal de entrada, y aún en el caso de que ésta esté constituida por una señal senoidal pura, a la salida se encuentra no sólo dicha señal debidamente amplificada, sino otras cuyas frecuencias son múltiplos de la original aplicada. Es decir, el amplificador "crea" unos armónicos de la señal original que están presentes a la salida junto con aquélla. La proporción que representan todos estos armónicos frente a la señal pura considerada, se denomina "distorsión armónica total" y se expresa en %. La tecnología actual permite obtener niveles de distorsión armónica bajísimos. En todo caso, un buen amplificador presenta siempre unos coeficientes de distorsión muy inferiores a los de las pantallas acústicas; no obstante, debido al-

efecto acumulativo del factor de distorsión en los diversos elementos que constituyen un sistema de sonido, se deberá tratar de que cada uno de ellos aporte la mínima posible. Valores por debajo del 0.1% a la potencia nominal de salida pueden considerarse buenos, muy buenos los inferiores al 0.05% y excelentes los menores de un 0.01%.

#### Distorsión de intermodulación (IM distortion).

Si a un amplificador se le aplican simultáneamente dos señales de frecuencia distintas, a la salida no sólo aparecen esas ondas amplificadas, sino que aparecen -- unas nuevas señales que resultan ser la señal "suma" y la señal "diferencia" de las dos aplicadas. Esta interacción entre diferentes frecuencias, que no tienen por qué estar "armónicamente" relacionadas entre sí, se denomina distorsión de intermodulación y es la principal responsable de la fatiga auditiva, incluso con valores bastante bajos.

Como en el tema anterior, la proporción de estas nuevas señales con respecto a las originales, expresada en %, define el nivel de distorsión.

Con la tecnología actual, se deben buscar valores del 0.1%, y aún inferiores, sobre toda la banda audible y a la potencia nominal de salida.

### Distorsión de intermodulación transitoria (TID).

La mayor parte de los amplificadores utilizan una realimentación negativa a fin de minimizar la distorsión y obtener una respuesta en frecuencia más uniforme.

La teoría de actuación es así: una señal amplificada aparece en principio con distorsión y su respuesta en frecuencia no es uniforme. Para mejorar ésta y reducir la distorsión, una parte de la señal amplificada se reinyecta a la etapa de entrada, pero en oposición de fase con respecto a la onda original. Como la realimentación es negativa, la ganancia global de la etapa se reduce, pero mejora la respuesta y disminuye la distorsión.

La teoría es, en si misma, perfectamente válida, pero, pese a las mejoras que proporciona, crea también -- sus propios problemas. En efecto, la oposición de fase entre señal original y realimentación es exacta en frecuencias medias, pero existen desfases en las bajas y altas a causa de los condensadores que se precisan y a -- las propias capacidades de cableado.

Estos desfases producen un nuevo tipo de distorsión, que ha empezado a tenerse en cuenta muy recientemente, y casi ningún fabricante cita en sus especificaciones:

la Distorsión de Intermodulación Transitoria (DIT en español y TID en inglés), que contribuye notablemente a la degradación del sonido.

#### Impedancia de salida (output impedance).

Se ha aceptado universalmente la impedancia de salida nominal de 8 ohmios, con tolerancia entre 4 y 16. Este es el valor de impedancia más normal que se encuentra en pantallas acústicas, aunque también existan valores diferentes, si bien nunca inferiores a  $4\Omega$  ni superiores a  $16\Omega$ .

#### Factor de amortiguamiento (damping factor).

El valor de amortiguamiento viene dado por el cociente de dividir la impedancia del altavoz y la impedancia interna del amplificador. Su valor debe ser lo más alto posible y denota la habilidad del amplificador para amortiguar los desplazamientos indeseados del cono del altavoz, desde una posición cualquiera hasta su punto de reposo.

Con los antiguos amplificadores a válvulas, conseguir factores por encima de 10 era realmente difícil y -- costoso. Sin embargo, con los modernos equipos a transis

tores sin transformador de salida, es el valor mínimo exigible y se encuentran equipos que llegan a un factor de amortiguamiento de 100 y más.

#### Tiempo de subida (rising time).

Se ofrece este dato en microsegundos e indica el tiempo de reacción que presenta el amplificador ante una señal transitoria instantánea (por ejemplo, el sonido de un instrumento de percusión) y es de la máxima importancia para conocer de antemano cuál será el comportamiento del equipo ante señales de tipo transitorio.

Valores inferiores a 100  $\mu$ s pueden considerarse satisfactorios.

#### Separación entre canales o diafonía (crosstalk).

Es una medida que indica la separación real existente entre los dos canales de un sistema estereofónico (o cuatro en los cuadrafónicos). Aplicando señal a uno sólo de los canales se observa la señal de salida en el canal contrario. La diferencia de niveles de las señales presentes en ambos canales, expresada en dB, es la separación entre canales. Los amplificadores estereofónicos modernos ofrecen una separación entre canales muy superior

a la que son capaces de dar las diversas fuentes de programa (cápsulas, sintonizadores, etc.) e incluso hay fabricantes que, por este motivo, ni siquiera facilita ese dato. Valores del orden de los 50 dB (en la entrada de fono) y de 65 dB o más en el resto de entradas, es lo mínimo exigible en este sentido.

### ¿CUANTA POTENCIA SE PRECISA EN ALTA FIDELIDAD?

La norma DIN 45.500 estableció en su momento que la potencia mínima de un amplificador estereofónico, para poder ser considerado como de alta fidelidad, eran 6 vatios continuos por canal. Por otra parte, existe la tendencia americana que dice que no es posible hablar de alta fidelidad por debajo de los 50 vatios por canal. - - ¿Quién tiene la razón? Posiblemente ambas tendencias - - sean válidas y difieran, en realidad, en sus plantamientos.

Así, es verdad que el nivel de escucha promedio en un sistema doméstico normal apenas alcanzará unos pocos milivatios. De hecho, para obtener un nivel de escucha, en los pasajes suaves, de unos 40 dB bastará, en general, con pantallas de sensibilidad normal, con apenas unos milivatios. Si, frente a dicha señal, se pretende ahora reproducir un "fortissimo" (que en las grabaciones

discográficas actuales puede estar situado 40 dB por encima de la señal anterior) se precisaría entonces una potencia 10.000 veces mayor, es decir, varios cientos de vatios. Si esta enorme cantidad de potencia es la necesaria con las fuentes de sonido actuales, ninguna de las cuales rebasa la dinámica de 40 ó 50 dB. Si a todo esto se añaden, además, los expansores de dinámica que se empiezan a popularizar, los niveles de potencia precisos pueden alcanzar valores de miles de vatios.

Pero existen, naturalmente, otras limitaciones que, en cualquier caso, no van a permitir ese despliegue de vatios y decibelios: las propias pantallas acústicas y las características de las salas de escucha que consideramos normales.

Así, con 20 vatios por canal y unas pantallas de eficiencia media, se alcanzaría un nivel de presión sonora del orden de los 90 dB, que puede ser el máximo tolerable en una sala normal, salvo que se haya acondicionado y aislado acústicamente a un nivel profesional que no es el que aquí se está considerando.

En todo caso, disponer de potencia de reserva en un equipo, jamás estorbará durante la audición normal y puede, en cambio, ser especialmente útil para rebasar límites

piamente un "fortíssimo" sin producir recorte en la señal. Este recorte de señal es, no sólo muy molesto desde el punto de vista auditivo, sino que entraña un grave riesgo de avería para las pantallas.

En resumen, podríamos fijar el mínimo en esos 20 vatios por canal, antes citados, y el máximo donde las pantallas, la sala, las posibilidades económicas y los vecinos lo permitan.

#### INFLUENCIA DEL AMPLIFICADOR EN EL SISTEMA DE SONIDO.

La misión básica del amplificador en un sistema de sonido es, como su propio nombre indica, la de amplificar la pequeña señal procedente de la fuente de programa, elevándola hasta un nivel suficiente para excitar las pan-tallas acústicas. La otra misión, no por secundaria menos importante que la anterior, es la de ofrecer al usuario toda una serie de posibilidades de manipulación y con-formación de la señal a reproducir.

Partiendo de aquella misión básica y prescindiendo totalmente de cualquier otra, existen en el mercado am-plificadores de altísima calidad que sólo incorporan mandos de encendido, selección de entradas y volumen, por -- considerar que todos los demás, aparte de ser innecesarios --



rios, pueden constituir fuentes de averías y degradación de la señal a reproducir.

En el otro extremo, existen amplificadores dotados de todos los mandos imaginables tanto de conmutación y selección de señales, como de conformación de las mismas, sin que esto signifique, en modo alguno, ni una mayor fragilidad ni una menor calidad. Por el contrario, la inmensa mayoría de los fabricantes ofrecen más y más mandos y posibilidades de intervención al usuario conforme aumenta el nivel de calidad del producto. El disponer de "muchos botones" no podrá, por sí mismo, hacer perfecto a un equipo; pero permitirá ir acercándose en pasos sucesivos.

Sea con elementos de uno u otro criterio, el hecho es que la calidad intrínseca de un buen amplificador está muy por encima de la calidad que son capaces de ofrecer los elementos extremos del sistema: fuentes de programa y pantallas acústicas.

En un sistema bien equilibrado, casi nunca será el amplificador el elemento que limite la calidad total del mismo. Por tanto, los fabricantes, una vez logrado un determinado nivel de calidad holgado, se esfuerzan por ofrecer al usuario más y más posibilidades de intervención,

desde la selección y/o mezcla de señales; a mandos de tono cada vez más refinados y complejos, precisos sistemas de indicación de la potencia de salida, etc., a la vez -- que luchan por la obtención de equipos funcionales, con un máximo de fiabilidad y al mínimo precio posible.

## Práctica

### Preamplificador para pastillas fonocaptoras y ecualización RIAA (Record Industry Association of America)

#### Objetivo:

- Observación y verificación del comportamiento de un pre amplificador de RIAA.

#### Introducción:

Los preamplificadores para pastillas fonocaptoras difieren de otros amplificadores únicamente en su respuesta de frecuencia, la cual es manejada en una manera especial para compensar o ecualizar las características de grabación.

Si una señal de amplitud fija es utilizada para grabar un disco fonográfico, en donde la frecuencia de señal es variada de 20 Hz a 20 KHz, observaremos que en su respuesta la señal es atenuada 20 dB para frecuencias por abajo de 1 KHz y con una ganancia de 20 dB por arriba de la misma.

Esto se debe principalmente a que la velocidad de grabación es totalmente independiente a la amplitud de la señal, por lo que el preamplificador de RIAA deberá corregir esto tratando de variar la amplitud de los puntos de frecuencia, para poder así obtener una respuesta de frecuencia lo más plana posible.

ESTANDARES DE RESPUESTA RIAA

<u>Hz</u>	<u>dB</u>	<u>Hz</u>	<u>dB</u>
20	+19.3	800	+ 0.7
30	+18.6	1 K	0.0*
40	+17.8	1.5 K	- 1.4
50	+17.0	2 K	- 2.6
60	+16.1	3 K	- 4.8
80	+14.5	4 K	- 6.6
100	+13.1	5 K	- 8.2
150	+10.3	6 K	- 9.6
200	+ 8.2	8 K	-11.9
300	+ 5.5	10 K	-13.7
400	+ 3.0	15 K	-17.2
500	+ 2.6	20 K	-19.6

\*Frecuencia de referencia.

NIVELES TÍPICOS DE SALIDA DE PASTILLAS

<u>Constructor</u>	<u>Modelo</u>	<u>Salida a 5cm/seg.</u>
Empire Scientific	999	5 mV
	888	8 mV
Shure	V-15	3.5 mV
	M91	5 mV
Pickering	V-15 AT3	5 mV

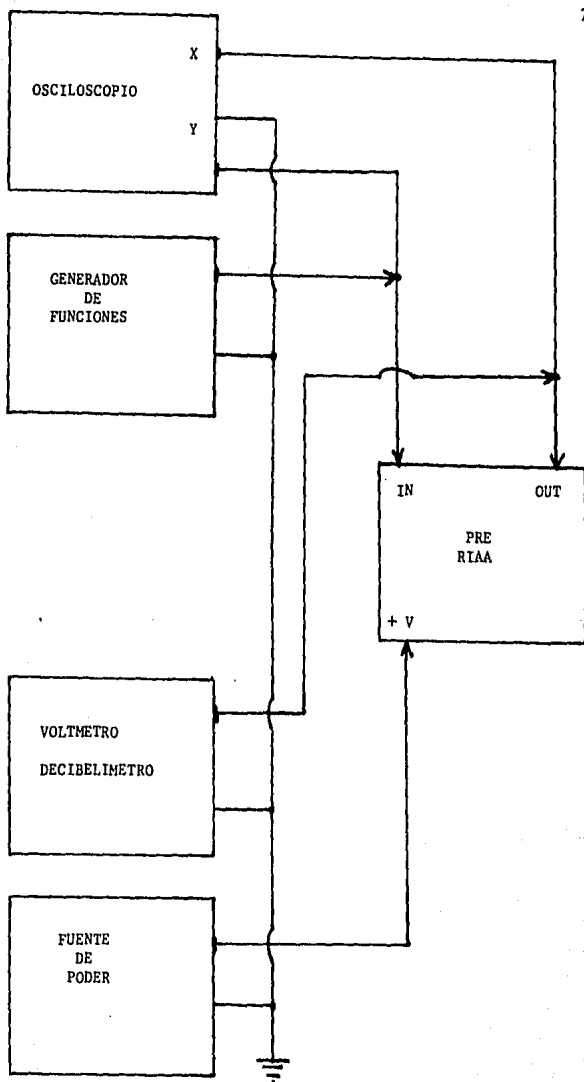
Equipo:

- Un osciloscopio
- Un generador de funciones
- Un vóltmetro/decibelímetro
- Un preamplificador de RIAA
- Una fuente de poder  
(que pueda suministrar el voltaje necesario de alimentación para el preamplificador).

Diagrama de conexiones: (ver siguiente hoja)

Procedimiento:

Primeramente procederemos a conectar nuestro equipo como se muestra en nuestro diagrama de conexiones.



Posteriormente alimentaremos con el voltaje especificado el preamplificador de RIAA.

Ahora bien, generemos una señal senoidal de 5mV - pico a pico con una frecuencia de 1 KHz.

Recordemos que una medida no estandarizada pero muy usual para el valor de voltaje de salida de una pastilla fonocaptora es de 5 mV y la frecuencia de referencia de RIAA para sus preamplificadores es de 1 KHz.

Ajustemos y calibremos nuestro osciloscopio para así poder visualizar nuestra señal de entrada y salida, -- que deberán preferentemente ser iguales, es decir, sin ganancia ni atenuación.

Esto no siempre sucede, tiende a ser lo más aproximadamente igual y depende de la calidad de fabricante - del preamplificador.

Procedemos a ajustar ahora nuestro vóltmetro decibelímetro a 0 dB. Este paso no es sencillo, pero elegiremos la escala que más se acerque.

Cuando esto esté listo y sin embargo, no coincide con 0 dB (que sería lo óptimo; 0 dB y 5 mV), variaremos -

nuestra señal hasta fijar nuestra referencia exactamente a 0 dB, (no mover la frecuencia).

Todo lo anterior, listo ya, verificaremos si nuestro preamplificador cumple con los estándares establecidos por RIAA y lo haremos de la siguiente manera;

- Primero, para las frecuencias por abajo de 1 KHz hasta 20 Hz, variando según nuestra tabla de RIAA y observando si la ganancia es como dictan sus normas. Por ejemplo, llevar nuestra frecuencia hasta 800 Hz y verificar que se obtuvo una ganancia de 0.7 dB.
  
- Llevaremos ahora nuestra frecuencia por arriba de 1 KHz hasta 20 KHz, igualmente variando como se muestra en la tabla de estándares de RIAA, verificando nuestros valores de atenuación. Por ejemplo, llevar nuestra frecuencia hasta 10 KHz y verificar que exista una atenuación de 11.9 dB.

NOTA: Estas ganancias y/o atenuaciones se verifican en el vóltmetro-decibelímetro.

En los pasos anteriores de nuestra práctica, únicamente se variará frecuencia, no señal.



Todos los valores obtenidos se anotarán y se compararán con los estándares RIAA.

¿Qué es lo que sucede al comparar nuestros valores?

¿Por qué sucede ésto?

### Conclusiones:

Observamos que la calidad del preamplificador de RIAA depende del diseño y componentes utilizados por el fabricante, es decir, algunos sacrifican el ancho de banda para tratar de cumplir las especificaciones con exactitud en las frecuencias centrales, mientras otros sacrifican ganancia y/o atenuación para poder atacar todo el ancho de banda.

Para poder escoger nosotros un buen preamplificador de RIAA será necesario pedir al fabricante nos muestre dentro de sus especificaciones los datos de desviación respecto a la norma RIAA, la cual se expresa en dB y nos mostrará algunas discrepancias que pudieran existir en la banda audible.

Por último, basaremos nuestro criterio en escoger

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA 79

nuestro preamplificador por un diseño integral, para un uso general, o en base a alguna especificación especial, si el uso será para un fin determinado.

## SERIE DE PREGUNTAS

## CAPITULO II

1. ¿Qué es un preamplificador?
2. En muchas ocasiones a la potencia continua se le denomina de otra forma, ¿Cuál es?
3. ¿Qué es la potencia musical?
4. ¿Cuál es la potencia DIN (DIN power)?
5. Defina el término respuesta en frecuencia.
6. ¿Qué es banda de potencia?
7. ¿Qué es nivel de entrada?
8. Defina nivel de saturación.
9. ¿Cuál es el nivel de saturación mínimo exigible para la entrada de fonomagnético?
10. ¿Qué es distorsión armónica total (THD)?
11. ¿Qué es distorsión de Intermodulación (IM)?
12. ¿Cuál de las distorsiones en un amplificador es la -- principal responsable de la fatiga auditiva?
13. Defina factor de amortiguamiento (damping factor)
14. ¿Qué es separación entre canales o diafonía?
15. Haga un reporte de la práctica.

## RESPUESTAS

## CAPITULO II

1. Es un simple amplificador de tensión que se va a ocupar de elevar la señal de la fuente a un nivel suficiente para poder atacar la etapa de potencia.
2. Potencia RMS.
3. Es el factor que indica la potencia máxima que puede dar el amplificador en impulsos breves.
4. Es la medida siguiendo las normas dictadas por el Instituto Alemán de Normatividad, la cual se efectúa sobre 4 ohmios, con ambos canales excitados simultáneamente y a una frecuencia de 1 KHZ.
5. Representa los valores mínimo y máximo de audiofrecuencias que el amplificador es capaz de reproducir, normalmente para 1 W de salida.
6. Indica el margen de frecuencias sobre el que el amplificador puede entregar al menos un 50% de su potencia total sin exceder un límite de distorsión prefijado.

7. Es el mínimo nivel de entrada capaz de excitar al amplificador a su máxima potencia.
8. Indica cual es el máximo nivel de señal que puede admitir cada entrada sin saturarse.
9. 100 mV.
10. Es la proporción que representan los armónicos frente a la señal pura considerada. Se expresa en %.
11. Es la diferencia de señal (interacción) que resulta de la aplicación simultánea de dos señales de frecuencia distinta. Se expresa en %.
12. La distorsión de Intermodulación.
13. Es la relación entre la impedancia del altavoz y la impedancia interna del amplificador.
14. Es la medida que indica la separación real existente entre los dos canales de un sistema estereofónico (o cuatro en los cuadrafónicos).
15. Referirse al desarrollo de la práctica.

## C A P I T U L O   I I I

### **MICROFONOS Y ECUALIZADORES**

MICROFONOS.Características principales.

Los micrófonos son transductores de señal acústica en señal eléctrica y están caracterizados por su:

- a) sensibilidad
- b) fidelidad
- c) directividad
- d) impedancia interna
- e) ruido de fondo.

Sensibilidad.

La sensibilidad  $M$  es la relación entre la tensión eléctrica expresada en voltios obtenida en bornes del micrófono en circuito abierto y la presión sonora, expresada en Pascal (Pa) ( $1 \text{ Pascal} = 1 \text{ newton/m}^2 = 10 \text{ dina/cm}^2 = 10 \text{ bar/cm}^2$ ), que actúa sobre la membrana a 1000 Hz. El nivel de sensibilidad  $L_m$  es la relación expresada en dB entre la sensibilidad  $M$  y la sensibilidad de referencia  $M_r$  (1 V/Pa)

$$L_m = 20 \log \frac{M}{M_r}$$

La sensibilidad se expresa generalmente, (no está normalizada) en mV/Pa y en mV/ bar.

Ejemplo: Un micrófono con una sensibilidad de --  
 0,0045 V/Pa significa que a una presión incidente de 1 --  
 pascal la tensión de salida es de 0,0045 voltios ó 4,5 mV  
 y el nivel de sensibilidad será;

$$L_m = 20 \log \frac{0,0045 \text{ V/Pa}}{1 \text{ V/Pa}} = -47 \text{ dB}$$

20 µPa es la presión sonora aproximada en el umbral humano  
 de audición a 1000 Hz y se toma como presión de referen--  
 cia para la determinación del nivel de presión sonora - -  
 (SPL).

No es aconsejable una sensibilidad a 1 mV/Pa. Pa  
 ra tener una idea de la magnitud de las tensiones eléctri--  
 cas que se obtienen en bornes de un micrófono en diferen--  
 tes situaciones de grabación de palabra, podemos partir -  
 de los siguientes datos:

El nivel de presión promediada a la distancia - -  
 frontal de 1 metro, desde los labios de un locutor es de  
 64 dB SPL y corresponde a una presión de 0,032 Pa.

El nivel de presión promediada para cada sílaba -  
 es de 74 dB SPL y corresponde a 0,1 Pa.

El nivel de presión máximo de las sílabas es de -



80 dBSPL equivalente a 0,2 Pa. Estos niveles para una -- distancia de 20 cm frente al locutor aumentan 14 dB.

Con un nivel de presión de 94 dBSPL (1 pascal), - un micrófono con una sensibilidad de 2 mV/Pa daría una -- tensión de 2 mV.

### Fidelidad.

La fidelidad depende de 3 factores:

- 1) Gama de respuesta.- En general cuanto más am-- plia es la característica de respuesta Ln-fre- cuencia, más fidelidad existe en la traducción.
- 2) Regulación.- La característica de respuesta no debe presentar picos ni valles fuera del área de tolerancia normalizada. (Figura 1)
- 3) Linealidad.- La tensión de salida ha de ser -- proporcional a la presión de entrada. La dis- torsión armónica y de intermodulación se debe precisamente a la falta de linealidad. El lí- mite superior de distorsión armónica entre 250 y 8000 Hz para una presión de 10 Pa debe de -- ser menor del 1%.

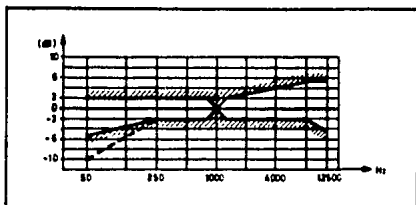


FIG. 1.- Area de tolerancia según la norma DIN, de la característica  $L_m$ -frecuencia relativa a la de 1000 Hz para un micrófono omnidireccional (línea continua) y para un micrófono unidireccional (línea a trazos).

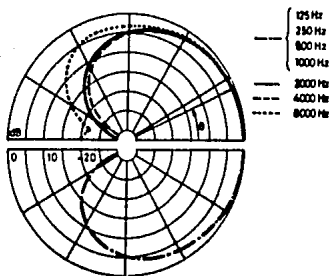


FIG. 2.- Diagrama polar  $L_m$ - $\theta$  para distintas frecuencias de un micrófono unidireccional. La dirección  $\theta = 0$  corresponde a la dirección positiva del eje de la membrana.

### Directividad.

La directividad es la variación del nivel de sensibilidad en función del ángulo formado por el eje de simetría de la membrana y la dirección de propagación de las ondas sonoras. En la figura 2 se da un modelo del diagrama de directividad en coordenadas polares. Cada curva corresponde a una frecuencia diferente. Dada la simetría de las gráficas respecto al eje principal, se suele tomar solamente los valores del nivel comprendido entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ .

Por un ángulo de incidencia fijo, la característica de frecuencia ha de estar comprendida en el área de tolerancia normalizada. El nivel de referencia para este ángulo es el correspondiente a la frecuencia de 1000 Hz. (Figura 1).

### Impedancia interna.

La impedancia interna depende de la técnica de construcción del micrófono. Si la impedancia es baja, la línea que une al micrófono con el preamplificador puede ser de gran longitud, mientras que una impedancia alta sólo permite una línea corta, pues hay que tener en cuenta el efecto de capacidad del cable apantallado sobre la ca-

racterística de respuesta y además el peligro de inducción de señales parásitas.

Por ejemplo, la señal procedente de un micrófono con una impedancia interna de  $25\text{ k}\Omega$  conectado a una línea de  $7\text{ m}$  con una capacidad de  $80\text{ pF/m}$ , sufre una atenuación de  $3\text{ dB}$  a  $10\text{ KHz}$ . En cambio, para la misma atenuación, la longitud de la línea podría ser de  $1000\text{ m}$  si la impedancia del micrófono fuera de  $200\text{ ohmios}$ .

Para no alterar la característica de respuesta del micrófono y mantener la máxima relación señal/ruido; la impedancia de carga ha de ser de 3 a 10 veces la impedancia interna. Es el sistema de adaptación por tensión.

### Ruido.

Es una característica intrínseca a toda fuente de señal, debida a causas diversas.

Existen varios criterios de ponderación de ruido. Todos ellos tienden a desvalorizar los componentes del sonido de muy alta o baja frecuencia del espectro audible para las que el oído tiene muy poca sensibilidad. Es muy importante para la evaluación del ruido, el grado de incidencia del mismo sobre la relación señal/ruido a la entrada

da del preamplificador. Por ejemplo, si la tensión debida al ruido ambiental en el registro sonoro es de  $26 \mu\text{V}$ , la relación s/r dependerá casi exclusivamente del ruido ambiental, siendo despreciable el ruido propio. Suponiendo que la tensión máxima debida a la modulación es de  $8\text{mV}$ , tendríamos una relación señal/ruido expresada en decibelios de

$$20 \log \frac{8000}{26} = 50 \text{ dB}$$

### CLASES DE MICROFONOS.

Según la técnica de conversión de la señal acústica en eléctrica y en una primera selección, consideraremos los siguientes tipos de micrófonos:

- Electrodinámicos : de bobina móvil y de cinta.
- Electrostáticos : de condensador y electret.

Estos micrófonos son los habitualmente utilizados en alta fidelidad. Al final de este tema mencionaremos otros tipos de micrófonos existentes en el mercado.

Generalmente están constituidos por una membrana y un sistema transductor mecano-eléctrico asociado a la misma que convierte la presión sonora en señal eléctrica.

Según la característica direccional, se clasifican en omnidireccionales, bidireccionales y unidireccionales.

#### Micrófonos omnidireccionales.

Recogen la señal acústica procedente de todas las direcciones, más o menos uniformemente pero dentro de un área de tolerancia.

El sistema de montaje permite que sólo una cara del diafragma sea accesible a la presión exterior.

Son adecuados en todas aquellas instalaciones donde no existe el problema de la retroalimentación acústica (efecto Larsen) y en los casos en que el usuario deba moverse constantemente. Generalmente la gráfica de respuesta tiende a decrecer en frecuencias altas debido a efectos de difracción y a medida que aumenta el ángulo de incidencia.

#### Micrófonos bidireccionales.

Captan principalmente los sonidos procedentes de las partes frontal y posterior, atenuando los sonidos que provienen de ambos lados y también los de las partes sup

rior e inferior. El sistema de montaje de la membrana -- permite que ésta sea accesible por las dos caras a la presión sonora. La fuerza resultante que actúa sobre el - - diafragma depende de la diferencia de presión entre ambas caras.

En las frecuencias bajas se produce un aumento de respuesta debido al efecto de proximidad característico - de todos los micrófonos direccionales, lo que tiende a alterar el timbre de la voz cuando la distancia entre los labios del locutor y el micrófono es muy pequeña. Es el micrófono ideal en los casos en que dos usuarios o grupos - se encuentran en lados opuestos al mismo. Resuelve el -- problema de la realimentación acústica en espacios con techos no tratados acústicamente o bien cuando los altavoces están situados en ambos lados del micrófono. Se les conoce también con el nombre de micrófonos de gradiente - de presión.

#### Micrófonos unidireccionales.

Son del tipo mixto, de presión y de gradiente de presión. El efecto unidireccional se logra mediante la - combinación de una resistencia y una cavidad que actúan - como una línea de retardo. Estos micrófonos recogen principalmente los sonidos procedentes de la parte frontal, -

mientras que los de la parte posterior quedan muy atenuados (de 10 a 20 dB).

La característica de directividad más generalizada es la denominada cardioide debido a la forma de corazón. Estos micrófonos corrigen también el efecto Larsen. El usuario puede situarse más lejos de los micrófonos uni direccionales que de los omnidireccionales.

#### Micrófono de bobina móvil.

Está constituido por una bobina solidaria al diafragma y alojada en el interior del entrehierro anular de un imán permanente.

La tensión en bornes de la bobina viene dada por

$$e = Blv_b$$

donde B es la densidad de flujo en el entrehierro, l es la longitud del conductor dentro del campo magnético y  $v_b$  la velocidad de vibración de diafragma.

Para el micrófono omnidireccional, el control es por resistencia y la frecuencia de resonancia se sitúa en las frecuencias medias.

La impedancia eléctrica de un micrófono de bobina



móvil oscila entre 150 y 600 ohmios y, si tiene incorporado un transformador elevador de tensión, la impedancia -- suele estar comprendida entre 10 k $\Omega$  y 50 k $\Omega$ . La sensibilidad sin transformador suele variar entre 0,5 y 2,5 -- mV/Pa, es decir entre -66 dB y -52 dB de nivel de sensibilidad.

Con el transformador incorporado, la impedancia de salida y la sensibilidad aumentan sensiblemente y el ruido de fondo aumenta muy poco.

Estos micrófonos son muy robustos, tienen una -- excelente dinámica, es decir, la posibilidad de grandes -- desplazamientos de la membrana, y son poco sensibles a -- las condiciones climáticas ambientales como el calor y la humedad. Según la calidad y precio abarcan diferentes -- campos de aplicación, desde el modelo gran público, al -- profesional en los estudios de grabación. Una característica muy importante es su autonomía de funcionamiento. -- Se fabrican en las versiones omnidireccional y cardioide.

Los modelos más perfeccionados suelen llevar una bobina compensadora para atenuar la acción de los campos magnéticos externos.

El micrófono unidireccional tiene incorporado un

filtro atenuador de bajas frecuencias para corregir el efecto de proximidad, pero puede eliminarse por conmutador.

### Microfono de cinta.

El conductor móvil está constituido por una cinta de aluminio ondulada de 2 a 5  $\mu\text{m}$  de espesor, de 3 a 4 mm de anchura y unos 5 cm de longitud, y está alojada en el entrehierro recto de un imán permanente.

La teoría del funcionamiento es la del microfono de bobina móvil de gradiente de presión. La gráfica de respuesta es sensiblemente constante a partir de 50 Hz y la sensibilidad oscila alrededor de 2,5 mV/Pa con una relación s/r de -58 dB y una impedancia interna de unos 500  $\Omega$  (con autotransformador). La resistencia de la cinta es extraordinariamente baja.

El diagrama direccional es típicamente bidireccional y tapando una cara de la cinta se puede transformar en un microfono de presión omnidireccional. Con una combinación de dos elementos de cinta puede obtenerse un diagrama cardioide.

Debido a la técnica de su construcción, la gráfica

ca de respuesta es muy regular con poca difracción en las frecuencias altas.

Son muy robustos y fiables pero, en contrapartida, son muy voluminosos, pesados, caros y muy sensibles al viento y por tanto no aptos para ser usados en exteriores.

#### Micrófono de capacidad.

Se reserva esta designación al micrófono electros-tático con la fuente de polarización exterior. Por tanto no posee la autonomía del micrófono dinámico. El circuito básico comprende el condensador C cuya membrana representa la armadura móvil, una fuente de tensión exterior  $E_0$  y una resistencia de carga R. Por lo general C es del orden de 5 a 100 pF. La distancia entre las armaduras es del orden de 0,03 mm.  $E_0$  está comprendida entre 60 y 300 V y R es del orden de los 100 M $\Omega$ .

Como el sistema mecánico está controlado por rigidez, el desplazamiento del electrodo móvil que crea las variaciones de capacidad debido a las variaciones de la presión sonora es independiente de la frecuencia. La reducción de alta a baja impedancia se realiza con un transistor de efecto de campo (FET) conectado en seguidor de surtidor, (seguidor emisor).

La sensibilidad es muy buena, del orden de 20 mV/Pa en los modelos de mayor diámetro, y la respuesta es plana entre 30 y 20.000 Hz en  $\pm 1$  dB. Su dinámica es inferior al dinámico. Es algo sensible a la humedad y temperatura.

Este micrófono está reservado a las instalaciones de carácter profesional. Es de tratamiento delicado, caro y requiere una fuente de alimentación exterior relativamente voluminosa.

#### Micrófono electret.

Es del tipo electrostático pero con polarización propia. Esencialmente está constituido por una membrana de material plástico de policarbonato fluorado de 4 a 12  $\mu$ m de espesor, metalizada por la cara exterior, que hace las funciones de electrodo móvil. El electrodo fijo está constituido por una placa metálica perforada. El electrodo móvil está apoyado sobre una trama formada por finos salientes del electrodo fijo. Cada celdilla actúa como un micrófono electrostático individual. El campo eléctrico está creado por el propio dieléctrico polarizado permanentemente.

La polarización de la lámina de plástico metalizada se obtiene colocando la hoja entre dos electrodos pla-

nos en el interior de un horno a unos  $230^{\circ}$  C, aplicando - al mismo tiempo a los electrodos una tensión continua de 3000 a 4000 V. Manteniendo el campo eléctrico excitador, se disminuye lentamente la temperatura y la hoja dieléctrica queda fuertemente polarizada, es decir se convierte en electret.

El circuito básico de electret es igual al de capacidad, pero sin la fuente de polarización. Una característica de este micrófono es que la sensibilidad es independiente del diámetro de la membrana. La salida de baja impedancia se logra como en el micrófono de capacidad con un transistor FET montado en seguidor de surtidor e incorporado en la misma cápsula y alimentado por una pila miniatura alojada en el cuerpo del micrófono. La tensión de la pila oscila entre 1, 5 y 6 V y el consumo de corriente está comprendido entre 50 y 150 A. Con un interruptor de corriente la duración de la pila es prácticamente ilimitada.

Se construye en las dos versiones, omnidireccional y cardioide. La sensibilidad es similar al micrófono de capacidad. La característica de respuesta cubre prácticamente todo el espectro audible pero la dinámica es inferior al de capacidad y con menos fiabilidad a largo plazo respecto a las variaciones climáticas. A igualdad de

respuesta de frecuencias es superior al dinámico en respuesta de frecuencias es superior al dinámico en respuesta transitoria. Su robustez, reducido tamaño, calidad y economía son características a tener en cuenta en la elección de un equipo doméstico de alta fidelidad.

#### OTROS TIPOS DE MICROFONOS.

##### Micrófonos de cristal.

Están constituidos por materiales cristalinos como la sal de Rochelle cortados en láminas, que poseen la propiedad piezoeléctrica que consiste en general una tensión al ser aplicada una fuerza entre sus caras. No requiere ninguna polarización exterior y la tensión obtenida entre las dos superficies exteriores metalizadas, en circuito abierto, es proporcional al desplazamiento.

La sensibilidad es excelente, del orden de -40 dB (re 1 V/Pa) con una impedancia interna capacitativa de unos 2 nF. Son muy sensibles a la humedad y la temperatura. No se utilizan para alta fidelidad.

##### Micrófonos cerámicos.

Se basan también en la propiedad piezoeléctrica.

El material más empleado es el titanato de bario bimorfo. No son tan sensibles como los piezoeléctricos a las variaciones climáticas pero su sensibilidad es unos 10 dB inferior, y la característica de respuesta es más extensa y regular. Se utilizan actualmente asociados a transistores FET en los audífonos para prótesis acústicas por sus dimensiones reducidas. Pueden ser utilizados en alta fidelidad.

#### Microfonos electromagnéticos.

Consisten en una armadura móvil que forma parte de un circuito magnético con uno o más entrehierros. Un solenoide actuando de bobina captadora rodea a esta armadura. Los movimientos de un diafragma de aluminio se transmiten a la armadura móvil y las variaciones de flujo en el entrehierro producen variaciones de tensión en la bobina captadora proporcionales a la velocidad del diafragma.

Son mecánicamente sensibles a los golpes y por tanto poco fiables. Su sensibilidad es bastante buena pero su característica de respuesta es muy irregular y limitada. Su impedancia interna es baja y, por sus reducidas dimensiones, ha sido el micrófono generalmente usado, hasta el advenimiento del electret, en las prótesis acústicas.

### Microfonos de carbón.

Consisten en un pequeño recipiente metálico que contiene gránulos de carbón térmicamente tratados y un electrodo móvil que cierra la cavidad y solidario a un diafragma. Los desplazamientos del diafragma producen variaciones en la resistencia de contacto de los gránulos de carbón y esta resistencia, que forma parte de un circuito de corriente continua, produce a su vez variaciones en la corriente eléctrica que son finalmente transformadas en variaciones de tensión o bien por una resistencia adicional o por un transformador en serie en el circuito.

La tensión es proporcional al desplazamiento de la membrana. La sensibilidad es del orden de -30 dB (re 1 V/Pa) con una impedancia interna de unos 40 ohmios. La distorsión con el modelo de simple cápsula es bastante elevada. Son muy ruidosos y la característica de respuesta es muy limitada e irregular. Por su alta sensibilidad y su construcción simple y robusta es el micrófono generalmente utilizado en la transmisión telefónica.

Existen otros tipos de micrófonos basados, unos, en los efectos electrostrictivo, magnetostrictivo, térmico, iónico y capacitativo, modulando en frecuencia o fase osciladores de alta frecuencia, otros, en modificaciones



de los ya estudiados anteriormente y que por su alta espe  
cialización no son mencionados en este resumen.

## ECUALIZADORES.

Uno de los elementos más importantes utilizados en el tratamiento del sonido son los ecualizadores de frecuencia. Estos elementos se pueden encontrar como equipos completos que cumplen la misión de alterar la linealidad de respuesta de una cadena de sonido o bien como parte de circuito de amplificación.

Los ecualizadores reciben diferentes nombres según la función a que van destinados, la banda de frecuencia en la que actúan y según su forma de actuación sobre el ancho de banda tratado. En general existe una primera división de los ecualizadores: activos y pasivos.

Entendemos por ecualizador pasivo aquel en cuya realización no interviene ningún componente que implique amplificación de señal (transistores, operacionales, etc) y el tratamiento de esta señal es realizado por elementos totalmente pasivos (resistencias, condensadores, bobinas). Como generalmente el tratamiento efectuado de esta forma comporta una atenuación de la señal, ordinariamente tras el ecualizador se sitúa un paso amplificador a fin de restituir el nivel de entrada al circuito. Sin embargo, es-

ta amplificación no interviene en el proceso de ecualización y por tanto se considera que el circuito es pasivo.

Los ecualizadores activos son aquellos en que la función es controlada por elementos que comportan amplificación, aunque como elementos que también intervienen en la función se encuentren asociadas resistencias, condensadores y bobinas.

Por la zona de frecuencia que tratan, los ecualizadores se dividen en de baja, media y alta frecuencia. - El punto de frecuencia nominal viene dado por el máximo - refuerzo-atenuación que producen sobre una frecuencia dada. Así cuando veamos que las características de un ecualizador vienen señaladas como  $\pm 16$  dB a 60 Hz, interpretaremos que en este punto de frecuencia señalado, el máximo refuerzo-atenuación que se puede conseguir es de 16 dB; - evidentemente las frecuencias próximas a 60 Hz también -- quedarán modificadas aunque en menor cantidad, cuyo valor dependerá del tipo de ecualizador de que se trate.

#### Filtros de paso alto y paso bajo (cutt-off).

Estos filtros pertenecen a un tipo especial de -- ecualizador y su principal característica consiste en no reforzar nunca el punto de frecuencias sobre el que ac - -

ñan, produciendo por el contrario una atenuación brusca sobre el punto expresado, cortando todas las frecuencias anteriores o posteriores. Su forma de actuación se señala referenciando el punto de trabajo con el número de dB/octava de atenuación. Por ejemplo: "Filtro paso alto a 60 Hz 24 dB/octava". Quiere esto decir que sólo deja pasar frecuencias superiores a 60 Hz y que el corte de frecuencias es de 24 dB entre 60 Hz y 30 Hz (octava de 60), con lo cual se conoce la energía del corte efectuado.

De lo dicho se deduce que sólo existen en este -- apartado filtros de paso alto (high pass filter) y filtros de paso bajo (low pass filter). A ambos se les conoce como filtro de corte (cut-off filter). Por la combinación de dos de estos filtros obtendremos un filtro paso banda.

En los filtros se toma como frecuencia de corte -- aquel valor para el cual la atenuación es de 3 dB.

#### Ecuualizadores de baja y alta frecuencia.

Actúan sobre los extremos de la banda audible: la pendiente que produce el refuerzo o atenuación en los puntos seleccionados no se expresa, aunque depende del diseño del filtro que ésta sea más o menos acusada. El punto máximo de refuerzo-atenuación es generalmente sobre el --

que se expresa la función del ecualizador. Algunas veces se prefiere dar este punto 3 dB antes de llegar al máximo valor de refuerzo-atenuación. Así se dice que un ecualizador produce un refuerzo de 18 dB para una frecuencia de 100 Hz (turnover frequency) con lo que sabemos que el verdadero refuerzo a esta frecuencia será de 15 dB.

Ecualizadores de frecuencia media (mid range equalizers).  
Q de un ecualizador.

Estos ecualizadores actúan sobre la banda media de audiofrecuencia, y producen el máximo refuerzo o la máxima atenuación en un punto dado de frecuencia (llamada frecuencia central). El ancho de banda modificado implica aportar un nuevo dato denominado Q del ecualizador.

Este dato viene dado por la fórmula

$$Q = \frac{f_c}{B}$$

en donde  $f_c$  es la frecuencia central y B el ancho de banda sobre el que actúa, expresado en hertzios. Se debe tener presente que se toma como valor de los extremos de frecuencia para B, aquellos puntos que representan un refuerzo-atenuación de 3 dB sobre la respuesta lineal.

Ecualizadores seleccionables.

Los ecualizadores más sencillos tienen su punto -

de trabajo prefijados por el diseñador del circuito, pero en algunos casos, y sobre todo en el campo profesional, - el punto de frecuencia es seleccionable y así se pueden encontrar filtros de paso alto que actúan a voluntad a 30, 60 y 125 Hz o de paso bajo que lo pueden hacer a 10, 12 y 15 kHz; igual ocurre con los ecualizadores de media, baja y alta frecuencia.

Dado que la actuación de todos los filtros descritos anteriormente no se produce necesariamente de forma individual, la resultante de la actuación de todos ellos produce una respuesta del circuito amplificador, fuertemente modificada y cuya curva es la de ecualización compuesta.

#### Ecualizadores gráficos.

Reciben este nombre por la facilidad de visualizar la aplicación del ecualizador en su panel. Este ecualizador se presenta en la práctica con numerosas variantes, incluyendo los más completos que presentan 27, 34 o más puntos de control de frecuencia, los cuales se denominan de "tercios de octava" por estar así dispuesta la selección de frecuencia. Los más simples ecualizan por octavas, disponiendo de un control para cada centro de octava. En ambos casos estos instrumentos refuerzan o atenúan la señal en valores del orden de  $\pm 12$  dB aproximada-

mente, dependiendo su acción del  $Q$  de cada filtro. Los filtros de tercio de octava son utilizados generalmente para corregir la acústica de las salas, pero su ajuste debe hacerse con los medios adecuados (generador de ruido rosa, micrófono patrón y analizador de tiempo real). La utilización de estos ecualizadores sin conocimiento profundo del tema puede acarrear grandes distorsiones de fase, debido a la actuación de filtros con margen de frecuencias muy próximos.

Los ecualizadores de octava sirven para corregir respuestas con mayor facilidad que los de tercios, sin necesidad de un equipo tan especializado; por esta razón se utilizan como correctores en registro y otras aplicaciones.

#### Ecualizadores paramétricos.

Estos ecualizadores tienen la particularidad de que pueden seleccionar la frecuencia de trabajo y también el  $Q$  del filtro; de esta forma puede hacerse más ancha o estrecha la banda de frecuencias sobre la que actúa.

#### Filtro de banda estrecha (notch filter).

Estos filtros son siempre atenuadores, actuando

sobre un margen muy estrecho de frecuencias; su misión es suprimir algún punto de frecuencia sobre el que se produce una perturbación. Por ejemplo, se utilizará este tipo de filtro si tenemos zumbido de 50 Hz producido por la -- frecuencia de red y no se quiere modificar el resto de -- respuesta ni por abajo ni por arriba de este punto.

### Filtros subsónicos.

Son un tipo muy especial de filtro paso alto. Só lo atienden frecuencias de orden mucho más bajo que las -- que puede percibir el oído humano, pero que sin embargo - pueden causar problemas en los equipos de registro y reproducción; así, por ejemplo, se utilizan para eliminar - frecuencias del orden de 2 a 5 Hz que pudieran alcanzar - el punto de resonancia del brazo de un giradiscos.

### Condiciones de actuación sobre los ecualizadores y filtros.

Para obtener un buen resultado del equipo de ecualización resulta imprescindible conocer las frecuencias - que comprende la fuente sonora que se trata de corregir.

Según un estudio de Gar Kulka's, podemos dividir el espectro de frecuencias en seis partes.

1°. Muy bajas frecuencias, entre 16 y 60 Hz. Es-



tas frecuencias dan a un programa musical la sensación de potencia, sobre todo si se produce de forma súbita. De producirse de manera continuada o con demasiado énfasis, producen un efecto de máscara sobre el programa musical y lo ensucian. Deben utilizarse con --discreción.

- 2°. Las frecuencias bajas comprendidas entre 60 y 250 Hz contienen las notas fundamentales de la sección de ritmo y la ecualización en esta banda puede producir un cambio de balance en el programa musical. Demasiado refuerzo en esta banda puede hacer que el programa musical resulte atronador.
- 3°. La banda media de frecuencias, comprendida entre 250 y 2000 Hz, contiene armónicos de bajo valor de algunos instrumentos musicales. Demasiado refuerzo en esta banda puede producir un sonido muy nasal o telefónico. Si el refuerzo se produce entre 500 Hz y 1 kHz, el sonido resultante dará la sensación de proceder del interior de un tubo. Si el refuerzo se produce entre 1 y 2 kHz, la impresión será de tubo metálico. Un exceso de refuerzo en esta banda produce fatiga en el oyente.

- 4°. La banda media alta, comprendida entre 2 y 4 kHz, resulta muy importante para el reconocimiento de la voz; si es modificado excesivamente resultará la voz con acusado "ceceo". Los fonemas que se forman fundamentalmente con los labios y en las que interviene la m, b y v resultarán confusos. Un refuerzo excesivo sobre los 3 kHz causa fatiga.
- 5°. La banda de frecuencias, comprendida entre 4 y 6 kHz, es responsable de la "claridad" y "transparencia" de la voz y los instrumentos. El incremento de ecualización sobre los 5 kHz produce el mismo efecto sobre nuestro oído que si el programa se hubiera incrementado en 3 dB de nivel. Este truco es empleado por algunos ingenieros de sonido para dar una mayor impresión de nivel al registro. La atenuación en esta frecuencia produce un sonido más distante y transparente.
- 6°. La banda de 6 kHz a 16 kHz sirve para controlar el "brillo" y "claridad" de los sonidos. Demasiado refuerzo producirá un sonido cristalino y siseos en la s y vocales.

La mejor manera de ecualizar es siempre proceder a comparar la señal natural con la ecualizada, no olvidando nunca la diferencia de nivel que ciertos tipos de ecualización exagerados comportan, lo cual (ante la mayor presencia de nivel) nos puede inducir a creer que es buena - una ecualización que, de ser escuchada en condiciones normales, nos resultaría ingrata.

También es necesario conocer las limitaciones que esta señal tendrá posteriormente si el registro está destinado a una edición pública. Por ejemplo, es absurdo -- que se proceda a ecualizar por encima de 12 kHz un registro destinado a ser duplicado en el formato cassette, ya que la cinta de cassette duplicada a alta velocidad no lo registrará. Además, este error comportará una elevada -- distorsión por saturación en las altas frecuencias.

#### Ecualizadores especiales (circuitos de preénfasis y deénfasis).

Existen circuitos de ecualización que son aplicados recíprocamente durante los procesos de registro y de reproducción. Estos circuitos cumplen una misión muy específica en las funciones de registro y reproducción a -- que van destinados, sirviendo para aumentar la relación - señal/ruido que aparecen en los procesos respectivos. Un

ejemplo muy conocido es la curva de ecualización utilizada durante el registro y la reproducción discográfica, conocida como curva RIAA. Los valores de estos circuitos se expresan en función de sus constantes de tiempo.

## Práctica

Ganancia, atenuación y ancho de banda.  
Medición del factor "Q" de una banda de  
un ecualizador gráfico.

### Objetivo:

- Verificación de operación con respecto a sus especificaciones de un ecualizador gráfico.

### Equipo:

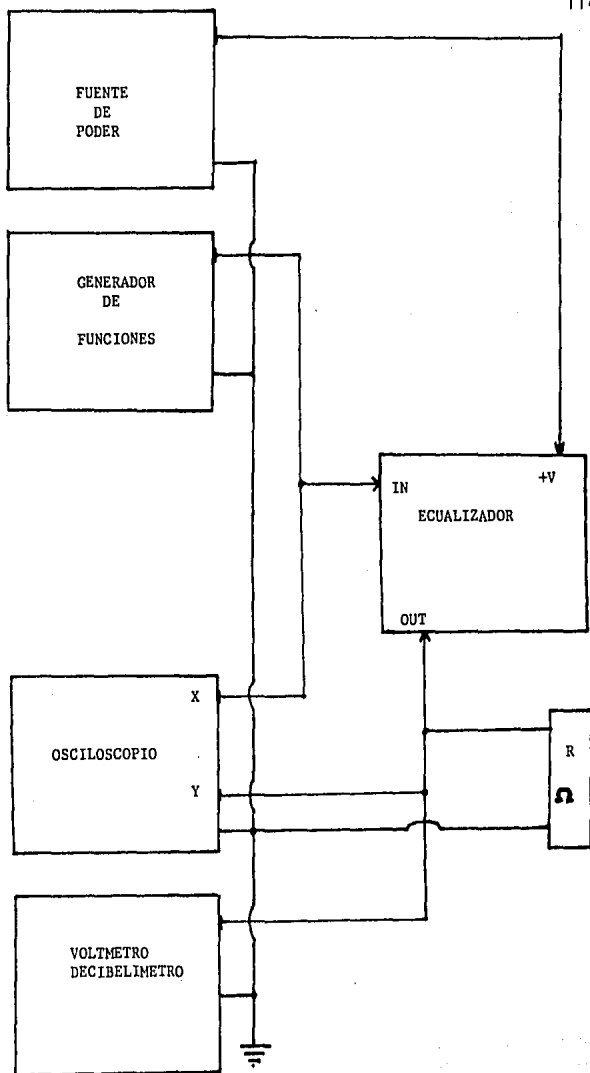
- Ecualizador gráfico.
- Resistencia de carga.
- Un osciloscopio.
- Un voltmetro/decibelímetro.
- Un generador de funciones.
- Una fuente de poder.

(Verificar qué corriente necesita el ecualizador para poder elegir nuestra fuente con la capacidad correcta).

Diagrama de conexiones: (ver siguiente hoja)

### Procedimiento:

Primeramente procederemos a conectar el equipo co



mo lo muestra el diagrama de conexiones.

Posteriormente, alimentaremos con el voltaje especificado nuestro ecualizador (verificar la corriente de operación del mismo, así como también su elemento de protección, para una mejor seguridad).

Ahora bien, generemos una señal senoidal de 20mV pico a pico con una frecuencia de 1 KHz.

Todas las bandas del ecualizador deberán estar en su forma lineal, es decir, en 0 dB. Verificaremos en el osciloscopio que nuestra señal de salida no tiene ganancia y/o atenuación.

Procederemos ahora a mover nuestra banda de 1 KHz (frecuencia escogida con la que generamos nuestra señal), dándole ganancia hasta donde lo especifique y verificando al mismo tiempo en nuestro voltmetro/decibelímetro que ésto suceda.

Anotemos nuestros resultados paso por paso y compáremoslos con lo especificado en nuestro ecualizador.

¿Qué es lo que sucede?

Ahora atenuaremos hasta lo especificado en nuestro ecualizador paso a paso y verificando en nuestro voltmetro/decibelímetro los valores.

Tenemos ya los valores reales de ganancia y atenuación de nuestra banda y ahora procederemos a medir el ancho de banda.

Daremos una ganancia a la banda y moveremos en nuestro generador la frecuencia hacia valores por arriba de 1 KHz. Cuando exista un refuerzo-atenuación de 3 dB en su respuesta, anotaremos la frecuencia en que ocurre esto (frecuencia de corte).

Volveremos a realizar lo mismo con la variante de darle ahora a nuestra señal atenuación.

En base a la frecuencia de corte y al ancho de banda, así como la frecuencia central, determinaremos la Q de esta banda del ecualizador (factor de calidad).

#### Conclusiones:

Observamos que lo especificado en ganancia y/o atenuación se cumple, aunque encontraremos algunas anomalías con respecto a nuestra respuesta deseada, como es el caso



de ruido, distorsión, diafonía, entre otros.

Todo ésto depende del diseño utilizado y la calidad de los componentes. Ciertos fabricantes sacrifican la ganancia y/o atenuación pero recortan el ancho de banda dando una mejor Q del ecualizador, mientras otros ponen mayor énfasis en la ganancia y/o atenuación, y sin embargo el ancho de banda aumenta.

Recordemos que para una selección correcta es necesario definir qué uso se le dará y así poder elegir -- con ayuda de las especificaciones del fabricante el equipo que más se adecúe a nuestras necesidades, buscando claro está, un diseño integral.

## SERIE DE PREGUNTAS

## CAPITULO III

1. ¿Qué es un micrófono?
2. ¿Cómo están caracterizados?
3. Defina sensibilidad.
4. ¿Qué es el nivel de sensibilidad?
5. ¿De qué depende la fidelidad de un micrófono?
6. Defina directividad.
7. Mencione qué clases de micrófonos son habitualmente -  
utilizados en alta fidelidad.
8. ¿Cómo se dividen los micrófonos según su característica  
direccional?
9. Mencione otros tipos de micrófonos.
10. ¿Qué es un ecualizador?
11. ¿Qué entendemos por ecualizador activo?
12. Por la zona de frecuencias que manejan los ecualizadores,  
¿cómo se dividen?
13. ¿Qué es un ecualizador paramétrico?
14. Aproximadamente qué rango de frecuencia eliminan los  
filtros subsónicos.
15. Haga un reporte de la práctica.

## RESPUESTAS

## CAPITULO III

1. Es un transductor de señal acústica en señal eléctrica.
2. Por su;
  - a) Sensibilidad
  - b) Fidelidad
  - c) Directividad
  - d) Impedancia interna
  - e) Ruido de fondo.
3. La sensibilidad  $M$  es la relación entre la tensión eléctrica expresada en voltios obtenida en bornes del micrófono en circuito abierto y la presión sonora, expresada en Pascal, que actúa sobre la membrana a  $1 \text{ KHZ}$ .
4. El nivel de sensibilidad  $L_m$  es la relación expresada en dB entre la sensibilidad  $M$  y la sensibilidad de referencia  $M_r$  ( $1 \text{ V/Pa}$ ).
5.
  - a) Gama de respuesta
  - b) Regulación

## c) Linealidad

6. La directividad es la variación del nivel de sensibilidad en función del ángulo formado por el eje de simetría de la membrana y la dirección de propagación de las ondas sonoras.
7. a) Electrodinámicos: de bobina móvil y de cinta.  
b) Electrostáticos: de condensador y electret.
8. En micrófonos omnidireccionales, bidireccionales y unidireccionales.
9. Micrófonos de cristal, cerámicos, electromagnéticos y de carbón.
10. Es un elemento que puede alterar la linealidad de respuesta de una cadena de sonido o bien como parte de un circuito de amplificación.
11. Son aquéllos en que la función es controlada por elementos que comportan amplificación, aunque como elementos que también intervienen en la función se encuentran asociadas resistencias, condensadores y bobinas.
12. Baja, media y alta frecuencia.

13. Son los ecualizadores con los que se pueden seleccionar la frecuencia de trabajo y también el Q de filtro.
14. Frecuencias del orden de 2 a 5 HZ.
15. Referirse al desarrollo de la práctica.

C A P I T U L O   I V

GRABADORAS A CASSETTE

## GRABADORAS.

### Fundamentos de la grabación magnética.

La descripción en detalle del conjunto de fenómenos electromagnéticos que acontecen en el funcionamiento de una grabadora, requiere una exposición previa de los principios de la teoría electromagnética.

Los fundamentos del magnetismo describen el estudio del fenómeno denominado magnetización por inducción, según el cual todas las sustancias, en mayor o menor grado, adquieren un estado especial de imanación cuando se encuentran en presencia de un flujo magnético.

En razón a su facilidad para imanarse, las sustancias se clasifican en tres grandes grupos:

Ferromagnéticos: son capaces de imanarse

Diamagnéticos: no admiten ninguna imanación

Paramagnéticos: susceptibles a una débil imanación.

El hierro y sus aleaciones pertenecen al primer grupo.

El flujo que produce la imanación puede tener su

origen en un imán permanente, en cualquier sustancia anteriormente imanada o incluso puede estar originado por una corriente eléctrica según el principio de que una corriente eléctrica crea un flujo magnético en las proximidades del conductor por el que circula.

El grado de imanación de una sustancia depende de la intensidad de campo magnético al que haya sido expuesta. En ausencia de éste es imposible la imanación; si existe pero es débil, el grado de imanación será pequeño, si es fuerte aumenta la magnetización de la sustancia hasta llegar a un punto en que por mucho que aumente el valor del agente magnetizante, ésta no alcanza ya mayores grados de imanación. Este fenómeno se produce porque cualquier elemento tiene una capacidad máxima de imanación que no se puede sobrepasar. Cuando se llega a este límite se dice que la sustancia está saturada.

Si observamos con atención un imán veremos que el fenómeno magnético no se manifiesta de manera uniforme en toda su masa, sino que se hace patente principalmente en dos zonas denominadas polo norte y polo sur. Alrededor de este imán se crea un estado particular del espacio circundante que recibe el nombre campo magnético y se representa imaginariamente por líneas de fuerza.



Uno de los efectos secundarios del magnetismo es el de la atracción magnética, si bien una sustancia magnetizada no tiene porque atraer a otra siempre que las líneas de fuerza del campo magnético circulen exclusivamente por el interior de dicha sustancia.

Imaginemos una cinta magnética de las utilizadas corrientemente en las grabadoras. Básicamente consiste en una película de plástico sobre la que se deposita una finísima capa de material magnético. Si bien el soporte de plástico, así como los elementos aglutinantes, son muy importantes para el buen funcionamiento de la cinta, la capa magnética es el medio que permite la grabación, y por lo tanto ha de ser de un material ferromagnético.

En la mayoría de los casos se utilizan diversas variedades del óxido de hierro aunque en los últimos años han aparecido nuevos materiales adecuados para este fin. Las partículas magnéticas, que pueden considerarse como una multitud de pequeños imanes, se presentan generalmente en forma de agujas, y con el fin de aprovechar mejor sus propiedades se alinean físicamente, durante la fabricación, por medio de un proceso magnético, de forma que su mayor dimensión se corresponda en general con la de la cinta. De este modo pueden ser magnetizadas en una u otra dirección dependiendo del campo magnético que se les aplique.

Todas las sustancias ferromagnéticas, y por supuesto, la capa sensible de una cinta magnética para grabadora se imana bajo el efecto de un campo magnético con arreglo a un proceso cuya representación esquemática corresponde al de la figura 1.

La curva muestra la forma en que se magnetiza cualquier sustancia. El tramo 0-1 corresponde a la magnetización propia de la sustancia antes de ser expuesta a los efectos del campo magnetizante. Si partimos del punto 0 (sustancia sin magnetizar), el elemento adquiere mayor grado de imanación según aumenta el valor del campo magnético aplicado hasta alcanzar el punto de saturación a partir del cual, aunque aumente el valor del campo aplicado, permanece constante la magnetización de la sustancia y la curva se mantiene paralela al eje de abscisas.

Si posterior y paulatinamente se hace decrecer el valor del campo aplicado  $H$ , la curva recorre el tramo comprendido entre los puntos 1 y 2. En el punto 2 se observa que, con un valor nulo del campo magnético aplicado, la sustancia se mantiene imanada; esto implica que cualquier sustancia sometida a un campo magnético no sólo se imana mientras existe éste sino que, una vez desaparecido, mantiene un cierto grado de magnetización denominado magnetismo remanente.

Para que disminuya el valor alcanzado en el punto 2 es preciso crear un campo de polaridad opuesta a la anterior e ir aumentando su intensidad (porción 2-3 de la curva). En el punto 3 la sustancia se vuelve magnéticamente neutra (desaparece la imanación); el valor del campo magnético en este punto se denomina fuerza coercitiva. A partir del punto 3 de la curva, los aumentos de la intensidad del campo magnético inverso producen un efecto de imanación negativa hasta que en el punto 4 se llega a un estado de saturación.

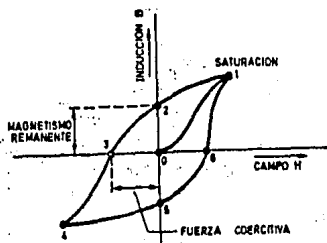


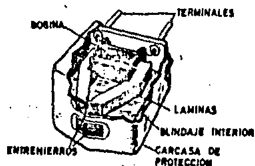
FIG. 1.- Ciclo de histéresis.

Desde el punto 4 hasta el 1, el proceso es similar al descrito al recorrer la curva en el sentido 1-4.

La gráfica anterior se conoce en términos físicos como ciclo de histéresis.

### El proceso de registro.

En la figura 2 se muestra la distribución interior de elementos en una cabeza magnética. Pueden observarse las bobinas y las piezas polares (dos juegos en la figura, cada uno de ellos correspondiente a un canal estereofónico).



**FIG. 2.-** Vista en sección de una cabeza magnética.

Dichas piezas polares terminan en la superficie de la cabeza, sobre la que pasa la cinta a una determinada velocidad, y están separados por un espacio de tamaño muy reducido relleno de material no magnético que separa ambos polos; las dimensiones de dicho entrehierro se expresan en micras y su valor definitivo depende del tipo de aplicación de la cabeza y la inversión (tiempo y dinero) que el fabricante haya destinado a su producción.

Seguidamente vamos a explicar el funcionamiento de este dispositivo.

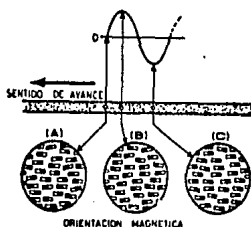
La bobina, al recibir las variaciones eléctricas de la señal de audio, produce un campo magnético en el entrehierro, campo que varía en intensidad y polaridad de acuerdo con los cambios de dicha señal.

Este flujo de campo magnético circula por el óxido de la cinta para cruzar el entrehierro. El resultado es una variación magnética, impresa en la cinta en movimiento, que corresponde a los cambios en la señal de audio. Si el entrehierro se hace demasiado pequeño, el flujo magnético tenderá a circular por el entrehierro en vez de cerrar el lazo por la capa sensible de la cinta.

El campo en el entrehierro es una representación magnética de la señal eléctrica de audio que circula por la bobina. Un tono puro puede representarse de forma gráfica por una curva sinusoidal, según se muestra en la figura 3.

Esta forma de onda muestra cómo cambia la señal en intensidad y dirección (polaridad) en un período de tiempo determinado por la frecuencia. La mitad superior de la curva representa la variación de intensidad de la señal cuando aumenta, lleva al valor máximo y retorna al punto cero. La mitad inferior muestra el mismo fenómeno en sentido contrario cuando el flujo de corriente es in-

verso. La representación completa de dicho gráfico es la señal alterna en un ciclo completo de funcionamiento; en la parte a trazos comienza otra porción del ciclo. El campo magnético que esta señal produce en la cinta sigue la variación de ésta en forma exacta; aumenta y decrece cuando lo hace la corriente y cambia la polaridad cuando la corriente cambia de sentido.



**FIG. 3.-** Orientación magnética de las partículas en una cinta.

Cuando la cinta pasa ante la cabeza, sus partículas magnéticas (que hasta este momento presentaban una disposición aleatoria) son afectadas por el campo magnético constantemente variable del entrehierro. Como puede comprobarse en la figura 3 el máximo flujo magnético coincide con los picos de la curva. En estos puntos las partículas de óxido (que se comportan como imanes miniatura) quedan orientados magnéticamente con sus polos norte a la izquierda. La corriente vuelve entonces a cero, se invierte, y comienza a aumentar de nuevo en sentido opuesto. En

este nuevo pico las partículas están con su magnetismo -- orientado de forma inversa a la disposición anterior (las partículas en sí no se mueven, únicamente cambian la polaridad e intensidad de su magnetismo). En definitiva, el movimiento de la cinta continúa y las variaciones de señal quedan registradas como una serie de impulsos magnéticos, que a su vez dependen de la intensidad, polaridad y frecuencia de la señal.

De cualquier forma, lo más interesante del proceso de grabación es relacionar el valor de la magnetización remanente en función del flujo magnético, puesto que en definitiva son los valores de magnetismo remanente los -- que quedan grabados en la cinta.

#### Predisposición (BIAS).

Las sustancias que pueden ser magnetizadas tienen una cosa común: las corrientes eléctricas que producen el magnetismo son mucho menos efectivos a bajos niveles -- que ellos a niveles altos. Conforme la corriente incrementa de cero, resulta un magnetismo muy pequeño hasta -- que un punto es alcanzado y que en efecto vence la inercia.

Este inicio lento, es generalmente referido como

pérdidas por histéresis y variará con cada substancia magnética. La cinta magnética sufre de éstas pérdidas y su modelo magnético es similar a la siguiente gráfica.

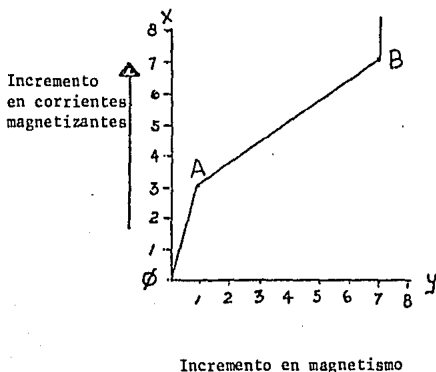


FIG. 4.

Conforme la corriente incrementa de 0 a 3 en el eje x, vemos que el magnetismo ha incrementado únicamente de 0 a 1 en el eje y de 0 a A, es el área de pérdidas. Del punto A al punto B, vemos que un incremento relativamente pequeño en corrientes magnéticas, ocasiona un incremento similar en magnetismo. Lo más importante, es que A-B es lineal, y cada aumento desarrollado en el eje x resulta en un aumento igual correspondientemente en el eje y, por ejemplo, cada incremento de 1 en el eje x arriba del punto A resulta en un incremento de 1.5 en el eje y.

El punto B, es llamado el punto de saturación, el



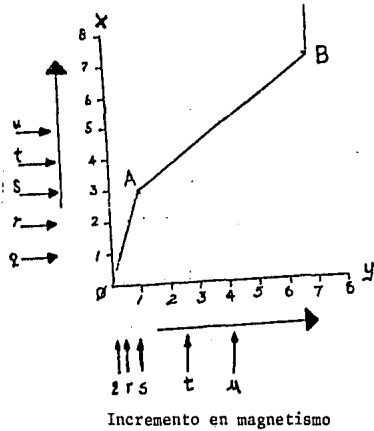
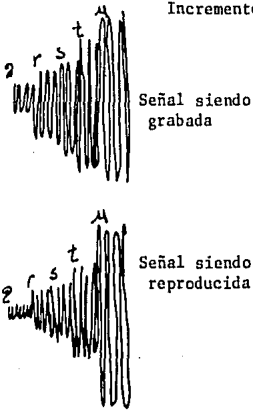
punto donde la cinta es magnetizada tanto como pueda ser magnetizada y cualquier incremento adicional en corriente no producirá un incremento en magnetismo.

La corriente magnetizante para la cinta magnética es la corriente de grabación. La amplitud de una corriente de grabación es un reflejo o imagen directa de la amplitud del sonido (música) que la produce. La fuerza (amplitud) del modelo magnético (grabado) en la cinta es por lo tanto un reflejo directo de la amplitud del sonido que lo produce y cuando es reproducido, éste reproducirá la misma amplitud de sonido.

¿Qué podría resultar si nosotros grabamos música en el trazo de cinta entero, O-A-B? Imagine un músico tocando una nota larga sostenida e incrementando periódicamente el volumen de la nota en los puntos r, s, t, y u. La nota es reflejada como una corriente de grabación en el eje x y un sonido reproducido en el eje y.

Note que r, s, y t en el eje y son muy bajos en amplitud, después repentinamente en u el volumen se vuelve tremendo. El punto s y el punto A son los puntos donde la inercia es superada. Arriba del punto A (s), cada aumento desarrollado en la corriente de grabación resulta en un aumento correspondientemente igual en la corriente de reproducción.

## Incremento en corrientes magnetizantes



Las corrientes de grabación no tienen que iniciar de cero. Ellas pueden ser producidas para que inicien en el punto A, añadiendo otra corriente para iniciar en cero y así magnetizar la cinta lo suficiente para vencer la inercia. Esta corriente adicional es llamada predisposición (bias). Es 3 ó 4 veces más grande en amplitud que la corriente de grabación en orden para vencer la inercia y es muy alta en frecuencia, para prevenir que sea reproducida en la reproducción.

Las corrientes de predisposición y grabación son mezcladas en la cabeza grabadora.

Resumiendo, vemos que la predisposición (bias), es una corriente magnetizante aplicada continuamente durante el proceso de grabación para superar la "inercia". Las señales de grabación después añadidas irán en una cinta "preparada".

### Ecuilización.

Ecuilización es simplemente el proceso de restaurar o reintegrar un sonido a su estado original, después de la grabación y reproducción de ese sonido. "Restaurar" puede indicar que algo está perdido en el proceso de grabación-reproducción y algo lo está.

Idealmente, si nosotros grabamos todas las frecuencias que el humano puede escuchar (más o menos 20 Hz a 18 KHz) usando el mismo nivel de energía de grabación - para todas estas frecuencias, nosotros recobraríamos (reproducir) todas estas frecuencias con los mismos resultados. Gráficamente se podría ver como se muestra a continuación;

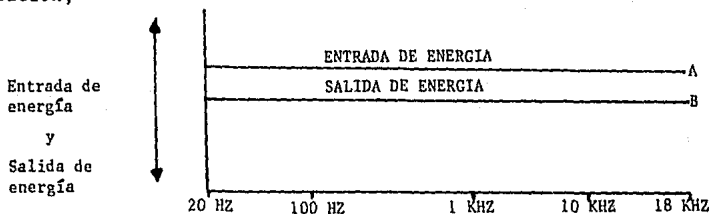


FIG. 5.

La relación de energía, entrada a salida, permanece la misma (lineal) para todas las frecuencias y es llamada una respuesta lineal o plana. Note que hay pérdida entre la entrada de energía y la salida de energía, pero la pérdida es lineal o plana para todas las frecuencias. Ecuilibrando, o corrigiendo para esta pérdida lineal sería simplemente cuestión de levantar el amplificador lo suficiente para retirar la pérdida. Tal sería la situación ideal.

El proceso de grabación y reproducción difiere -- considerablemente del ideal. Muchas cosas son implicadas en el proceso de grabación-reproducción, que no cooperan completamente, el más incooperativo siendo la cinta magnética en sí misma. Pérdidas de energía ocurren que no son lineales, las frecuencias más altas perdiendo más que las bajas frecuencias. Una gráfica mostrando las pérdidas de grabación-reproducción reales sería como ésta:

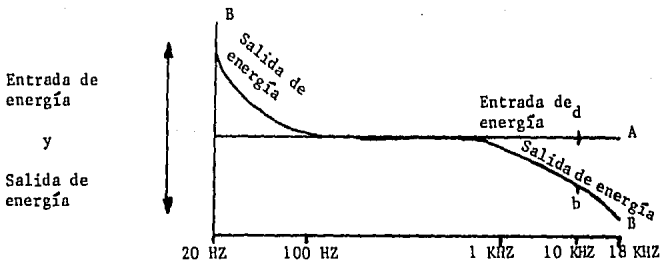


FIG. 6.

Una nota de alta frecuencia grabada a nivel de -- energía y frecuencia de coordenada "a" sería reproducida al nivel de energía y frecuencia de coordenada "b" reducida de gran manera en volumen, y sería probablemente "pérdida" en notas acompañantes.

Note que el trazo B (pérdidas) muestra una pequeña "joroba" arriba del trazo A, en el área de baja frecuencia. Esto indica que el proceso de grabación-reproducción realmente incrementa el volumen de las bajas frecuencias. La ecualización para bajas frecuencias, es por tanto, una reducción en volumen.

La ecualización aumenta el nivel de energía (volumen) para compensar las pérdidas de energía en las diversas frecuencias. Por ejemplo, si sabemos que tenemos una pérdida de 5 dB a 4500 Hz, entonces subiremos el volumen a 4500 Hz y 5 dB adicionales. Sumados algebraicamente, -5 db pérdidas + 5 db ecualización = 0 db cambia del original. Gráficamente el trazo de ecualización (C) será -- una imagen espejo del trazo de pérdida (B), y la suma algebraica de dos juntos cualesquiera que están uno arriba de otro, igualará el trazo deseado (A), la energía de entrada.

La Asociación Nacional de Radiodifusores (National Association of Broadcasters. NAB) establecieron la curva (trazo) de ecualización que es usada completamente por -- los Estados Unidos, Canadá y México. Europa tiene su propio estándar de ecualización, establecido por el Comité - Consultor para Radio Internacional (Consulting Committee for International Radio -CCIR-). Este varía ligeramente del estándar NAB en que, las bajas y altas frecuencias -- aparecen un poco más sonoro que cuando la grabación-reproducción es hecha usando el estándar NAB.

La velocidad de la cinta representa una parte importante en el proceso de ecualización. Las pérdidas cambiarán conforme la velocidad de la cinta cambie y la ecualización debe cambiar para compensar las pérdidas. Las - grabadoras-reproductoras profesionales de audio tienen un circuito de ecualización separado para cada velocidad de cinta.

#### La grabadora a cassette.

#### Particularidades.

- a) Cabezas y número de pistas. La anchura de la cinta cassette normalizada es de 3.8 mm en lu-- gar de los 6.35 mm de la cinta de carrete - --

abierto; por lo tanto, el ancho de la cinta -- grabadora también es menor.

Las modalidades existentes pueden resumirse en:

- 1) Sistema de dos pistas (mono)
- 2) Sistema de dos pistas (estéreo)

La distribución de pistas en grabaciones estéreo es distinta en el formato cassette, ya que los dos canales se graban en las pistas 1, 2 y 3, 4 en cada pasada mientras que en los sistemas de cinta a carrete los canales estéreo se registran en las pistas 1, 3 y 2, 4.

Como consecuencia inmediata del reducido ancho de pista se puede deducir que la consecución de grabadoras de cassette de auténtica alta fidelidad, objetivo hoy cumplido con creces, ha sido una labor que exigió tiempo e ingente esfuerzo investigador. Uno de los temas que más tiempo ha ocupado a los laboratorios de los -- principales fabricantes ha sido el de encontrar un material para la construcción de cabezas magnéticas, que trabaje en condiciones satisfactorias en cuanto a desgaste y prestaciones.

Actualmente, generalizando, podemos resumir -- que se emplean tres tipos de materiales para la fabricación de cabezas magnéticas de grabadoras a cassette: Ferrita, Permally, Sendust (Senalloy).

De los tres materiales, el que ofrece un índice de dureza y resistencia al desgaste mayor es la ferrita (650 en la escala de Vickers) -- frente a 500 del Sendust, 200 del Permalloy en endurecido y 120 del Permalloy mumetal. Sin embargo, en términos magnéticos la ferrita es -- más sensible a la saturación con corrientes -- elevadas de polarización que el Permalloy o -- Sendust y su linealidad con bajos niveles de señal (condición de trabajo de la cabeza de re producción) es también menor. La mayor linealidad magnética se consigue utilizando Perma-- lloy (gracias a su reducida coercitividad y -- elevada permeabilidad). El Sendust proporciona las mayores densidades de flujo (necesarias para el funcionamiento con cintas de metal pu-- ro) un nivel de desgaste similar al de la ferri-- ta y una linealidad muy próxima a la del Perma-- lloy.



En las grabadoras a cassette también es posible encontrar la configuración de dos cabezas (borrado, grabación-reproducción) o tres cabezas (borrado, grabación, reproducción).

- b) Polarización y ecualización. En el sistema a cassette las normas aceptadas como estándar -- por todos los fabricantes de grabadoras han estado ligadas muy estrechamente a la aparición de nuevas composiciones de la capa magnética de la cinta. En efecto, cada novedad en el -- mercado exige, por lo general, cambios en los valores de polarización y ecualización, con el fin de obtener los mejores resultados en cada caso.

Coercitividad y remanencia, adquieren enorme importancia como definidoras de las prestaciones que una cinta magnética puede llegar a dar. En los cuatro tipos básicos de formulaciones magnéticas para cintas cassette que actualmente existen en el mercado, el nivel de polarización adecuado para su correcto funcionamiento es distinto. En líneas generales podemos afirmar que cuanto mejores prestaciones ofrece un tipo de cinta a cassette mayor suele ser la am

plitud de la corriente de polarización necesaria para un aprovechamiento óptimo de sus posibilidades.

Los fabricantes suelen dotar a sus aparatos de selectores de polarización-ecualización con -- distintas posiciones para cada tipo de cinta, e incluso algunos de ellos incorporan un pequeño ajuste fino de polarización en cada posición para obtener el máximo rendimiento según la marca de la cassette empleada.

Para ecualización existen unos valores normalizados aceptados por los fabricantes de cintas y grabadoras.

En general podemos resumir que el efecto de la ecualización en cintas cassette es reforzar, - en reproducción, la respuesta en agudos, para soslayar, en lo posible los efectos de las pérdidas en alta frecuencia debidas a la reducida velocidad de paso de la cinta y a otras existentes en el proceso de grabación.

Para llevar a la práctica esta solución se elige una frecuencia fija a partir de la cual se

realzan todas las frecuencias superiores.

En el caso de las cintas de óxido de hierro esta frecuencia es de 1.326,3 Hz ó 120  $\mu$ s (como ya hemos visto se prefiere hablar de microsegundos, en vez de frecuencias, puesto que el número de aquéllos indica directamente las características de la red R-C necesarias para producir la curva de respuesta deseada).

Puesto que las cintas de bióxido de cromo ( $\text{CrO}_2$ ) y metal puro necesitan menos refuerzo por su mejor comportamiento en frecuencias altas, la frecuencia elegida como punto de partida para su incremento es 2.273,6 Hz ó 70  $\mu$ s.

En cuanto a las ventajas o desventajas de ambas ecualizaciones, la curva de la figura 7 es bastante explícita.

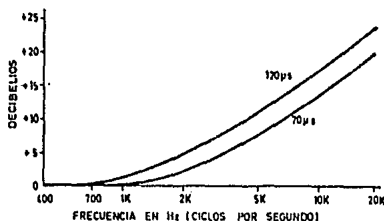


FIG. 7.- Curvas de ecualización estándar.

En la mayor parte del margen de altas frecuencias la característica de 120 s (ecualización normal) está por encima 4, 5 dB de la correspondiente a 70 s (ecualización CrO<sub>2</sub> metal). Esto significa que, si bien ambas curvas producen respuesta plana empleando el tipo de cinta adecuado cualquier ruido residual captado por la cabeza se verá incrementado 4, 5 dB con ecualización de 120 s.

- c) Velocidad de paso de la cinta. En el formato cassette la velocidad normalizada de paso de la cinta es de 4,75 cm/s. Este valor es muy reducido para la obtención del necesario nivel de calidad en alta fidelidad, lo que hace comprender el tiempo transcurrido entre el nacimiento del sistema cassette y sus aplicaciones de alta fidelidad. Hoy en día hay muchos aparatos en el mercado capaces de ofrecer respuestas en alta frecuencia de hasta 20.000 Hz.

A pesar de todo, las limitaciones que impone dicha velocidad son importantes, y ya existen en el mercado grabadoras a cassette de dos velocidades 4,75 y 9,5 cm/s, capaces de reproducir a 9,5 cm/s frecuencias de hasta 30,000 Hz

con una mejora de 4,5 dB en la relación señal/ruido. Las constantes de tiempo de ecualización se reducen en el mismo porcentaje que se aumenta la velocidad. No hay motivo para pensar que en el futuro no aparezcan más aparatos con estas características.

- d) Motores. En las grabadoras a cassette Hi-Fi se ha venido utilizando de forma general sistemas de tracción de motor único durante mucho tiempo. Actualmente la tendencia más generalizada es recurrir al empleo de dos motores, sobre todo con el fin de lograr máxima constancia en la velocidad de paso de cinta. Existen algunos aparatos que incorporan tres motores, si bien en número tan reducido que no puede hablarse más que de casos aislados.

## SERIE DE PREGUNTAS

## CAPITULO IV

1. ¿Cómo se clasifican las sustancias por su facilidad para imanarse?
2. De qué depende el grado de imanación de una sustancia.
3. ¿Cuándo se dice que la sustancia está saturada?
4. ¿Qué es la curva de histéresis?

## RESPUESTAS

## CAPITULO IV

1. a) Ferromagnéticas  
b) Diamagnéticas  
c) Paramagnéticas
2. De la intensidad de campo magnético al que haya sido expuesta.
3. Cuando se llega a la capacidad máxima de imanación.
4. Es la representación gráfica del comportamiento de las sustancias magnéticas. Graficando intensidad de campo magnético y densidad de flujo magnético.

## C A P I T U L O V

### INTRODUCCION AL AUDIO DIGITAL



## INTRODUCCION AL AUDIO DIGITAL.

### Audio Digital contra Audio Analógico.

La fuerza de un sonido usualmente varía de momento a momento. La gráfica No. 1 muestra como puede cambiar el sonido. Podemos convertir un sonido a su equivalente eléctrico por medio de un micrófono (transductor acústico), y así, en lugar de obtener un sonido cambiante, obtendremos un voltaje cambiante. Pero la onda de voltaje es comparable o análoga a la onda del sonido en la cual está basada, y que podremos llamar onda analógica. Todo lo que hemos hecho, es convertir la forma de onda del sonido en una onda de voltaje, para cambiar la onda en una forma más fácil de registro.

Podemos referirnos a la fuerza de la onda en cualquier momento en términos de voltaje. Podremos convertir esta onda de voltaje a su forma de onda de sonido original en cualquier momento, la cual es, una análoga de la otra.

Otra ventaja de cambiar la onda de sonido en su -- análoga, es que podemos amplificar la onda de voltaje, pero la salida de la onda de voltaje, aunque con más fuerza, es una analogía de la onda de sonido original.

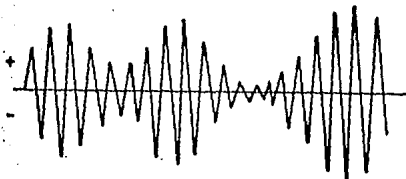


FIG. 1.- Forma de onda de voltaje correspondiente a la del sonido.

### Análogo contra digital.

¿Cómo medimos el voltaje de una onda cuyo valor si gue un cambio constante? Usualmente se trabaja con el método RMS, una técnica muy confiable. Otra forma podría -- ser determinar el valor instantáneo, éste es, el valor de la onda en cualquier instante de tiempo.

Si hacemos ésto para una sucesión de momentos, obtendríamos una serie de valores, posiblemente 35, 24, 23, 15, 27, etc.

Estos números representan la cantidad de voltaje - de audio de la onda, instante tras instante. Si después de ésto elaboramos una lista de estos voltajes momentáneos --

tendremos una marca de ese voltaje en números, ésto es, digital.

Cada uno de los números obtenidos podrá ser una muestra de la forma de onda de voltaje. Mayor número de estos valores más exacta será nuestra lista. Estos números son parte de nuestro sistema decimal, un sistema en el cual hay sólo diez dígitos, del 0 al 9. No sólo incluye números enteros, sino fracciones también.

#### El sistema binario.

El sistema decimal es sólo uno del grupo de sistemas de números posibles. Un sistema quinario usa dígitos del 0 al 4; un sistema octal, dígitos del 0 al 7. El más simple de los sistemas numéricos es el sistema binario por tener únicamente dos números: 0 y 1. Es su simplicidad lo que hace que el sistema binario sea tan útil en las computadoras, en calculadoras y en audio. En los grupos de números binarios no importa que tan largo, o que tan corto sea el número, los únicos dos números que pueden ser usados, son el cero y el uno. Por consistir en una sucesión de ceros y unos, un número listado, no podría inicialmente tener mucho sentido, simplemente porque estamos acostumbrados a pensar únicamente en términos de números decimales.

No importa qué sistema numérico seleccionemos, al final interpretamos todos los resultados en términos de números decimales. Así que el sistema binario es sólo -- una herramienta que nos ayuda a obtener resultados los -- cuales no podemos lograr directamente con el sistema decimal.

### ¿Por qué el sistema binario?

¿Por qué nos molestaríamos con números binarios cuando nosotros estamos tan acostumbrados a pensar y trabajar con números decimales? La respuesta es que podemos usar medios electrónicos y mecánicos para representar números binarios, y así, si lo necesitamos, convertir esos números binarios a la forma decimal.

Con un interruptor (switch) podemos representar el número cero cuando éste está apagado, y el número uno cuando se encuentra prendido. Estos interruptores pueden ser mecánicos y así darnos cualquier número binario. Los interruptores pueden darnos números en el sistema numérico binario.

A mayor número de interruptores, mayor números -- equivalentes en forma binaria, listos para convertirlos -- al sistema decimal.

### Otro tipo de interruptores (switches) binarios.

El problema con el switch mecánico es sólo eso, - es mecánico. Es lento, propenso a fallar, y requiere de mucho espacio. Una mejor posibilidad puede ser un switch electrónico, posiblemente con diodos trabajando como - - switches. En su condición de circuito abierto un diodo - no permite que pase la corriente, por consiguiente representa el binario cero. En su condición de circuito cerrado pasa la corriente y puede ser considerado el número binario uno.

Estos diodos son de material semiconductor, pero no tienen partes móviles, son extremadamente pequeños y - trabajan con una velocidad increíble. Existen también diferentes dispositivos electrónicos que pueden servir como - interruptores, como por ejemplo, los transistores. Por - consiguiente dichos dispositivos los podemos usar para representar grandes valores de números binarios.

### Bits.

Las palabras "dígitos binarios" son usualmente - - contraidas para formar una nueva palabra "bits". Si usamos tres interruptores podemos producir tres dígitos binarios o tres bits. Con tres bits lo máximo que podemos - -

contar es el decimal 7, ésto es, podemos ir del 000 al -- 111.

Obviamente a mayor número de bits, es mayor lo -- que podemos contar. Un sistema binario de 8 bits no puede darnos un número decimal equivalente tan grande como - un sistema de 16 bits. El sistema de 8 y 16 bits son los más usuales, aunque ya han aparecido sistemas de 32 bits.

### Convirtiendo análogo a digital.

En la figura 2, tenemos una gráfica de la onda se no. Esta onda está en forma analógica, pero la podemos - convertir a digital mediante una sucesión de medidas a lo largo de la onda. Estas medidas se tomarán a intervalos iguales de tiempo, indicados por los números 1, 2, 3, 4, etc., a lo largo de la base de la gráfica. Estos números pueden ser en segundos, milésimas de segundos (milisegundos), o millonésimas de segundos (microsegundos). Los números dispuestos verticalmente a la izquierda representan valores de voltaje.

La onda comienza con un valor de 20 volts, alcanza un pico de 30, cae aproximadamente a 10 y después re-- torna hasta 20.

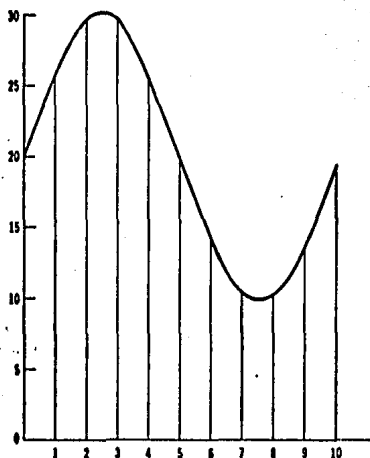


FIG. 2.- Digitalizando valores de una onda de vol  
taje analógica.

Time	Voltage in Decimal Form	Voltage in Binary Form
0	20	10100
1	25	11001
2	28	11100
3	28	11100
4	26	11010
5	20	10100
6	14	01110
7	10	01010
8	10	01010
9	14	01110
10	20	10100

FIG. 3.- Valores digitales de la onda de voltaje.

La figura 3 muestra los voltajes instantáneos en varios periodos iguales, iniciando con cero y terminando con diez. Una vez que tenemos los valores de voltaje en forma decimal, podemos convertirlos en sus equivalentes binarios como se muestra en la figura. El sistema usado en la tabla es un arreglo de cinco bits, que es todo lo que necesitamos.

Cada una de las líneas verticales en la figura 3 se denomina una muestra y en dicha ilustración hemos tomado las muestras. Si cada uno de los números en la base de la gráfica indicara un segundo, entonces nuestra tasa de muestras sería una por segundo.

#### Tasas de muestreo.

La tasa mínima de muestreo que se utiliza es generalmente al menos dos veces la máxima frecuencia a muestrearse.

Si, por ejemplo, la tasa de muestreo es de 40,000 veces por segundo y, si la audiofrecuencia máxima a ser muestreada es 20 kHz, entonces cada onda de dicha frecuencia deberá muestrearse dos veces.

Hay que dividir la tasa de muestreo entre la fre--



cuencia a muestrearse para obtener el número de veces que cada onda de dicha frecuencia deberá muestrearse.

Veinte kilohertz son considerados generalmente como el límite superior del rango audible. La frecuencia en el extremo opuesto es de 20 Hz. La muestra de onda a - - 20 Hz, utilizando la misma tasa de muestreo deberá ser - - 40,000 dividido entre 20. Esto significa que cada onda en el extremo deberá muestrearse 2000 veces.

La frecuencia de muestreo puede ser un valor tal como 44.3 Khz o sea 44,300 veces por segundo; para mantener la estabilidad, la frecuencia de muestreo se deriva de un cristal de 4.433 MHz.

### Cuantizado.

Representar una señal en términos numéricos se denomina cuantizado. Cuantizar una señal analógica significa tomar el valor instantáneo de la forma analógica y convertir el valor decimal instantáneo a la forma binaria.

### El disco digital.

En vez de variar los surcos, como en el caso analógico, está hecho a desniveles. Visto desde una orilla, pa

recen ser una serie alternada de partes altas y bajas. Las partes altas representan el número binario 1 y las bajas - el cero.

Nosotros podemos, por ejemplo, tomar los números - binarios de cualquier tabla y poner éstos en un disco fonográfico, con grupos de altos y bajos correspondiendo a números binarios.

El problema se vuelve entonces de como dar el seguimiento a las partes altas y bajas, y convertir los números binarios en forma analógica para su reproducción.

### Seguimientos.

#### Seguimiento óptico.

Existen varios sistemas de seguimiento como son; - seguimiento mecánico, seguimiento variable capacitivo y seguimiento óptico.

En este inciso hablaremos únicamente del sistema - de seguimiento óptico, puesto que es el más utilizado.

Este sistema digital de seguimiento del disco hace uso de un rayo láser que lee la presencia de señales conte

nidas en el disco por cubrimiento plástico bajo éste. Estas lecturas toman la forma de variaciones de señales que se reflejan, las cuales son convertidas al código digital y posteriormente a señales de audio analógicas.

No hay ningún contacto directo entre el disco y el sistema de captación, por lo que este método requiere del uso de un servosistema de seguimiento dinámico.

En los sistemas de seguimiento existen ventajas y desventajas. El sistema de seguimiento óptico es mucho más complejo, está sujeto a desajustarse y es mucho más caro. Sin embargo, el disco no se maltrata, ni tampoco el sistema de seguimiento.

#### Grabación digital.

Algunos de los pasos usados en grabación analógica son también utilizados en la grabación digital.

La señal de audio proviene de una serie de micrófonos y la salida eléctrica es mandada a un mezclador.

La señal, posteriormente pasa a un convertidor analógico-digital y es enviada a una grabadora de audio profesio-

sional. La señal es editada en una editora de audio digital y finalmente es cortado el disco en una máquina digital de corte.

### Grabación digital en cinta.

Los grabados digitales primeramente son hechos en una cinta de computadora. Un convertidor analógico a digital translada la música en números de 16 bits a un rango de velocidad de 50,000 números por segundo.

Cuando es grabada una señal analógica en una cinta, la señal tiene una variación en su amplitud. Cuando la señal es extremadamente tenue puede caer en el ruido de piso propio de la cinta. El ruido de piso de una cinta es el ruido producido por la cinta magnética en ausencia de una señal de entrada. En el caso contrario, la señal, si es lo suficientemente fuerte, puede saturar la cinta causando distorsión.

Este problema no existe en la grabación digital porque todos los números binarios tienen la misma fuerza y amplitud. El nivel de grabación, entonces, puede ser puesto bien, por arriba del ruido de piso, eliminando ruidos de cinta y suficientemente abajo del máximo nivel de grabación de la cinta, eliminando distorsión por satura-

ción de cinta. Como resultado del rango dinámico de la cinta, los rangos de sonidos comprendidos entre los más bajos y más altos sonidos analógicos pueden ser registrados (generalmente por los 60 dB). En una grabación digital de cinta de 16 bits por palabra, el rango dinámico es aproximadamente de 96 dB. En efecto, en la grabación digital extendemos la capacidad de rango dinámico de 60 dB a muy cerca de 100 dB.

En grabación analógica todo el esfuerzo se realiza para imprimir toda la cantidad de señal en la cinta como sea posible, con el resultado que siempre hay la posibilidad de tener el efecto llamado "print-through" (impreso a través), una situación en la cual el material grabado en un nivel de cinta escapa a través de ella para producir una señal de eco en un nivel adyacente firmemente excitado de la cinta. Esto se elimina en una grabación digital desde que la señal más fuerte no es suficiente para producir esta condición.

A la hora de cortar los altos y bajos en el disco, no hay variación de velocidad, distorsión, o ruido de piso de la propia cinta (hiss). El procesador digital amplía más el rango dinámico. Otras ventajas incluidas es la ausencia de reberverancia, "wow" e intermodulación. La señal promedio de ruido puede ser mayor de 90 dB, fre-

cuencia de respuesta plana de 20 a 20 KHz, y una distorsión armónica menor que el 0.05%.

### Código de modulación por pulsos.

El código de modulación por pulsos (PCM), es la técnica de usar altos y bajos para imprimir dígitos binarios en una grabación fonográfica.

Los dígitos binarios contienen toda la información musical original. También hay suficiente espacio en el disco PCM para insertar otras señales de sonido. Los tracks pueden ser seleccionados en forma aleatoria o pueden ser preprogramados. Códigos para corrección de errores pueden ser introducidos. Un sistema de guía de electrodo inmediatamente corrige el camino, siempre cuando la señal digital aparezca estar aparentemente mal posicionada por debajo del sensor.

### El disco digital.

Los altos y bajos son imprimidos en el disco fonográfico correspondiendo al número binario previamente grabado en una cinta magnética. Después de esto, el disco es cubierto por una capa metálica. El rayo laser brilla a través de una capa transparente hacia la superficie re-

flectiva. Cuando el rayo laser es enfocado en una forma muy fina en los bajos, la máxima cantidad de luz es reflejada, indicando una señal binaria 0.

Cuando el rayo laser toca un punto alto la señal resultante es un 1. La señal digital provee la información para sostener el laser en la trayectoria correcta a pesar de sacudidas o vibraciones.

Polvo, rayones o huellas digitales en la superficie del disco están todas por afuera de la profundidad focal del laser y no tienen influencia en la reproducción del sonido. La parte opuesta del disco también está protegida contra daños por una capa transparente. El disco y el sensor óptico están arreglados de tal forma que no permiten que el polvo, rayones y huellas digitales influyan en la reproducción del mismo. El disco no se acaba, no importando el número de veces que se toque.

Con el sistema de exploración vía óptica y un laser de estado sólido, no hay mecanismos o limitaciones -- electromagnéticas con respecto a la frecuencia o el rango dinámico, por lo tanto, es posible reproducir todo el rango dinámico de 90 dB que se encuentra en las salas de concierto.

### El disco compacto.

Se ha demostrado que varios códigos de modulación por pulsos en discos, no son compatibles, pero uno que ha sido extensivamente publicado es el disco compacto.

Este es un disco de menos de 5 pulgadas de diámetro que puede ser tocado por una hora sin cambiarlo, comparado con menos de media hora (por un lado) de un disco normal. El disco compacto tiene cerca de 6 billones de sonidos digitales señalados por bits, sin incluir los bits extras utilizados como control de velocidad o corrección de errores.

Cada bit, como fue indicado anteriormente, es también una superficie plana representando un dígito binario 1, o un hoyo microscópico representando un dígito binario 0.

Estos son almacenados en un canal "helical track" y una unidad de sonido (información) consiste en 16 bits.

El disco compacto no tiene surcos y la superficie es suave. El sonido digital codificado en forma de hoyos microscópicos, cada uno con 0.1 micrómetros de espesor, - 0.16 micrones de ancho y cerca de 0.2 micrones de profun-



didad, de 2 1/2 - 7 millas de largo en la vía espiral. - Esto es sellado con una mica que lo protege de factores - externos. La pastilla de estado sólido laser capta esta secuencia de orificios y planos en forma de luz concentrada varias veces más delgadas que un cabello humano.

Cuando el disco compacto gira, éste es analizado de un lado hacia el centro por el rayo laser, detectando la secuencia de hoyos y planos (bajos y altos) en un rango de aproximadamente 4.3 millones de bits por segundo.

Reaccionando a la velocidad de la luz, incalculablemente más rápido que un sistema convencional en un surco. Cada palabra PCM es leída en menos de 10 microsegundos, en un rango constante. La velocidad del disco es -- controlada por la información de un código incluida en el mismo disco, eliminando el error de curso del disco. El rayo laser no se desliza y está completamente fuera de la influencia de la electricidad estática. Porque el polvo, suciedad y los rayones quedan fuera del seguimiento digital y del rango focal del rayo laser, molestias como crepitaciones, pequeños golpes y ruido (hiss) son completamente eliminados de la salida.

El mecanismo laser sigue el camino digital con -- una velocidad constante. La velocidad rotacional del disco

co debe ser continuamente ajustada, de 500 rpm en la parte interior a 200 rpm en la parte exterior.

Arraste (tracking), decodificación y velocidad rotacional son estrechamente sincronizadas con un generador de reloj central (clock), la cual asimismo está controlada por información codificada en el propio disco.

#### Separación de sonido estereo.

En una grabación digital de un disco compacto, la señal de sonido del canal izquierdo y derecho, aparece alternativamente en palabras completamente separadas. Estas no pueden mezclarse en la reproducción, la separación de canales es más de 90 dB, comparada con una grabación analógica de 30 dB.

#### Relación señal-ruido.

En audio digital, la relación señal-ruido depende del número de bits en una palabra, esto es, en la seguridad con la cual la señal de audio está expresada. En el sistema de disco compacto, cada bit contribuye aproximadamente con 6 dB a la relación señal ruido de más de 90 dB. Esto comparado con un promedio de relación señal-ruido de 50 a 60 dB para el disco analógico.

### Integración.

El disco compacto es compatible con sistemas de -  
carro o casa. La salida de la cápsula laser es una co -  
rriente de pulsos eléctricos un código PCM de 16 bits, en  
el convertidor digital-analógico esta corriente es decodi -  
ficada, palabra por palabra, y sintetizada en una forma -  
convencional de señal de audio estereo.

El decodificador verifica cada palabra y se asegu -  
ra que esté correctamente formada, evita errores por co -  
rrección para cualquiera que no esté correcta. Por re -  
construcción los valores de sonido decodificados se sinte -  
tizan en señal audible que representa la información so -  
bre el disco.

Especificaciones para un disco compacto.Alcances de la operación de audio.

Número de canales	2 6 4 <sup>1)</sup>
Rango de frecuencia	20 Hz - 20 kHz
Rango dinámico	90 dB
Relación S/N	90 dB
Separación por canal	90 dB
Distorsión armónica	0.05%
Wow y Flutter	Precisión de cristal de cuarzo.

Formato de la señal

Muestreo de frecuencia	44.1 kHz
Cuantificación	16 bits lineales/canal
Codificación	2° complemento
Sistema de corrección de error	Cross Interleave Reed Solomon Code (CIRC) <sup>2)</sup> Código Solomon de cru ce alternado de lengü etas de vibración están dard.
Sistema de modulación	Modulación de 8 a 14 (EFM) <sup>3)</sup>

Frecuencia bit 4.3218 Mbits/seg

Formato de la estructura

12 palabras de dato de 16 bits	:24 símbolos de 8 bits
4 palabras de corrección de error de paridad de 16 bits	: 8 símbolos de 8 bits
Control y símbolo de display	: 1 símbolo de 8 bits
Arreglo anterior a la modulación	:33 símbolos de 8 bits
Arreglo posterior a la modulación (EFM) (33 símbolos de 14 bits)	:462 bits por canal
Símbolo para multiplexar y supresión de LF (3 bits por símbolo de 14 bits)	: 99 bits por canal
Incl. del patrón de sincronización y supresión de LF	: 27 bits por canal
Arreglo total	:588 bits por canal

Corrección de error.

Longitud máxima de irrupción corregible	4000 bits ( 2.5 mm)
Longitud máxima aceptable de irrupción (combinando corrección de error e interpolación)	14000 bits ( 8.4 mm)

Disco

Diámetro	120 mm
Grosor	1.2 mm <sup>4</sup> )
Diámetro del orificio central	15 mm
Diámetro del área de programa de inicio	116 mm
Sentido de rotación (visto desde el lado del cual se lee)	Sentido contrario a las manecillas del - reloj
Velocidad de búsqueda	1.2 - 1.4 m/seg
Velocidad de rotación	500 - 200 rpm. (aprox)
Tiempo máximo de grabación	60 min. estéreo <sup>4</sup> )
Paso de la pista	1.6 mm
Material	Plástico transparente con un abrigo aluminizado de reflectivo <u>se</u> llado con barniz protector.

Estilo óptico (láser)

Longitud de onda del láser ALGaAS	0.78 $\mu$ m
Apertura numérica	0.45
Longitud de foco	2 $\mu$ m aprox.
Diámetro del rayo en la superficie del disco	1.0 mm aprox.

- 1) 4 canales con tiempo de grabado reducido.
- 2) CIRC: nuevo código de corrección de error para protección contra raspaduras, con una capacidad alta de corrección de error en errores random y con una baja probabilidad de errores no detectados.
- 3) EFM: nuevo método de modulación para el incremento de la densidad de empaque y satisface los requerimientos de los servosistemas ópticos.
- 4) Disco de un sólo lado (Disco doble opcional)

#### Grabación rígida a velocidad media.

La grabación dirigida a velocidad media es un proceso en el cual 2 cintas maestras con pistas son corridas exactamente a la mitad de su velocidad normal de grabación durante la dirección del proceso (corte del barniz). El tono de corte corre también a la mitad de su velocidad normal y así la relación de reproducción permanece constante.

1. Sistema CD

2. Disco codificado pCM

3. Rayo láser de búsqueda o "pick-up" (levante)

4. Señal (pCM) digital

5. Convertidor digital/analógico (DAC)



## SERIE DE PREGUNTAS

## CAPITULO V

1. ¿Cuál es el método más usual para medir el voltaje de una onda?
2. Mencione algunos tipos de interruptores binarios.
3. ¿Qué es un bit?
4. ¿Cuál es la tasa mínima de muestreo que se utiliza?
5. Si la tasa de muestreo es de 40,000 veces por segundo y, si la frecuencia máxima a ser muestreada es 20 KHZ, ¿cuántas veces se deberá muestrearse cada señal de dicha frecuencia?
6. ¿Cuál es la frecuencia de muestreo más utilizada?
7. ¿Cuántos tipos de seguimientos existen y, cuáles son?
8. ¿Cuál es el tipo de seguimiento que utiliza el disco compacto?
9. Mencione las ventajas y desventajas del seguimiento óptico.
10. Mencione los pasos de la grabación digital.
11. ¿Cuál es aproximadamente el rango dinámico en una grabación digital?

## RESPUESTAS

## CAPITULO V

1. El método RMS.
2. Relevador, diodos, transistores, etc.
3. Es un dígito binario.
4. Dos veces la frecuencia máxima a muestrearse.
5. Dos veces.
6. 44,300 veces por segundo, derivada de un cristal de 4.433 MHz.
7. Son tres.
  - a) Seguimiento mecánico.
  - b) Seguimiento variable capacitivo.
  - c) Seguimiento óptico.
8. Seguimiento óptico.
9. Ventajas.- Por no haber contacto entre el disco y el sistema de seguimiento, no se maltratan.

Desventajas.- Sujeto a desajustarse y más caro.

10. a) La señal de audio es mandada a un mezclador.
  - b) La señal de audio pasa a un convertidor analógico digital.
  - c) La señal de audio es enviada a una grabadora profesional.
  - d) La señal es edita.
  - e) Se corta el disco en una máquina digital de corte.
- 
11. 96 dB.

## C O N C L U S I O N E S

De acuerdo con el objetivo establecido desde un principio para este trabajo, se buscaron principios para poder desarrollar criterios de selección de equipo de audio y poder también penetrar al estudio de esta rama de la ingeniería.

Después de leer y analizar este trabajo, se puede observar la gama de posibilidades que nos puede ofrecer un equipo en especial pero, entendamos de antemano que es tos criterios se desarrollaron desde un punto de vista -- científico, con principios y postulados, es decir desde - un punto de vista de la ingeniería, buscando un fin deter minado o un arreglo especial.

Se comprobó con las prácticas de laboratorio que los componentes de audio llegan a diferir de los estándares o de sus propias especificaciones debido a la calidad de sus componentes, diseño y control de calidad en su pro ducción, por lo que es necesario escoger un equipo analizando sus tolerancias, el uso al que se destine y su va lor comercial en el mercado con respecto a otros similares.

El análisis teórico y el entendimiento propio de las leyes físicas que regulan la naturaleza del sonido --

nos llevó a formarnos una idea más clara y precisa de lo que sucede y cómo sucede en algunos casos y, cómo se comporta bajo ciertas características en otros.

Este estudio se basó principalmente considerando el audio analógico, que es el más utilizado en estos momentos, pero a la vez nos introducimos al audio digital, conociendo y entendiendo sus principios. El audio digital empieza a tomar fuerza y es importante considerar qué ventajas y desventajas nos puede ofrecer para nuestro fin, comparándolo con un equipo analógico y considerando su monto de inversión comercial.

Por último, no queda más que decir que la elección de un equipo quedará por ende, al ingenio, creatividad y al poder adquisitivo del lector.

## B I B L I O G R A F I A

- \*ACUSTICA  
William W. Seto  
Serie de Compendios Schaum  
Mc Graw - Hill 1981
- \*ALTA FIDELIDAD - ECUALIZADORES  
Nuevas Tecnologías  
Biblioteca de Electrónica/Informática, Volumen 16  
Orbis, Marcombo 1986
- \*ALTA FIDELIDAD - MAGNETOFONOS A CASSETTE  
Nuevas Tecnologías  
Biblioteca de Electrónica/Informática, Volumen 8  
Orbis, Marcombo 1986
- \*AUDIO DATABOOK  
National Semiconductor Co.  
1982
- \*AUDIO ENCICLOPEDIA  
Volumen I y II  
Marcombo 1977
- \*BIAS  
Ampex Training Department  
Ampex 1986
- \*BUILDING HI/FI SPEAKER SYSTEMS  
Philips
- \*DIGITAL AUDIO: EXAMPLES OF THE APPLICATION OF THE ASP  
INTEGRATED SIGNAL PROCESSOR  
E.H.J. Persoon and C.J.B. Bandenbulcke  
Philips Tech. Rev. 42, No. 6/7, 201-216, APR. 1986
- \*DIGITAL AUDIO SYSTEMS  
Berkhout, Piet J. and Eggermont  
IEEE Magazine. Octubre 1985
- \*EL MUNDO DEL SONIDO  
Alexander Efron  
Editorial Bell, S.A.
- \*ELECTROACUSTICA  
J.G. Barquero  
Paraninfo, S.A.

- \*INGENIERIA DE SISTEMAS ACUSTICOS  
Don & Carolyn Davis  
Marcombo
- \*INSTALACIONES DE EQUIPO DE HI-FI  
Gordon J. King  
Marcombo
- \*MANUAL DE ALTA FIDELIDAD Y SONIDO PROFESIONAL  
Serie: Mundo Electrónico  
Marcombo 1981
- \*MANUAL HI-FI  
José A. Díaz Pinilla  
Paraninfo, S.A. 1981
- \*MECANICA, CALOR Y SONIDO  
Fundamentos de Física  
Francis W. Sears  
Colección, Ciencia y Técnica - Aguilar 1978
- \*ONDAS, LUZ Y SONIDO  
El Mundo de la Física, Tema 9  
Cetto, Domínguez, Lozano, Tambutti, Valladares  
Trillas 1983
- \*OPERATING INSTRUCTIONS  
Model 539, Room equalizer  
Universal Audio  
United Recording Electronics Industries 1979
- \*RECINTOS ACUSTICOS HI-FI  
Pierre Chauvigny  
Paraninfo, S.A. 1984
- \*SONIDO Y AUDICION  
Colección Científica  
Time Life
- \*TECNICA DE LA ACUSTICA  
H.H. Klinger  
Marcombo 1978
- \*TECNICAS DE LA ALTA FIDELIDAD  
John H. Newitt  
Compañía Editorial Continental, S.A. 1966
- \*THE COMPLETE GUIDE TO HIGH FIDELITY  
Martin Clifford  
Howard W. Sams & Co., Inc. 1982