



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“DISEÑO DE SONORIZACIÓN PARA UN CONCIERTO DE MÚSICA ROCK EN EL ESTADIO WILFRIDO MASSIEU”

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

PRESENTAN

**AARÓN ALFONSO LARA ZÚÑIGA
MIGUEL ÁNGEL MONTES GARCÍA**

ASESORES

**DRA. ITZALÁ RABADÁN MALDA
ING. MARCIAL MARGARITO SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

MÉXICO, D.F. 2012

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE **INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN **TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL**
DEBERA(N) DESARROLLAR **C. AARON ALFONSO LARA ZUÑIGA**
C. MIGUEL ANGEL MONTES GARCIA

“DISEÑO DE SONORIZACIÓN PARA UN CONCIERTO DE MUSICA ROCK EN EL ESTADIO WILFRIDO MASSIEU”

ELABORAR UN DISEÑO DE SONORIZACIÓN QUE CUMPLA CON LAS CONDICIONES ADECUADAS PARA LA ELABORACIÓN DE UN CONCIERTO DE MUSICA ROCK DENTRO DEL ESTADIO WILFRIDO MASSIEU, OBTENIENDO CON ESTE UNA ÓPTIMA DISTRIBUCIÓN Y CLARIDAD DEL SONIDO, TANTO EN EL ÁREA DE JUEGO COMO EN EL ÁREA DE LAS BUTACAS.

- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SONORIZACIÓN
- EQUIPO DE AUDIO PARA UNA SONORIZACIÓN
- FACTORES A EVALUAR PARA UNA SONORIZACIÓN
- DESARROLLO DEL DISEÑO DE SONORIZACIÓN

MÉXICO D.F. A 11 DE NOVIEMBRE DE 2013

ASESORES


DRA. ITZALA RABADAN MALDA


ING. MARCIAL MARGARITO SANCHEZ SANCHEZ


ING. PATRICIA LORENA RAMIREZ RANGEL
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



AGRADECIMIENTOS

Es evidente que un trabajo de esta naturaleza necesita contar con la colaboración y ayuda de muchas personas. A todos ellos manifiesto mi agradecimiento por la ayuda prestada, interés y apoyo pero tengo que destacar sin embargo a aquellos que de una manera más directa han influido en la elaboración de esta Tesis

A mi madre Lourdes.

Por haberme apoyado en cada momento de mi carrera, por aquellos consejos cuando más lo necesitaba, sus valores y educación, por esa motivación constante que me ayudaba seguir adelante, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Enrique.

Por los ejemplos de perseverancia, constancia y responsabilidad que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi hermano Rubén

Por su apoyo y enseñanzas durante toda mi carrera, el cual siempre ha estado con migo en los momentos difíciles.

A mi hermano Ángel

Aunque ya no está con migo, fue una de las personas de las que más he aprendido y que siempre estará presente en mi vida

A mis maestros

Aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, por su gran apoyo tiempo, motivación e impulso para el desarrollo de esta tesis, principal mente a mis asesores; la Dra. Itzala Rabadán y al Ing. Marcial Sánchez

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos, con los cuales se que cuento en cada momento: Guillermo Cruz Martínez y Rafael Rosales Soto

A mi compañero de tesis

Por su compañerismo, ayuda y su invaluable amistad

Al Instituto Politécnico Nacional

Porque más que una institución es mi segundo hogar, en donde mis fracasos se volvieron el coraje para emprender un nuevo camino hacia el éxito. Por ello, en lo que reste de mi existencia seguiré honrando con placer y honor los colores guinda y blanco.

Itzel Tableros y Abel Atzin

Que son ahora mi motivo de salir adelante

Aarón Lara

AGRADECIMIENTO

A dios y la virgen María

Que me han acompañado durante todos estos años de estudio, ofreciéndome vida y salud y ayudándome en cada decisión que tomo en mi vida....

A mis padres

Margarita y Miguel, ejemplo de sabiduría, entrega, compromiso, responsabilidad y perseverancia, por que los dos, con su amor, sus consejos, su apoyo y su ejemplo, han sombreado en mí ser una persona derecha y honesta.

A mi familia,

Por apoyarme en todo momento.

A mi Andrea Montserrat,

Por su comprensión, su amor, su tiempo y su apoyo, y por enseñarme que cuando el mundo parece derrumbarse sobre mí, siempre estará apoyarme incondicionalmente.

A la Dra. Itzala Rabadán Y al Ing. Marcial Sánchez,

Por su ayuda y apoyo en el desempeño de este proyecto, y hacerme sentir que no solamente los puedo ver como mis profesores si no como unos buenos amigos.

A mis grandes amigos y amigas

Que me acompañaron, ayudaron y apoyaron en todo momento para llegar a concluir mis estudios profesionales.

Al Instituto Politécnico Nacional,

Por brindarme sabiduría, y valores académicos de parte de todos mis maestros.

MIGUEL ÁNGEL

OBJETIVO	13
JUSTIFICACIÓN	13
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SONORIZACIÓN	17
1.1 SONIDO	19
1.1.1 RANGO DE FRECUENCIAS	19
1.1.2 NIVELES DE PRESIÓN SONORA	20
1.1.3 VELOCIDAD DEL SONIDO	22
1.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS DE SONIDO	23
1.1.4.1 Frecuencia	23
1.1.4.2 Amplitud	23
1.1.4.3 Fase	24
1.1.5 PROPIEDADES DEL SONIDO Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS DE SONIDO	24
1.1.5.1 Altura o tono	24
1.1.5.2 Intensidad, Sonoridad, Volumen o Intensidad sonora o acústica	25
1.1.5.3 Timbre	25
1.1.5.4 Duración	26
1.1.6 TIPOS DE SONIDO	26
1.1.6.1 La voz	26
1.1.6.2 La música	26
1.1.6.3 El ruido	27
1.1.6.3.1 Clasificación del ruido	27
1.1.7 COMPORTAMIENTO DEL SONIDO	28
1.1.7.1 Propagación del sonido	28
1.1.7.2 Atenuación del sonido debido a la distancia	29
1.1.7.3 Influencia atmosférica en el sonido	30
1.1.7.4 Refracción	31
1.1.7.5 Difracción del sonido	32
1.1.7.6 Reflexión y absorción del sonido	32
1.1.7.7 Eco y reverberación	35
1.2 ESPECTRO AUDIBLE	36
1.2.1 ÁREA DE AUDICIÓN	36
1.2.3 EL OÍDO HUMANO	37
1.2.3 ENMASCARAMIENTO	38
1.2.4 ESTEREOFONÍA	38
1.2.5 EL EFECTO DE PRECEDENCIA	39
1.3 PARÁMETROS A CONSIDERAR EN SONORIZACIÓN	40
1.3.1 SONORIDAD Y NIVEL DE SONORIDAD	40
1.3.2 EFECTO PEINE	41
1.3.3 REGLA 3 A 1	42
1.3.4 RETROALIMENTACIÓN O FEEDBACK	42
1.3.5 RANGO DINÁMICO	42
1.3.6 HEADROOM	43
1.3.7 RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N)	43
1.3.8 EFECTO DE PROXIMIDAD	43
1.3.9 CURVAS ISOFÓNICAS	44
1.3.10 PONDERACIÓN	45
CAPITULO 2. EQUIPO DE AUDIO PARA UNA SONORIZACIÓN	47
2.1 MICRÓFONO	49
2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	49
2.1.1.1 Directividad	49
2.1.1.2 Sensibilidad	50
2.1.1.3 Respuesta en frecuencia	51
2.1.1.4 Impedancia interna	52

2.1.1.5 Alimentación	53
2.1.1.6 Distorsión	53
2.1.1.7 Efecto de proximidad	53
2.1.2 CLASIFICACIÓN DE MICRÓFONOS	54
2.1.2.1 Dinámicos	54
2.1.2.2 Micrófono de cinta	55
2.1.2.3 Micrófono de condensador	57
2.1.2.4 Micrófono electret	59
2.1.3 TIPOS DE MICRÓFONOS SEGÚN EL T.A.M	61
2.1.3.1 Micrófono de presión	61
2.1.3.2 Micrófono de gradiente	62
2.1.3.3 Micrófono de presión y gradiente	62
2.1.3.4 Micrófono inalámbrico	62
2.1.3.5 Micrófono de contacto	63
2.2 ALTAVOCES	63
2.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN ALTAVOZ	64
2.2.1.1 Impedancia	64
2.2.1.2 Respuesta en Frecuencia	66
2.2.1.3 Angulo de cobertura y directividad	67
2.2.1.4 Eficiencia y sensibilidad	68
2.2.1.5 Potencia máxima Distorsión	69
2.2.1.6 Potencial eléctrico de pico o musical	69
2.2.1.7 Potencia eléctrica nominal o RMS	69
2.2.2 TIPO DE ALTAVOZ	69
2.2.2.1 Altavoces electrodinámicos	70
2.2.2.2 Altavoces de radiación directa.	71
2.2.2.3 Altavoces de bocina	71
2.2.3 CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL MARGEN DE FRECUENCIA AL QUE TRABAJAN	72
2.2.3.1 Banda ancha	72
2.2.3.2 Baja frecuencia	72
2.2.3.3 Frecuencias medias	72
2.2.4 CAJAS ACÚSTICAS	73
2.2.4.1 Bafle infinito	73
2.2.4.2 Bafle	74
2.2.5 COMBINANDO ALTAVOCES	74
2.2.5.1 Altavoces en columna	74
2.2.5.2 Altavoces en abanico	75
2.2.6 MONITORES	76
2.2.6.1 Cuñas o monitores para músicos.	76
2.2.6.2 Sidefill o monitores laterales.	76
2.2.6.3 Drumfill o monitores para batería.	77
2.3 ARREGLOS LINEALES (LINE ARRAY)	78
2.3.1 CLASE DE ONDAS	79
2.3.1.1 Ondas esféricas.	79
2.3.1.2 Ondas cilíndricas	80
2.3.2 MODELO DE INTERFERENCIA	80
2.3.3 PROPAGACIÓN EN CAMPO CERCANO Y EN CAMPO	81
2.3.4 directividad	82
2.3.5 fase acústica	83
2.3.6 Altas frecuencias	84
2.3.7 Procesador digital de la señal (DSP)	84
2.4 AMPLIFICADORES	84
2.4.1 DESCRIPCIÓN Y TIPO DE AMPLIFICADORES	85
2.4.1.1 Amplificador de voltaje	85
2.4.1.2 Amplificador de corriente	85
2.4.1.3 Amplificador de transconductancia	85
2.4.1.4 Amplificador de transresistencia	86
2.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLIFICADORES	86
2.4.2.1 Rango de frecuencias de trabajo	86
2.4.2.2 Potencia nominal RMS o continua	87

2.4.2.3 Potencia musical o pico.	87
2.4.2.4 Slew rate	87
2.4.2.5 Impedancia de entrada	88
2.4.2.6 Impedancia de salida	88
2.4.2.7 Sensibilidad	88
2.4.2.8 factores de amortiguamiento	88
2.4.2.9 Rendimiento	89
2.4.3 CLASES DE AMPLIFICADORES DE AUDIO	89
2.4.3.1 Clase A	89
2.4.3.2 Clase B	90
2.4.3.3 Clase AB.	90
2.4.3.4 Clase C	90
2.4.3.5 Clase D	91
2.4.3.6 Clase E y clase F	91
2.4.3.7 Clase G	91
2.4.3.8 Clase H	91
2.4.4 PREAMPLIFICADORES	91
2.5 RACK DE CONTROL	92
2.5.1 RACK DE EFECTOS	92
2.5.2 RACK DE DINÁMICA	92
2.5.3 RACK DE POTENCIA	93
2.6 MESA DE MEZCLAS	93
2.6.1 REQUISITOS	93
2.6.2 PARTES DE LA CONSOLA	94
2.6.2.1 Entradas	95
2.6.2.2 Insert	95
2.6.2.3 Phantom power	95
2.6.2.4 Inversor de fase	95
2.6.2.5 Pad	95
2.6.2.6 Trim o ganancia del preamplificador	96
2.6.2.7 Fader	96
2.6.2.8 Salidas	96
2.6.2.9 Monitoreo acústico:	97
2.6.2.10 Monitoreo visual (medidores de picos)	97
2.6.2.11 Ecuación	98
2.6.3 PROCESADORES DINÁMICOS	99
2.6.3.1 Tipos de procesadores dinámicos	99
2.6.3.2 Introducción a compresores ó limitadores	100
2.6.3.3 Controles de compresores	100
2.7 CABLES Y CONECTORES	103
2.7.1 CABLE PARA MICRÓFONO	103
2.7.2 TIPOS DE CONECTORES	104
2.7.2.1 Conectores simples de corriente	104
2.7.2.2 Conectores simples de alto nivel en audio	105
2.7.2.3 Conectores simples de bajo nivel en audio	106
2.7.2.4 Configuración de conectores	108
2.7.3 FORMAS DE TRANSPORTE DE SEÑALES DE AUDIO	108
2.7.3.1 Desbalanceada	108
2.7.3.2 Balanceada	109
2.7.3.3 Mezclando sistemas balanceados y desbalanceados	109
2.7.3.4 Conexiones a entradas balanceadas	110
CAPITULO 3 FACTORES A EVALUAR PARA LA SONORIZACIÓN	113
3.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS	115
3.2 PLANIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE SONORIZACIÓN.	115
3.3 EL GÉNERO A SONORIZAR	116
3.4 ESPACIO ACÚSTICO	117
3.4.1 ESTADIO WILFRIDO MASSIEU	117
3.4.2 DIMENSIONES DEL ESTADIO	117

3.4.3 ESPACIOS A SONORIZAR DEL ESTADIO	118	
3.4.4 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESPACIO	119	
3.4.5 NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA	120	
3.5 ESCENARIO	120	
3.5.1 UBICACIÓN DEL ESCENARIO EN EL RECINTO	120	
3.5.2 MEDIDAS DEL ESCENARIO	121	
3.5.3 DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO DE AUDIO EN EL ESCENARIO		122
3.5.4 UBICACIÓN DEL PÚBLICO EN EL RECINTO		
3.6 SISTEMA MONITOREO PARA LOS MÚSICOS	123	
3.7 TÉCNICAS DE MICRÓFONEO	124	
3.7.1 INSTRUMENTOS MUSICALES Y FRECUENCIAS	125	
3.7.2 ELECCIÓN Y COLOCACIÓN DE MICRÓFONOS	126	
3.7.2.1 Micrófono para Voz	127	
3.7.2.2 Micrófono para Amplificador de Guitarra	127	
3.7.2.3 Micrófonos para la Batería	127	
3.7.2.3.1 Micrófono para la Tarola	128	
3.7.2.3.2 Micrófono para los Toms	128	
3.7.2.3.3 Micrófono para el Bombo	128	
3.7.2.3.4 Micrófono para los Platillos	129	
3.7.2.3.5 Micrófonos para hi-hat	129	
3.7.2.4 Micrófono para Violines y Violas	129	
3.7.2.5 Micrófono para Contrabajo	130	
3.7.2.6 Micrófono para Metales	130	
3.7.2.6.1 Micrófono para Trompeta	131	
3.7.2.6.2 Micrófono para Trombón	131	
3.7.2.6.3 Micrófono Saxofón	131	
3.7.2.7 Micrófono para Flautas y Clarinetes	132	
3.7.3 TABLA DE MICRÓFONOS PROPUESTOS	132	
CAPITULO 4. DESARROLLO DEL DISEÑO DE SONORIZACIÓN	135	
4.1 HERRAMIENTA DE TRABAJO (software Ease focus 2)	137	
4.2 ELECCIÓN DE SISTEMA DE ALTAVOCES	137	
4.2.1 ARREGLOS PARA SONORIZAR EL ÁREA DEL CAMPO	138	
4.2.1.1 Ángulos del array	141	
4.2.1.2 Arreglo lineal para front fill	144	
4.2.2 ARREGLOS LINEALES PARA SONORIZACIÓN DE GRADAS	146	
4.2.3 BAJOS	148	
4.3 SIMULACIÓN DE LOS ARREGLOS LINEALES EN EL ESTADIO WILFRIDO MASSIEU	150	
4.4 ELECCIÓN DE AMPLIFICADORES	152	
4.5 ELECCIÓN DE CONSOLA	153	
4.5.1 UBICACIÓN DE MESA DE CONTROL	153	
4.6 ELECCIÓN DE SNAKE	154	
4.6.1 RECOMENDACIÓN DE CONEXIONADO DEL EQUIPO	155	
CONCLUSIONES	157	
REFERENCIAS	159	
ANEXOS	161	

OBJETIVO

Elaborar un diseño de sonorización que cumpla con las condiciones adecuadas para la elaboración de un concierto de música rock dentro del estadio Wilfrido Massieu, obteniendo con este una optima distribución y claridad del sonido, tanto en el área de juego como en el área de las butacas

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto propone un diseño de sonorización para un concierto de rock al aire libre, implicando conocimientos y conceptos básicos del comportamiento del sonido, selección de equipo electro acústico, técnicas de microfoneo y ofrece la novedad del uso de una herramienta para diseñadores de refuerzo sonoro, que facilita los cálculos y permite obtener un diseño confiable, practico y en el menor tiempo posible. Con el propósito de ofrecer un apoyo para los alumnos que estudian en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, en la especialidad de acústica, que compartan esa pasión por el audio y quieran dedicarse profesionalmente a la industria de sonorización de eventos musicales.

INTRODUCCIÓN

Para entender cómo funcionan los sistemas de sonorización, con ello nos referimos a sistemas de refuerzo sonoro tenemos que tener presente importantes conceptos teóricos básicos.

Muchos técnicos de sonido, quizás por estar ya un tiempo trabajando en sonido directo y dejando años atrás los estudios académicos, no recuerdan estos conceptos que, aunque básicos, se aplican en el día a día de una sonorización.

Nosotros abarcamos los conceptos teóricos básicos que hay que tener presentes o conocer, antes de intentar montar un buen equipo de sonoro

Actualmente, los espectáculos de escena musical en vivo van acompañados de escenarios grandes con gran maquinaria de iluminación robotizada, y por supuesto un completo sistema de audio para que sea escuchado desde cualquier punto del recinto.

Es por eso que la ingeniería toma un papel muy importante dentro de la industria del audio.

Para que exista una buena sonorización, es necesario evaluar el recinto acústico antes de proponer un sistema de sonido, aquí abordamos los puntos esenciales que hay que tomar en cuenta para lograr este fin y poder cubrir la zona ocupada por el público y el escenario.

Uno de los elementos más importantes y que de cual depende totalmente una buena sonorización se trata de los micrófonos, por eso es importante conocerlos las técnicas de micrófoneo, saber que micrófono es el adecuado y cuál es su posición correcta para poder captar una señal aceptable.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SONORIZACIÓN



CAPITULO 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE SONORIZACIÓN

1.1 SONIDO

El sonido es una sensación percibida por el cerebro cuyo origen es la vibración (Movimiento de moléculas) de un medio elástico (puede ser agua, aire, un metal, etc.) a partir de un foco que induce cambios de presión, los mismos que se transmiten por propiedades del movimiento ondulatorio. Aunque las ondas sonoras avanzan en el medio, éste se mantiene inmóvil. Podemos entonces deducir que en el vacío no existirá sonido, ya que no existe un medio cuya presión cambie.

Por ejemplo, comparando con la presión estática del aire de 100000 pascuales (Pa), un cambio de presión sonora audible para el ser humano se sitúa en los 0.01 Pa (54 dB SPL)¹. En otras palabras, el sonido es una variación de presión que nuestro oído puede diferenciar.

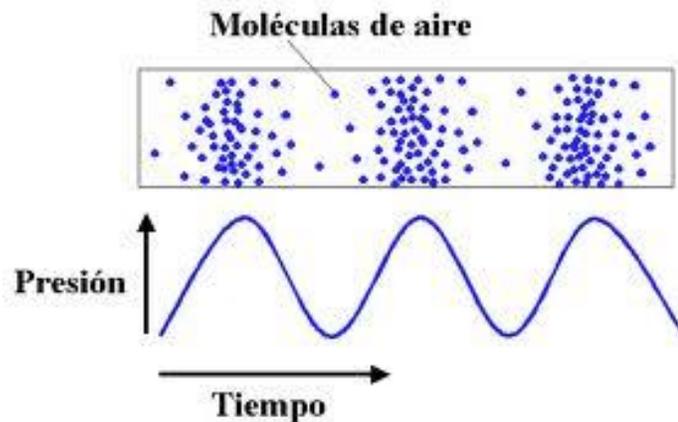


Grafico 1.1 Onda de sonido

1.1.1 RANGO DE FRECUENCIAS

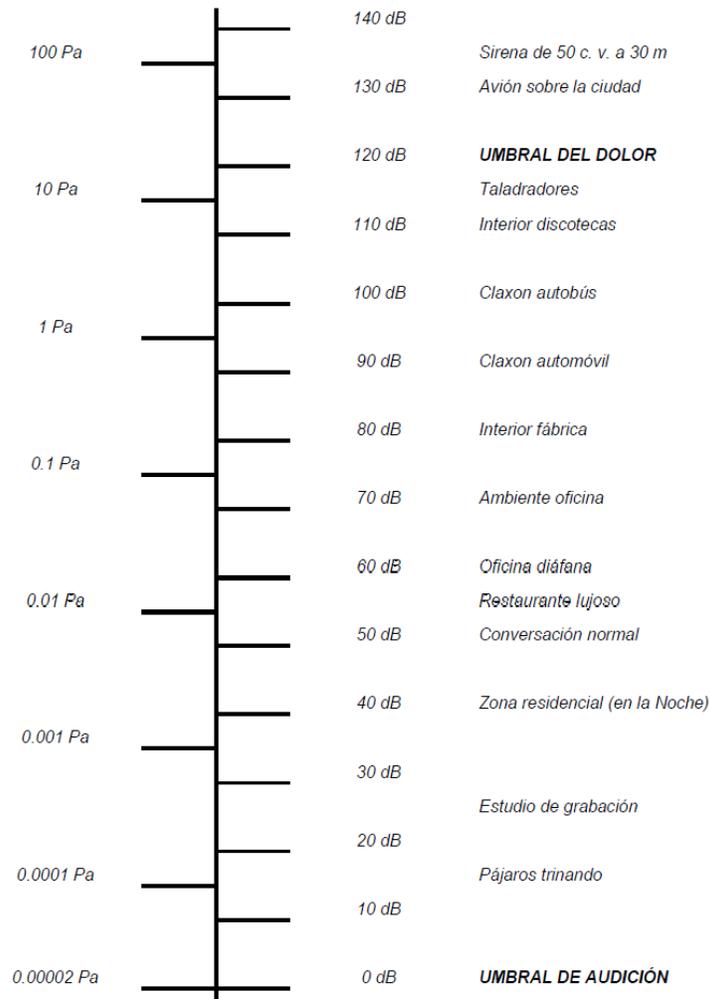
El rango de frecuencias que el oído puede escuchar va desde los 20 Hz hasta los 20 KHz cubriendo una variedad de 10 octavas.

Por debajo de los 20 Hz, las variaciones de presión son inaudibles, aunque cabe recalcar que si la onda tiene suficiente amplitud, tales variaciones podrían ser sentidas por el tacto. En este rango se considera la gama de los infrasonidos.

Por otro lado, las variaciones de presión superiores a 20 KHz nos acercan a los ultrasonidos, los mismos que a pesar de ser inaudibles, son utilizados en aplicaciones tales como soldadura, limpieza, ecografía, entre las más importantes.

La frecuencia de ultrasonido es utilizada por muchos animales, entre ellos el murciélago; los sensores de ultrasonido de este animal, situados en sus orejas, le permiten su movilidad.

Tabla 1.1 Referencia de niveles acústicos



1.1.2 NIVELES DE PRESIÓN SONORA

Como podemos ver, las variaciones de presión del sonido se miden en pascales (Pa), las mismas que por ser tan pequeñas pueden ser casi inaudibles (umbral de la audición), o por ser tan grandes pueden dañar nuestro oído (umbral del dolor). La variación de presión más pequeña que el oído puede percibir es de 20 micro Pa (0.00002 Pa), considerando que la misma se dé a una frecuencia donde el oído es sensible (3 a 5 KHz). En las frecuencias límites de la audición (de 20 Hz a 200 Hz, y de 7 KHz a 20 KHz), la intensidad del sonido debe ser mayor, para lograr percatarnos de la existencia del sonido. Las tablas 1.1 y 1.2 dan la idea de los niveles de presión sonora que puede recibir el oído, sin que el sonido pase desapercibido, o haga daño al oído

Tabla 1.2 Niveles sonoros y repuesta humana

SONIDOS CARACTERÍSTICOS	NIVEL DE PRESIÓN SONORA (DB)	EFEECTO
Zona de lanzamiento de cohetes (sin protección auditiva)	180	Perdida auditiva irreversible
Operación en pista de jets. Sirena antiaérea	140	Dolorosamente fuerte
Trueno	130	
Despegue de jets (60 m). Bocina de auto (1 m)	120	Máximo esfuerzo vocal
Martillo neumático Concierto de Rock	110	Extremadamente fuerte
Camión recolector Petardos	100	Muy fuerte
Camión pesado (15 m) Tránsito urbano	90	Muy molesto Daño auditivo (8 horas)
Reloj despertador (0.5 m) Secador de cabello	80	Molesto
Restaurante ruidoso Tránsito por autopista Oficina de negocios	70	Difícil uso del teléfono
Aire acondicionado Conversación normal	60	Intrusito
Tránsito de vehículos livianos (30 m)	50	Silencio
Living Dormitorio Oficina tranquila	40	
Biblioteca Susurro a 5 m	30	Muy silencioso
Estudio de radiodifusión	20	
	10	Apenas audible
	0	UMBRAL AUDITIVO

Como se puede notar, el uso del decibel está presente al momento del cálculo del nivel de presión sonora. Esto se debe a que la diferenciación de presiones en nuestro oído, es de tipo logarítmico. Los niveles de presión sonora se obtienen de la fórmula:

$$SPL (dB) = 20 \log \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$$

Ec. 1.1

Donde:

P_1 es la presión a determinar

P_0 es la presión umbral de audición, situada en 20 microPa

SPL también se le suele abreviar como L_p

Tabla 1.3 Presión eficaz sonora para ciertas situaciones acústicas

FUENTE	Presión Sonora Eficaz (P_1) (Pascales)	SPL (Nivel de Presión Sonora) (dB)
<i>Umbral del dolor</i>	20	120
<i>Discoteca a todo volumen</i>	6.3	110
<i>Martillo neumático a 2 m</i>	3.6	105
<i>Ambiente industrial ruidoso</i>	0.63	90
<i>Piano a 1 m con fuerza media</i>	0.20	80
<i>Automóvil silencioso a 2 m</i>	0.063	70
<i>Conversación normal</i>	0.020	60
<i>Ruido urbano de noche</i>	0.0063	50
<i>Habitación interior (día)</i>	0.0020	40
<i>Habitación interior (noche)</i>	0.00063	30
<i>Estudio de grabación</i>	0.00020	20
<i>Cámara sonoamortiguada</i>	0.000063	10
<i>Umbral de audición a 1 KHz</i>	$P_0 = 0.000020$	0

1.1.3 VELOCIDAD DEL SONIDO

La velocidad del sonido depende de las características físicas del medio; así en el aire a 20°C es de aproximadamente 343 m/s; la onda necesita por lo tanto 2.91 milisegundos para desplazarse un metro. En el medio homogéneo el sonido tiende a desplazarse en línea recta, sin embargo alteraciones atmosféricas pueden desviar dicha trayectoria. En el agua es cuatro veces más rápido y ocho veces más todavía en el acero o el vidrio. De todas maneras, el comportamiento de la velocidad del sonido es diferente dependiendo del estado del elemento por el cual se propaga el sonido, sin embargo, se puede decir que, la velocidad del sonido, es directamente proporcional a la temperatura y a la densidad del elemento por el cual se propaga.

Conociendo entonces la velocidad del sonido en condiciones estándar (343 m/s), y además conociendo su rango de frecuencias (20 Hz a 20 KHz), podemos determinar el rango de longitudes de onda, el mismo que va desde 1.7 cm hasta los 17,15 m. Tales distancias son obtenidas al usar la fórmula:

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

Ec. 1.2

Donde:

λ es la longitud de onda.

f es la frecuencia

V_s es la velocidad del sonido

A continuación se presenta una tabla que indica las diferentes velocidades que adquiere el sonido según el medio

Tabla 1.4 Velocidad del sonido para ondas planas en varios medios

MEDIO	VELOCIDAD (m/s)
Aire a 0°C	332
Aire a 20°C	344
Anhídrido Carbónico	260
Hidrógeno	1294
Agua a 20°C	1482
Alcohol etílico a 20°C	1170
Vapor a 100°C	405
Acero	5200
Aluminio	5000
Bronce	3480
Corcho	500
Hormigón	3500
Granito	3950
Madera	4000
Mármol	3810
Plomo	1190
Vidrio	5000

1.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS DE SONIDO

1.1.4.1 Frecuencias

Es el número de ciclos por segundo que tiene una onda, cualesquiera. El efecto psicológico de la frecuencia es el tono. Normalmente los sonidos esperados a una sola frecuencia son improbables; es más, conseguir un sonido de una sola frecuencia es toda una proeza de laboratorio. Por lo tanto, los sonidos de la naturaleza son un conjunto de frecuencias.

Al invertir el valor de la frecuencia, obtenemos el periodo, el cual se expresa por:

$$f = \frac{1}{T}$$

Ec. 1.3

Donde: T es el periodo en segundos

Espectro es la representación gráfica de las frecuencias que componen una señal. Tales gráficas se obtienen de acuerdo a la energía que aporta una frecuencia para una señal a ser analizada.

1.1.4.2 Amplitud

Conocida también como módulo, la amplitud es la máxima variación de una oscilación. En este caso, es el nivel de potencia alcanzado por el sonido. Su relación psicológica es la sonoridad o volumen. Para determinar el nivel de potencia, alcanzado por una onda se utiliza el decibelio, que es una

unidad logarítmica y representa la relación entre dos potencias. El oído humano responde a un estímulo auditivo de acuerdo a una escala de este tipo logarítmico, y no lineal. Para el cálculo de la capacidad de emisión de una fuente de sonido, que sería la sensación que el oído percibe, se usa la siguiente fórmula

$$N (dB) = 10 \log \left(\frac{W_1}{W_0} \right)$$

Ec. 1.4

Donde:

W_1 es la potencia a estudiar

W_0 es la potencia de umbral de audición, que corresponde a 1 picowatt de una fuente referencial (10^{-12} watts)

La gama de audición llega a los 140 dB, como se puede observar en las tablas 1.1 y 1.2., donde ya se tienen sensaciones dolorosas en el oído.

1.1.4.3 Fase

Se entiende por fase a la posición de una partícula oscilante, en el momento de empezar a contar el tiempo. Para este caso, la onda de sonido se adelanta o atrasa respecto de un evento, y puede generar problemas. La relación psicológica de la fase podríamos considerarla como un retraso o adelanto, o incluso como una distorsión, dependiendo de qué tiempo se atrase o adelante la onda de sonido.

1.1.5 PROPIEDADES DEL SONIDO Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS DE SONIDO

Hablar de las propiedades del sonido es al mismo tiempo relacionarlos con sus características; es por ello que tales parámetros se visualizan de la siguiente manera:

1.1.5.1 Altura o tono

El tono permite al oído asignar a un determinado sonido, un lugar en la escala musical, haciendo que sea posible distinguir sonidos graves o agudos. Junto con la frecuencia, en la percepción sonora del tono intervienen otros factores de carácter psicológico. Así sucede por lo general que al elevar la intensidad se eleva el tono percibido para frecuencias altas y se baja para las frecuencias bajas. Entre frecuencias comprendidas entre 1 000 y 3 000 Hz., el tono es relativamente independiente de la intensidad.

1.1.5.2 Intensidad, Sonoridad, Volumen o Intensidad sonora o acústica

La intensidad es la propiedad del sonido que hace que una onda sea captada como fuerte o débil. Pese a tener un concepto similar, no debe ser confundida con la intensidad acústica, la cual es propia del análisis clínico y matemático de la onda sonora. Aunque esta ligada a una amplitud de onda, no es propiedad exclusiva de esta, sino que depende también de la frecuencia; entonces podemos decir que la intensidad del sonido esta estrechamente relacionada con el volumen. Una intensidad podemos discernirla, pero la intensidad acústica es algo mas complejo.

La intensidad acústica es la magnitud que da idea de la cantidad de energía que esta fluyendo por el medio por consecuencia de la propagación de la onda. Se define como la energía que atraviesa por segundo una superficie unidad dispuesta perpendicularmente a la dirección de propagación se expresa en watts/m². La intensidad de una onda sonora es proporcional al cuadrado de su frecuencia y al cuadrado de su amplitud con la distancia al foco. La magnitud de la sensación sonora depende de la intensidad acústica, pero también depende de la sensibilidad del oído.

El volumen o sonoridad es la característica del sonido que permite establecer cuan fuerte o débil es una onda respecto de otra. Es una característica subjetiva, a dimensional, y por lo tanto es posible medirla en dB. Aunque suene contradictorio el hecho de decir que ésta característica es subjetiva y es medible a la vez, debemos recordar que los decibelios nacen de una comparación de dos cantidades, por lo que se obtiene una cantidad a dimensional; la subjetividad del volumen es una característica interpretable al oído humano, debido a que las curvas de sonoridad (isofónicas) se las obtiene dependiendo del nivel de presión sonora ejercido en el oído humano. Sus gráficas varían dependiendo de la frecuencia del sonido. Más adelante se abordaran estos tópicos en el tratado de psicoacústica que se incluye en este trabajo.

Como se puede ver, los conceptos expuestos son los mismos, y sus diferencias radican más en la interpretación que conlleva cada uno de ellos, considerando que la sonoridad será un poco más complicada para un físico, que para una persona que por curiosidad o necesidad necesita evaluar tales conceptos. Para el estudio que estamos desarrollando, como se verá más adelante, solamente es necesario considerar el término “volumen” o intensidad sonora.

1.1.5.3 Timbre

El timbre constituye un atributo multidimensional, es decir no ligado a una única característica. Se suponen varios focos emisores de sonido, en un mismo medio, a una misma frecuencia e intensidad, y con un mismo nivel de presión sonora; el timbre es la propiedad que permite diferenciar el foco origen de un sonido, a pesar de tener un mismo tono y un mismo nivel de intensidad que otros sonidos que se hallen en dicho medio. Esta propiedad nos permite distinguir, por ejemplo, dos notas de una misma frecuencia, pero que se emiten de diferentes

instrumentos, por citar, un piano y una guitarra. Haciendo una analogía con el mundo de la luz, al timbre se lo denomina también como el color del tono.

1.1.5.4. Duración

La duración percibida es el intervalo de tiempo donde el sonido persiste sin discontinuidad.

1.1.6 TIPOS DE SONIDO

1.1.6.1 La voz

La voz humana tiene la capacidad de lograr amplitudes tan pequeñas pero a su vez, puede generar amplitudes exorbitales, llegando a crear niveles de presión sonora que pueden causar daño al oído humano.

Las frecuencias en las que se encuentra la fonación, van desde los 80 a 100 Hz para los hombres y desde 140 Hz para las mujeres, hasta los 8 KHz, en ambos casos

1.1.6.2 La música

A través de los tiempos, ha sido totalmente imposible llegar a un acuerdo en lo que al concepto de la música se refiere. Suele ser considerada sentimentalmente como la expresión del alma; para nuestro caso diremos que la música es la combinación de sonidos que provocan una sensación agradable al oído.

Cada instrumento musical posee una determinada gama de frecuencias, como se muestra:

Tabla 1.5 Gama de frecuencias de ciertos instrumentos musicales

INSTRUMENTO	GAMA DE FRECUENCIAS
<i>Piano</i>	30 Hz a 4100 Hz
<i>Órgano</i>	20 Hz a 4200 Hz
<i>Flauta</i>	260 Hz a 2350 Hz
<i>Tuba</i>	40 Hz a 350 Hz

Tres son los elementos fundamentales de la música: la melodía, la armonía y el ritmo.

Melodía

Se considera melodía a la sucesión de varios sonidos, de diferente altura y duración, de manera agradable al oído. Un ejemplo de melodía es el sonido de una sola flauta, o cuando se toca el piano, una nota cada vez.

Armonía

Armonía es la ejecución simultánea de varios sonidos. Un ejemplo claro de armonía se da cuando en un piano, se presionan tres teclas al mismo tiempo. Si este sonido es agradable al oído, este conjunto de tres teclas presionadas a la vez, llamado acorde, es considerado perfecto.

Ritmo

El ritmo es la combinación ordenada de silencios, sonidos fuertes y débiles. La respuesta psicológica del ritmo es por ejemplo el baile, el meneo de la cabeza, el golpear el pie en el piso, o aplaudir. Se dice que se lleva el ritmo.

1.1.6.3 El ruido

Se considera ruido a todo sonido no deseado. Este no siempre se acopla exactamente a su definición, si consideramos por ejemplo el goteo aleatorio de la lluvia, que, siendo un ruido, hasta cierto modo es relajante, no así el goteo periódico de una tubería rota, que es hasta irritante. Tomando en cuenta que el ruido puede ser periódico como en el ejemplo citado, sin embargo el ruido se produce generalmente por movimientos vibratorios no periódicos, los que originan varias componentes de frecuencia no deseadas dentro del espectro audible, lo que da al ruido una característica compleja para un estudio exacto.

1.1.6.3.1. Clasificación del ruido

Los ruidos pueden clasificarse en 2 parámetros:

- En función del tiempo e intensidad
- □ En función de la frecuencia

Tipos de ruido en función del tiempo e intensidad

Continuo constante

Tipo de ruido cuyo nivel de presión sonora permanece constante a través del tiempo, pese a que puede presentar fluctuaciones, que no sobrepasen los 5 dB en el periodo de observación.

Fluctuante

El nivel de presión sonora varía con el tiempo, ya sea de manera periódica o no periódica.

Impulsivo

Ruido que presenta un nivel de presión sonora por impulsos. El ruido crece bruscamente por un brevísimo instante de tiempo, es decir un impulso; tales impulsos pueden ser periódicos o no periódicos.

Tipos de ruido en función de la frecuencia

Blanco

Es un tipo de ruido cuyo nivel de presión sonora se mantiene constante para todas las frecuencias dentro del espectro audible; es decir, posee una respuesta de frecuencia plana. Un ejemplo de este tipo de ruido es el que se produce en las interferencias televisivas.

Rosa (Rosado)

Posee una respuesta variable dentro del espectro audible, decayendo 3 dB por octava. Se lo utiliza para determinar la acústica de salas, utilizando filtros de tercio de octava. Como ejemplo tenemos el siseo de los cassettes.

Marrón

No es muy común pero es un tipo de ruido que existe en la naturaleza. Está compuesto de frecuencias graves y medias. Este tipo de ruido se manifiesta por ejemplo cuando se quema el aislante de plástico de un cable de una manera rápida.

1.1.7 COMPORTAMIENTO DEL SONIDO

1.1.7.1 Propagación del sonido

El sonido que se emite desde un punto, se aleja del mismo en forma de ondas esféricas. En este caso la fuente sonora se conoce como fuente de sonido puntual. Por ejemplo si tenemos un helicóptero estático en un punto en el aire, las ondas de sonido generadas por el motor se alejan de forma esférica.

No se cumple la misma situación en una carretera por ejemplo, donde las ondas de sonido que genera un automóvil, se propagan de forma cilíndrica. En este caso, la fuente sonora es conocida como fuente lineal. En estas condiciones, la atenuación del sonido es más lenta.

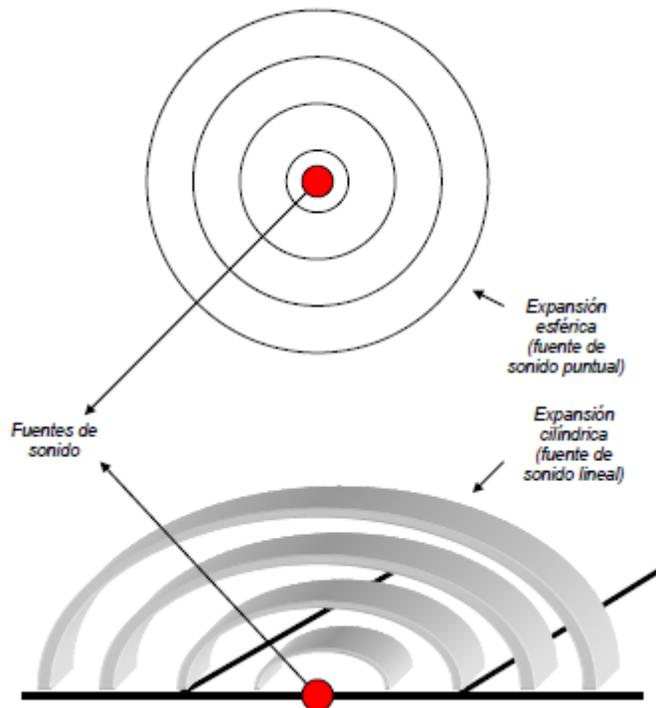


Grafico 1.2 Representación de la propagación del sonido

1.1.7.2 Atenuación del sonido debido a la distancia

El sonido se atenúa dependiendo de su tipo de propagación; así, si la propagación del sonido es en forma esférica (fuente sonora puntual), se da una atenuación de 6 dB cada vez que se duplica la distancia de alejamiento. Esto se debe a que, el área de incidencia de sonido crece exponencialmente respecto de su origen; específicamente, el área que atraviesa el haz de sonido, crece según el cuadrado de la distancia entre la fuente sonora puntual, y dicha área.

En cambio, si la propagación es cilíndrica, la atenuación correspondiente a 3dB cuando se duplica la distancia de alejamiento. La razón de esta atenuación menos drástica que el caso anterior, se da debido a que el crecimiento del área de incidencia del sonido, al duplicarse la distancia, es de tipo lineal. En los gráficos 1.3 y 1.4 se visualizan las causas de la atenuación para cada tipo de fuente; vale anotar que el haz de sonido no es de forma que se indica, los gráficos solo intentan explicar el parámetro mencionado, más no lo referido a la forma de haz del sonido

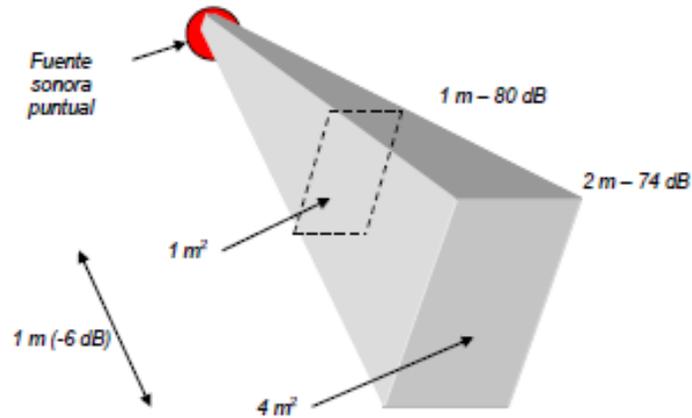


Grafico 1.3 Atenuación para fuente sonora puntual

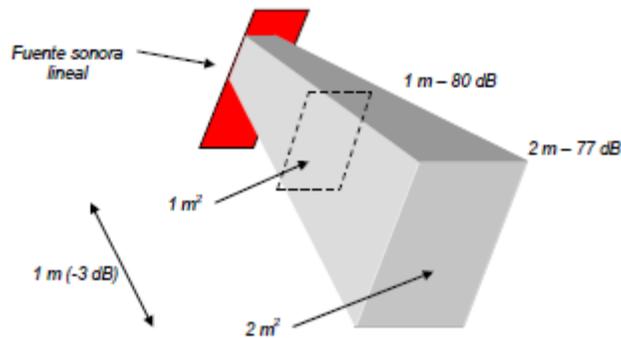


Grafico 1.4 Atenuación para fuente sonora lineal

1.1.7.3 Influencia atmosférica en el sonido

A más de la atenuación por la distancia, cuando se requiere que el sonido recorra distancias significativas, es necesario tomar en cuenta la pérdida por influencia atmosférica, la misma que es referida a la absorción acústica del aire, afectando en mayor grado a la frecuencia. La absorción acústica del aire ocasiona pérdidas en las frecuencias más altas; si la humedad relativa del aire es más baja, la absorción es mayor.

Otros factores de la atmósfera que afectan al sonido son el viento y la temperatura.

En la tabla siguiente, se puede apreciar cómo afecta la absorción del aire al sonido.

Tabla 1.6 Atenuación de la onda sonora por absorción del aire, por cada 100m en temperaturas mayores de 15° y HR al 50%

FRECUENCIA (Hz)	ATENUACIÓN (dB / 100 m)
1000	0,35
2000	1
4000	2.5
8000	7

1.1.6.4. Refracción

Característica del sonido que se refiere a la desviación de la trayectoria del mismo, debido a que el frente de onda sonora viaja a diferentes velocidades, a causa de agentes naturales. Existen dos tipos de refracción: por viento y por temperatura.

Refracción por el viento

La velocidad del viento, cambia con la altura, por ello la velocidad del sonido también cambiara; de esta manera si la velocidad del sonido viaja en dirección contraria a la del viento, esta tomara una trayectoria desviada hacia arriba. Lo opuesto sucede cuando ambas velocidades viajan en la misma dirección; en este caso, el efecto que se produce le permite ``saltar`` obstáculos

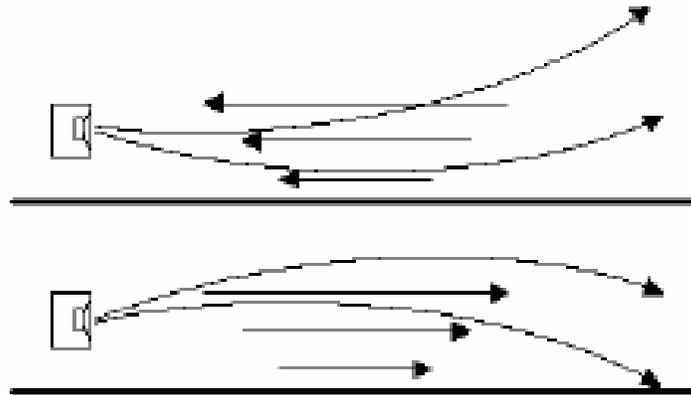


Grafico 1.5 Refracción por variaciones de la velocidad del viento

Refracción por temperatura

Este fenómeno se da debido a las diferentes capas de temperatura que existe; de esta manera, las ondas son refractadas según la capa a la que pertenezca.

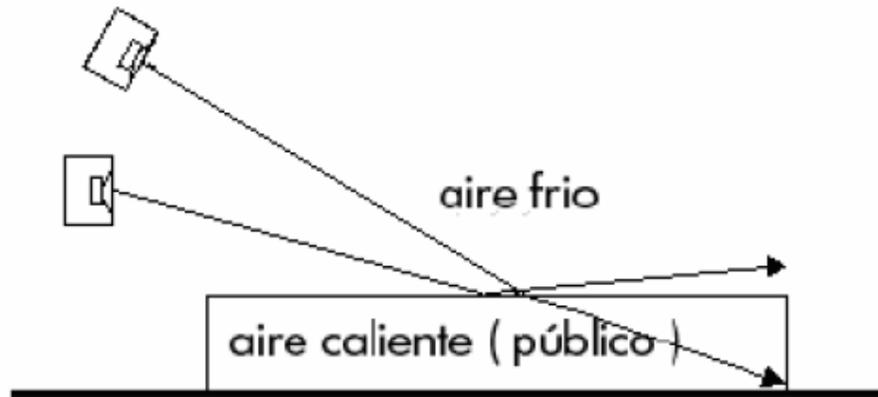


Grafico 1.6 Refracción por variaciones de la temperatura

1.1.7.5. Difracción del sonido

Se refiere a cualquier desviación de la propagación en línea recta, debido a la presencia de un obstáculo en el medio homogéneo.

Para que un sonido se refleje en un cuerpo, se debe cumplir que la longitud de onda de dicho sonido debe ser de un valor menor o máximo igual que la dimensión de dicho cuerpo; caso contrario, si el sonido encuentra en su trayectoria un cuerpo con dimensiones menores a su longitud de onda, el sonido rodeará dicho cuerpo, y continuará su trayectoria por detrás.

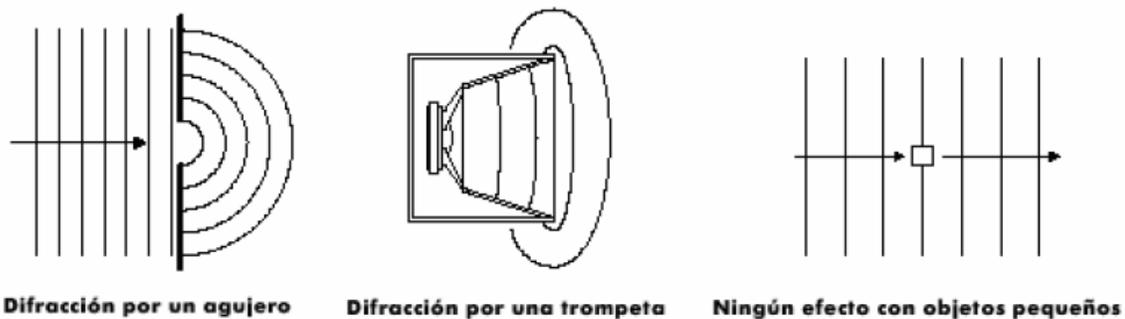


Grafico 1.7 Difracción en diversas situaciones

1.1.6.6. Reflexión y absorción del sonido

Cuando una onda sonora choca sobre una superficie que separa dos medios, se producen dos ondas, una onda que se refleja, o “regresa” (reflexión) y otra que se transmite, la absorbe el medio, o “pasa” (absorción). Si dicha onda choca con el ángulo de inclinación sobre la mencionada superficie, también exciten las ondas citadas. Cuando el ángulo de incidencia llega a un valor determinado, conociendo al ángulo crítico, la onda no sufre otra variación que un cambio de dirección en su trayectoria, es decir, ser totalmente reflejada

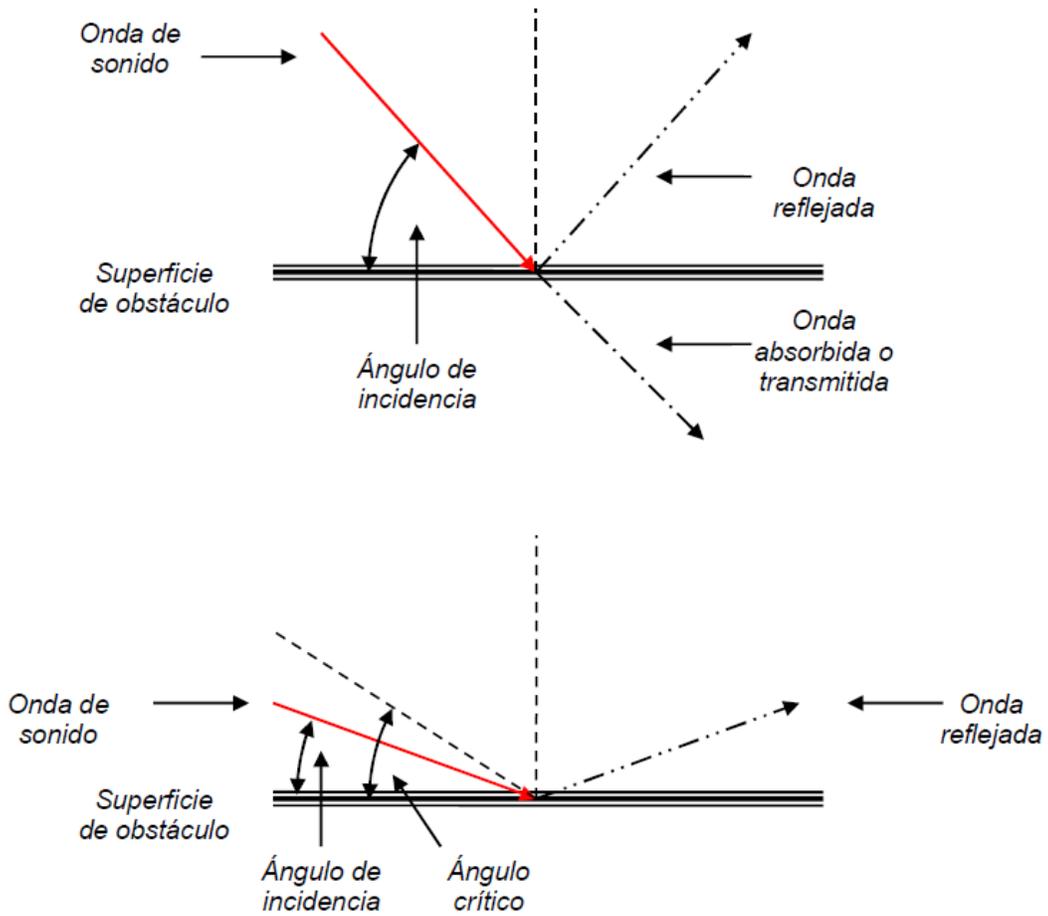


Grafico 1.8 Reflexión del sonido acuerdo al ángulo de incidencia

El reparto de energía de la onda original para las ondas de absorción y reflexión, depende de la impedancia acústica que exista entre los dos medios. La impedancia acústica no es más que la resistencia que presentan los materiales al paso del sonido. También, el reparto de energía tiene que ver con la naturaleza del elemento, su forma y rugosidad superficial.

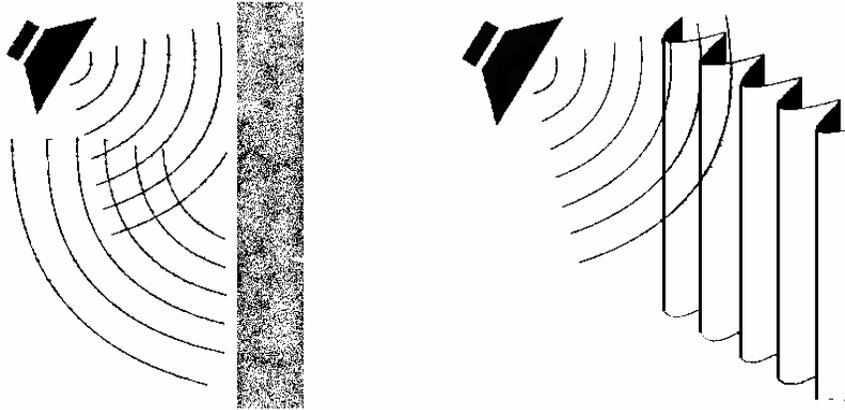


Grafico 1.9 Materiales reflejantes y absorbentes

En general, los objetos lisos, pesados y rígidos son reflectantes, mientras que los objetos rugosos, porosos o que puedan vibrar fácilmente, son absorbentes. De esta propiedad, se puede hallar una relación de gran utilidad que es el COEFICIENTE DE ABSORCIÓN, que en resumen no es más que la relación entre la onda sonora que incide, y la onda que se absorbe. Se lo representa mediante la letra griega alfa.

$$\alpha = \frac{S_1}{S_2} = \frac{S.abs}{S.inc}$$

Ec. 1.5

Donde:

α *Coefficiente de absorción*

S_1 *Energía que absorbe una superficie*

S_2 *Energía que incide una superficie*

Los valores del coeficiente de absorción están entre 1 y 0; si un elemento tiene un coeficiente de absorción de 0, quiere decir que es un material totalmente reflectante; caso contrario, si posee el valor de 1, es un material puramente absorbente. El valor del coeficiente varía para un mismo material, cuando se lo analiza para diferentes frecuencias.

Tabla 1.7 Coeficiente de absorción de algunos materiales en diferentes frecuencias

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN (%)						
SUPERFICIE	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz
<i>Hormigón</i>	1	1	1	1.5	2	2
<i>Suelo de madera</i>	15	11	10	7	6	7
<i>Paneles de madera</i>	30	25	20	17	15	10
<i>Paneles de 50mm de gama espuma</i>	15	27	63	91	100	100
<i>Paneles de 50mm de fibra de vidrio</i>	26	60	95	100	100	100

1.1.6.7. Eco y reverberación

Básicamente el eco y la reverberación son lo mismo, es decir una prolongación del sonido que se produce, por sucesivas reflexiones en las distintas superficies, con las que el sonido encuentra en su paso.

Este efecto se debe al hecho de que en primera instancia el sonido llega directamente de la fuente, y luego, por reflexiones sucesivas, provenientes de paredes, suelos y demás superficies llega un segundo efecto de la misma fuente. Cuando la fuente sonora emite una onda de sonido y la misma llega al sistema auditivo humano dentro del período comprendido de 0 a 100 milisegundos tal sistema considera que el sonido ha sido emitido instantáneamente de la fuente sonora en cuestión, si el sonido demoramos de tal período el efecto psicológico que se produce es el eco; dada la velocidad del sonido de 340 m/s y tomando en cuenta los 0.1 s luego del cual se produciría el eco, se deduce que la distancia necesaria a una pared par escuchar el mencionado efecto sería de 17 m de la fuente.

Si las condiciones acústicas del local provocan que el mismo se sume con la onda original tenemos el caso de reverberación; tal efecto produce una sensación de alargamiento y amplificación de la señal original.

El efecto del eco puede causar problemas, si no se toma la precaución de dirigir los parlantes fuera del alcance de superficies reflectantes (paredes, techos etc.) en exteriores

1.2 ESPECTRO AUDIBLE

Este se considera como estándar la gama de frecuencias entre 20 y 20000Hz. Los sonidos cuya frecuencia sea inferior a 20 Hz se llaman infrasonidos. A los que tienen una frecuencia superior a los 20000Hz se les llaman ultrasonidos. Se sabe que el espectro audible de cada persona es diferente de diversas condiciones, como lo puede ser el ambiente de trabajo ruidoso y varía con respecto de la edad, conforme avanza la edad se pierde sensibilidad a frecuencias agudas.

Las frecuencias suelen clasificarse de acuerdo a su valor en tonalidades. A medida de que una de estas es mayor entonces por consiguiente se encuentra en una frecuencia mayor. Así que distinguimos tonos graves, medios y agudos. Los sonidos graves van desde 20 a 300 H, los medios van desde 300 a 2000Hz y los agudos van desde los de 2000Hz hasta los 20000Hz.

El espectro audible se subdivide en octavas. El valor máximo de cada una de ellas es el doble de la anterior. La primera octava y la última son prácticamente inaudibles. En la siguiente tabla se muestran todas las octavas con su respectivo rango de frecuencias.

Tabla 1.8 Espectro audible mostrado en octavas del ser humano

1 ^a Octava	16 Hz - 32 Hz	7 ^a Octava	1000 Hz - 2000 Hz
2 ^a Octava	32 Hz - 64 Hz	8 ^a Octava	2000 Hz - 4000 Hz
3 ^a Octava	64 Hz - 125 Hz	9 ^a Octava	4000 Hz - 8000 Hz
4 ^a Octava	125 Hz - 250 Hz	10 ^a Octava	8000 Hz - 16000 Hz
5 ^a Octava	250 Hz - 500 Hz	11 ^a Octava	16000 Hz - 32000 Hz
6 ^a Octava	500 Hz - 1000 Hz		

Sabemos que a pesar de tener el mismo tono y la misma potencia, dos sonidos no deben de ser idénticos, toda su diferencia radica en el timbre, este es el que nos permite diferenciar una nota musical dada por otros instrumentos diferentes, o las voces de dos personas. Recordando sabemos que los armónicos son frecuencias múltiplos de la fundamental.

1.2.1 ÁREA DE AUDICIÓN

En el gráfico 1.10 se indican los límites en los rangos audibles necesarios para captar la música y la voz humana como tales, por ejemplo para lograr captar una frecuencia de 125 Hz se necesitará aumentar 20 dB más de lo que se requiere en una frecuencia de 2KHz para lograr escuchar con la misma intensidad, con esté precedente, se indican los límites tanto en la música como en la voz para evitar que los mismos sean inaudibles o se conviertan en ruido.

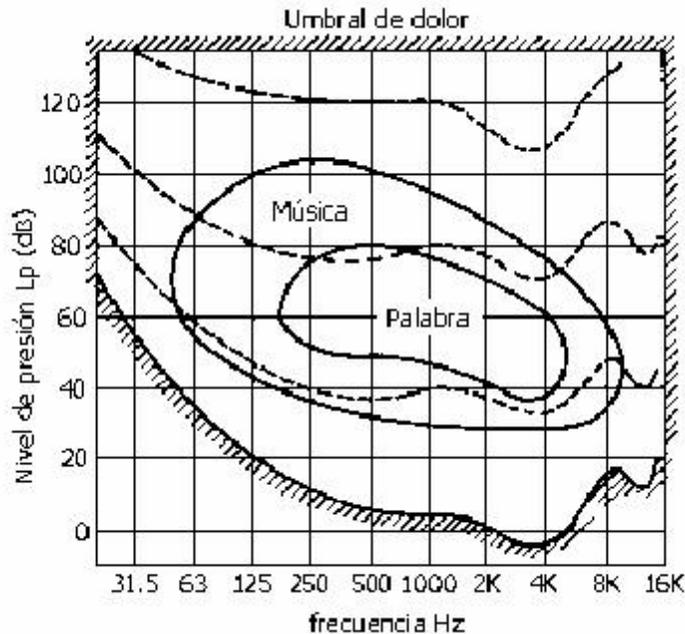


Gráfico 1.10 Gráfico de la audición humana

1.2.3 EL OÍDO HUMANO

Nuestro oído no tiene una respuesta lineal, ni en frecuencia ni en intensidad. Por esto medimos la frecuencia por octavas (que tienen el doble de frecuencias, y la intensidad en decibeles.

Además la, la sensibilidad del oído varía en función del nivel de captación del sonido.

Las sensaciones que da el oído humano son el tono, timbre y la intensidad. Mientras que el tono y el timbre dependen de los armónicos del sonido, la intensidad está en función del nivel de presión sonora. Depende de la amplitud de la oscilación, de la potencia de la fuente y de la forma en que se ha transmitido, es decir el medio físico.

Como ya se platico el margen de frecuencias que logramos percibir se encuentra entre los 20 y 20000Hz, así como hablando de niveles de intensidad sonora podemos escuchar señales entre 0 dB SPL y 120 dB SPL. Estos se corresponden con los niveles umbral de audición y al umbral del dolor.

Para explicar el funcionamiento del oído se utilizan las curvas isofónicas. En el eje Horizontal encontramos a la frecuencia y en el vertical la intensidad del sonido en decibeles SPL. En cuanto disminuye la frecuencia es necesaria una intensidad mayor para percibir estos sonidos, debido a que la sensibilidad del oído humano no es la misma en todo el espectro audible. Hay una zona de máxima sensibilidad máxima entre 1000 Hz y 5000Hz, con una disminución progresiva fuera de estos márgenes.

Estas curvas se miden en fonos. Un fono es un decibelio SPL a 1 KHZ. Así es como trabajamos con sensaciones igual. Para el nivel umbral dibujamos una curva a 0 fonos para todo el espectro audible. El nivel de dolor corresponde a los 120 fonos. Los distintos sonidos se ubican en diferentes zonas de las curvas.

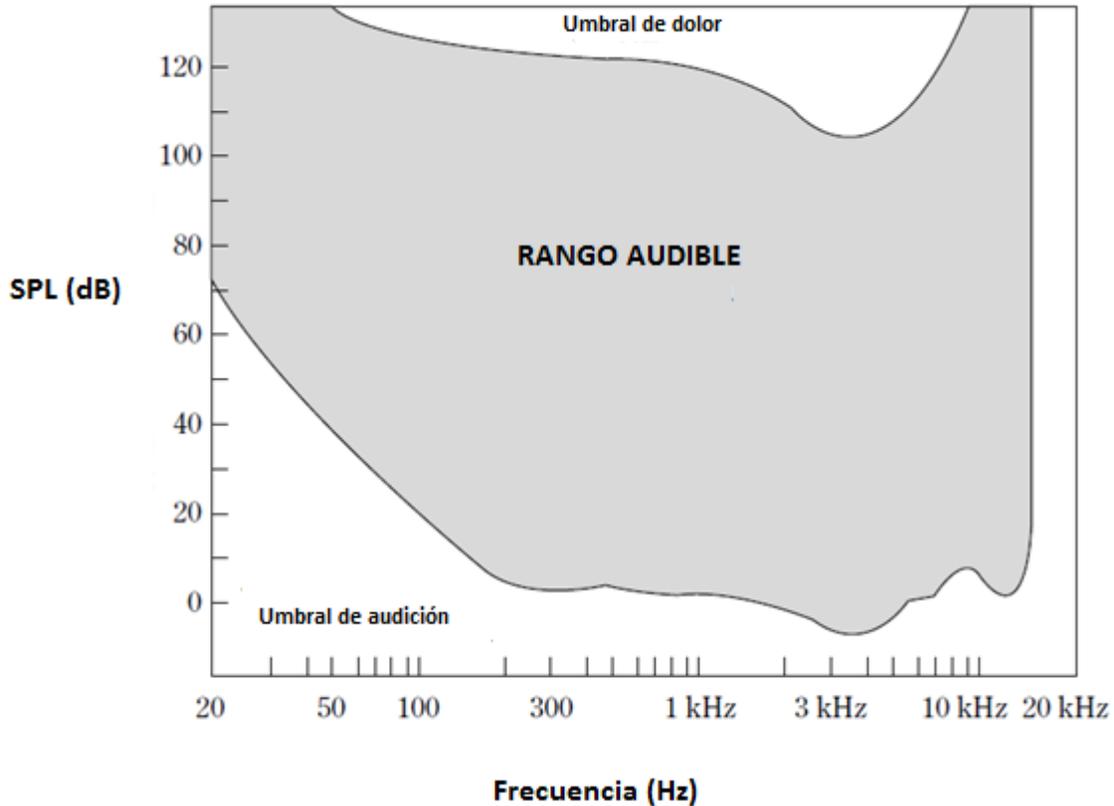


Gráfico 1.11 Gráfica que representa el rango audible del ser humano

1.2.3 ENMASCARAMIENTO

Cuando escuchamos, las bajas frecuencias excitan residualmente zonas de alta frecuencia ocurriendo el enmascaramiento. Debido a esto existen sonidos agudos que permanecen ocultos, y no se perciben claramente si no se perciben con mayor intensidad, esto no ocurre recíprocamente con las bajas frecuencias.

1.2.4 ESTEREOFONÍA

Es aquel que intenta situar las distintas fuentes sonoras en las localizaciones diferentes para el oído Humano. Al panoramizar las señales entre derecha y a la izquierda. El sonido monofónico, por otra parte, es distinto. Supone que la misma señal se envía sobre la izquierda y derecha. Así mientras, que en el estéreo hay dos señales diferentes, en el mono hay dos iguales.

1.2.5 EL EFECTO DE PRECEDENCIA

Nuestro sistema auditivo integra intensidades de sonido en pequeños intervalos de tiempo y actúa como un instrumento de medición. En otras palabras el sistema auditivo y el cerebro tienen la capacidad de combinar todos los sonidos provenientes de la fuente principal de un retardo de hasta 50 microsegundos, sin importan que otros sonidos ajenos a la fuente principal estén presentes. Es algo parecido a lo que pasa con el cine, con la repetición de imágenes las cuales nuestros ojos y nuestro cerebro hacen que parezcan una película. Este retardo debe de ser de 16 imágenes por segundo, (un intervalo de 62 milisegundos) para evitar que solo se vean imágenes separadas.

Haas situó a sus sujetos en exploración a 3 metros de distancia de 2 altavoces, que se encontraban en un arreglo, de manera que tuvieran un ángulo 45° entre una y otra. Las condiciones del experimento eran aproximadamente anecoicas. Los sujetos en observación manipulaban un atenuador de tal manera que modularan para escuchar los sonidos emitidos por el segundo altavoz de la misma manera que el primero Haas estudio estos fenómenos producidos por el retardo.

Haas encontró que en el rango del retraso de 5 a 35 microsegundos, el sonido proveniente del altavoz desfasado debe de ser incrementado más de 10 dB del altavoz que no está desfasado para que suene como un eco. Este es el llamado efecto Haas o de precedencia.

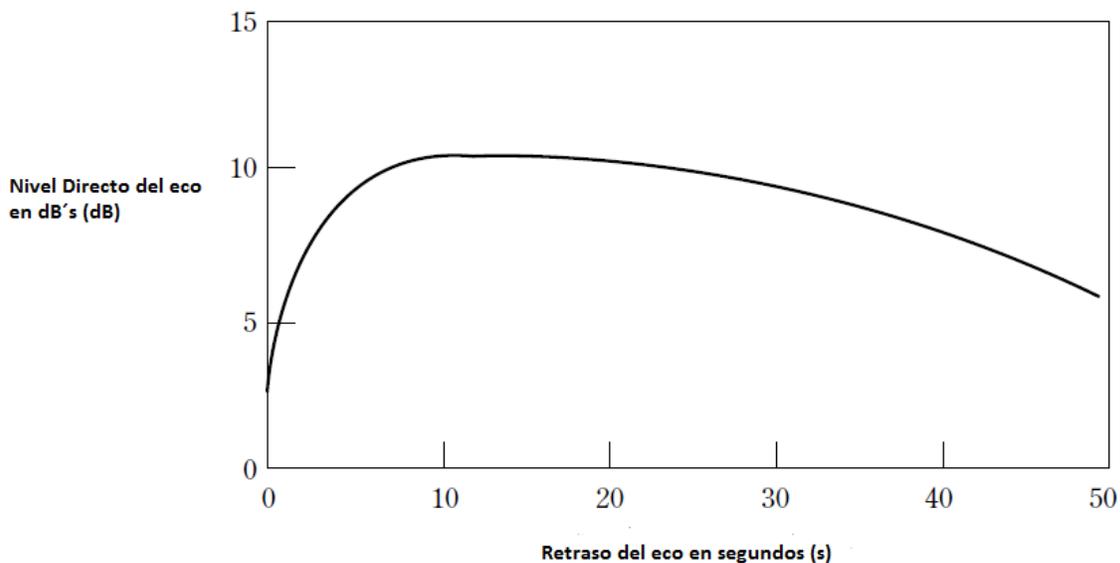


Grafico 1.12 Efecto Haas o de precedencia

1.3 PARÁMETROS A CONSIDERAR EN SONORIZACIÓN

1.3.1 SONORIDAD Y NIVEL DE SONORIDAD

Como se ha dicho, técnicamente hablando la sonoridad o volumen es un término subjetivo. En el gráfico 1.13 se encuentra explicado ilustrativamente, el término nivel de sonoridad, que es determinar cuando un sonido es igual de fuerte que otro. De esta explicación nace el concepto de fonio, que es el nivel de sonoridad que se tiene, para los niveles de presión sonora, establecidos en 1 KHz. Nivel de sonoridad en fonios, no tiene relación directa con el término subjetivo sonoridad.

Para hallar una relación directa, se debe utilizar una medida denominada sonio, la que se define como la sonoridad producida por un tono de 1 KHz, a un nivel de sonoridad de 40 fonios. En los valores mencionados, es el único punto donde concuerdan los fonios con el nivel de presión sonora (SPL), en valores exactamente iguales. Ahora entonces, se están relacionando magnitudes subjetivas, y comprendiendo objetivamente dicho término subjetivo.

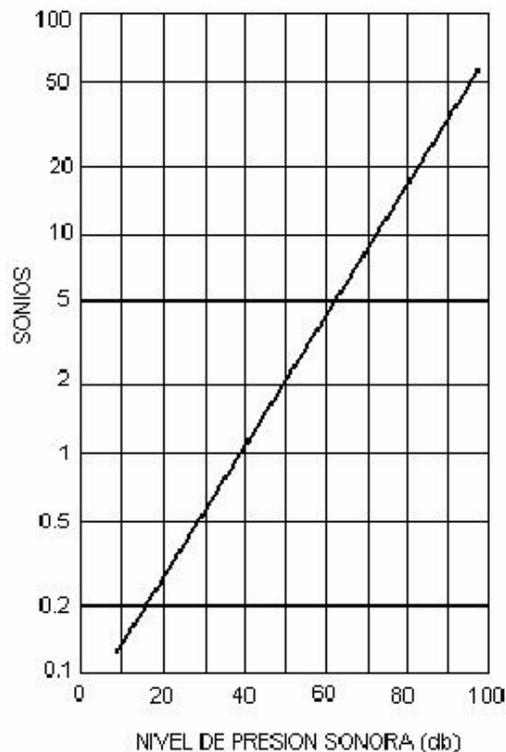


Gráfico 1.13 Nivel de presión VS sonios a 1 KHz

La curva del gráfico 1.13 es experimental y está determinada para el valor de 1KHz, y a una presión sonora de 40 dB a 10 dB por arriba de 40 dB se determinó que la medida hallada en ese punto son 2 sonios, y 10 dB por debajo de 40 dB, se determinó un valor de 0.5 sonios, de allí la obtención del gráfico

1.3.2 EFECTO PEINE

El filtro peine o Comb Filtering debe su nombre a su imagen gráfica que representa la forma de una peineta con los dientes hacia abajo. Se trata de la alteración de la respuesta en frecuencia en forma de caídas o huecos en el espectro sonoro de hasta 30 dB de atenuación en algunas frecuencias. Estas pérdidas suceden en una serie armónica que depende de la distancia que existe entre un micrófono y la fuente sonora, así como la relación y cambios de fase por el arribo en diferentes tiempos de la onda sonora. El efecto auditivo es una marcada reducción en el balance natural de la fuente, un cambio del timbre en un instrumento musical o poca inteligibilidad de la voz. El filtro peine puede ocasionarse de dos maneras: acústica y electrónicamente. El primer caso suele ocurrir cuando el micrófono capta el sonido directo de la fuente además de las reflexiones provocadas por superficies reflejantes. Al combinarse acústicamente ambas ondas provocarán cancelaciones en el diafragma del micrófono. La formación de este fenómeno depende de la distancia y tiempo de llegada de las reflexiones con respecto a la original. El segundo caso ocurre al emplearse dos o más micrófonos ubicados a distancias distintas captando sonido de una misma fuente sonora. La señal del micrófono localizado a mayor distancia arribará más tarde que el que está a menor distancia, estas diferencias de tiempo entre las señales al sumarse eléctricamente por medio de una mezcladora provocarán un efecto de peine tan severo que puede manifestarse en una respuesta en frecuencia alterada, con "Huecos e irregularidades". Mientras mayor sea la diferencia de tiempo en la llegada de dos señales (de los 10 milisegundos en adelante) o más largas sean las distancias recorridas, las cancelaciones ocurrirán desde más bajas frecuencias; mientras que con pequeñas diferencias de tiempo (inferior a 0.5 milisegundos) o cortas distancias, las cancelaciones se desplazarán hacia la parte de las altas frecuencias.

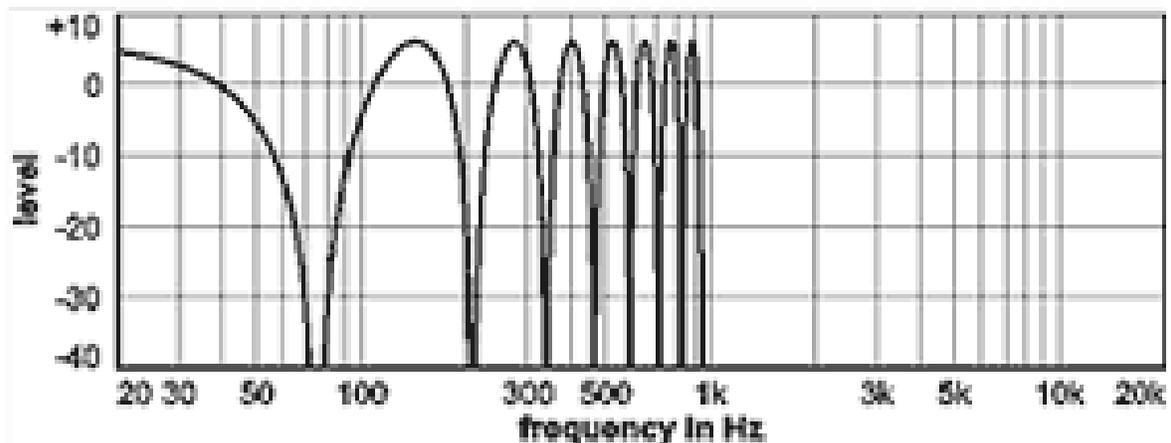


Grafico 1.14 Efecto peine

1.3.3 REGLA 3 A 1

De sus experimentos realizados, Lou Burrougs en 1974, éste llegó a la conclusión de la llamada relación 3 a 1 que consiste en colocar un micrófono frente a una fuente en una distancia D_1 apropiada para una buena captación y si se tiene un segundo micrófono se debe de colocar al triple de la distancia del primero D_2 . Con esta técnica si utilizamos micrófonos unidireccionales tendremos mejores resultados, disminuimos cancelaciones por fase y aseguramos una atenuación de por lo menos 9dB.

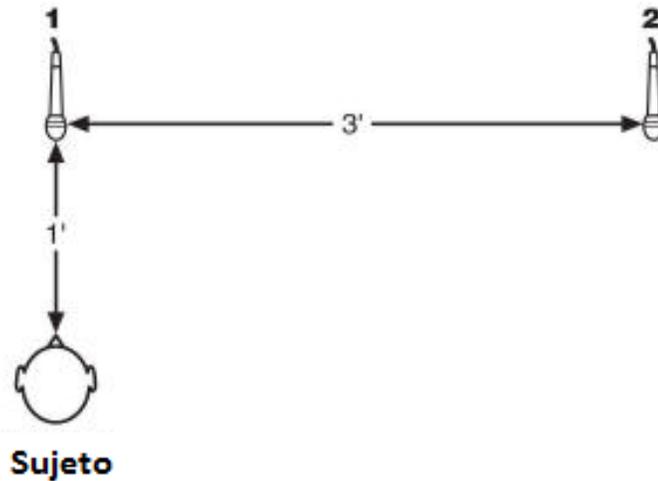


Grafico 1.15 Aplicación de la regla 3 a 1.

1.3.4 RETROALIMENTACIÓN O FEEDBACK

La retroalimentación o feedback es una frecuencia o combinación de frecuencias indeseadas cuando algún micrófono capta el sonido de los altavoces al mismo nivel que el de la fuente sonora, punto denominado ganancia unitaria. El sonido vuelve a preamplificarse una y otra vez hasta que se forma un lazo cerrado, aumentando rápidamente el nivel de presión de la frecuencia retroalimentada. Debido al elevado nivel que puede alcanzar el sistema resulta muy peligroso para los altavoces y sobre todo para audibilidad de los espectadores y gente del escenario. Otro tipo de Feedback, no acústico si no electrónico, es el provocado cuando se graba un concierto y la salida del equipo grabador entra a un par de canales de mezcladora. Si por descuido se asignan estos canales a la salida principal, la cual se conecta a la entrada de la grabadora, la retroalimentación se dará tan rápido que el riesgo de dañar los equipos y los altavoces es alto.

1.3.5 RANGO DINÁMICO

El Rango dinámico es de las especificaciones más importantes de un equipo electrónico, pues nos habla del nivel de señal eléctrica que puede manejar y prácticamente nos determina el espacio total donde la señal se puede "mover".

De las figuras anteriores el rango dinámico es la relación entre el máximo operativo de la electrónica, que para fines reales está definido por los rieles de la alimentación. Esta relación eléctrica se refiere directamente en decibeles eléctricos (dBv, dBu o dBm). El nivel mínimo aceptable para una mezcladora y para muchos equipos electrónicos es de 100dB. Mientras mayor sea esta especificación será mayor.

Cabe mencionar también que el rango dinámico también es un concepto utilizado para sistemas de audio. Cualquier sistema de audio tiene un ruido de fondo heredado en inherente a la electrónica utilizado para amplificar altavoces.

1.3.6 HEADROOM

Este es otra de las especificaciones más importante para equipos de audio. El Headroom o tolerancia se puede ver como el rango o margen que tienen las mezcladoras antes de llegar a distorsión y operando a un nivel normal. Se puede definir como la tolerancia eléctrica que tiene la mezcladora del nivel de operación al nivel de distorsión, o como la relación que hay entre el nivel máximo de salida o de distorsión y el nivel de operación nominal del mezclador.

Al igual que el rango dinámico mientras mayor sea, mejor será el manejo de señal.

1.3.7 RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N)

Es otra especificación que tienen los equipos de audio y se refiere a que tan ruidoso puede ser.

La relación señal a ruido nos indica que tan alejado puede estar alejado el nivel de operación de un a mezcladora con respecto al ruido de fondo que posee. Mientras más pequeña sea esta relación el sistema será más ruidoso.

1.3.8 EFECTO DE PROXIMIDAD

El efecto de proximidad de los micrófonos es una manifestación que consiste en el aumento de amplitud en bajas frecuencias cuando se coloca al micrófono cerca de la fuente (menos de 15 cm de separación). Dicho comportamiento se da en micrófonos direccionales, razón por la cual varios modelos incluyen ya filtros pasa altos que al activarse previene que la señal se sature o distorsione. El efecto de proximidad no es tan malo como pudiera parecer, algunos beneficios a resaltar son:

- Medio natural que un cantante emplea para matizar y hacer más expresiva su interpretación.
- Realización de algunos efectos especiales en el caso de un amplificador de guitarra, como saturación o distorsión controladas.

- Ayuda en la ecualización de una voz con un timbre muy delgado y sin cuerpo.

En una situación donde el efecto de proximidad sea inevitable será necesario manipular la señal en el sistema de control, esto es, aplicar filtros o atenuadores para controlar el exceso de bajas frecuencias.

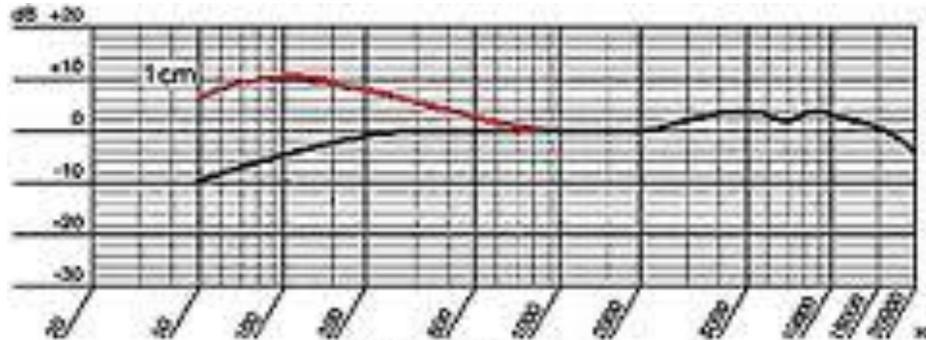


Grafico 1.16 Efecto de proximidad

1.3.9 CURVAS ISOFÓNICAS

Las curvas en los gráficos 1.17 se las conoce como curvas isofónicas, las mismas pueden ser interpretadas, como las curvas de respuesta de frecuencia invertidas para los diferentes niveles de presión sonora (SPL). En el gráfico 1.3 se puede apreciar lo dicho:

Se toma como ejemplo un tono de 1 KHz (eje X del gráfico 1.19), que al analizar su par ordenado (en el eje de las Y), se encuentran 20 dB de SPL. Este punto será el punto A; En el punto A se encuentra la escala de fonios, que marca el mencionado punto A con un nivel de volumen de 20 fonios; fácilmente se deduce que 1 fonio equivale a 1 dB de sonido (SPL) para un sonido de 1 KHz. Para dar la misma sensación de volumen del punto A, al punto B que se ubica en 200 Hz, el nivel de presión sonora debe incrementarse en 20 dB de SPL (eje Y): esto es posible constatar en el gráfico 1.12, ya que el punto B también se indica con flechas rojas.

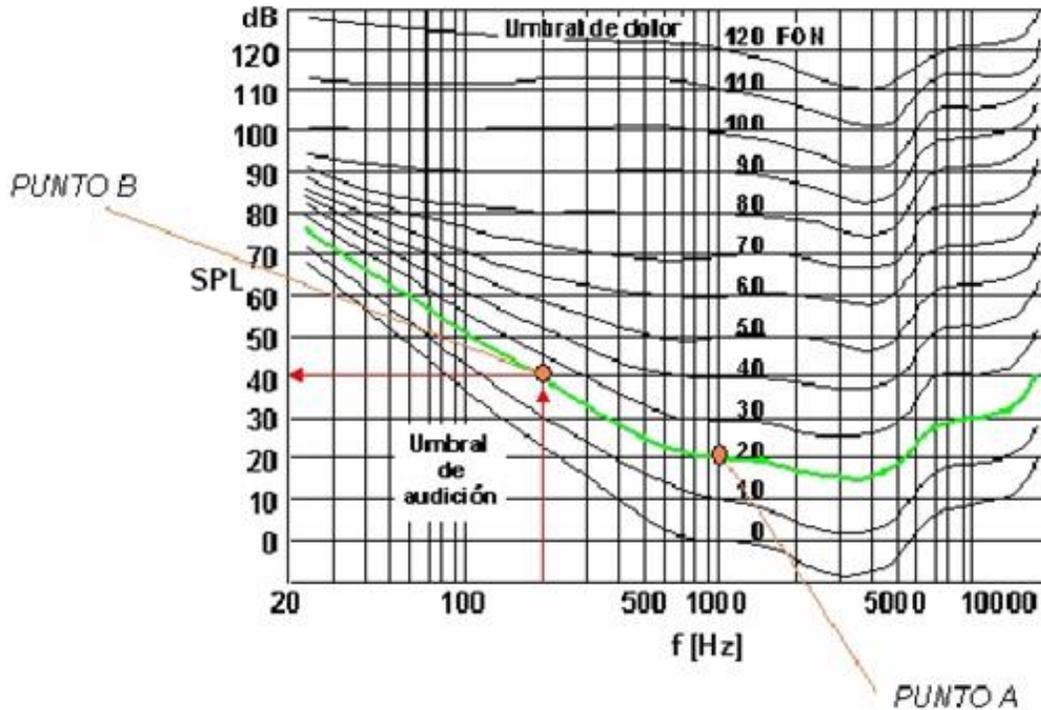


Gráfico 1.17 Curvas de Fletcher y Munson

En el gráfico 1.17 se aprecia que la respuesta de frecuencia del oído es prácticamente plana para altos niveles de presión sonora. Por tal razón ocurre que, para que en las piezas musicales, los sonidos de todos los instrumentos tengan un mismo nivel de volumen, se debe trabajar en esta zona, a los mencionados niveles de presión sonora.

1.3.10 PONDERACIÓN

Cuando se descubrió que la sonoridad no era tan simple como se pensaba, dado la respuesta desigual a la frecuencia que se ha explicado en líneas anteriores, se pensó en un instrumento que simulara estas limitaciones humanas, de tal manera que se lograra estandarizar las mediciones sonoras, por ejemplo como se puede observar si a 200 Hz la curva sube un nivel de 20 dB por encima del valor ubicado en 1KHz este instrumento debería atenuar los 20 dB, y de esta manera simular el oído humano, sin embargo esta idea tropezó con el hecho de que para cada nivel de sonoridad existe curvas distintas de frecuencia que no se atenúan de igual manera, por ello se concluyó disponer de 3 tipos de ponderación:

- la ponderación A (dBA) que válida para niveles próximos a 40 fonios
- la ponderación B (dBB) que cubre niveles de hasta 70 fonios y;
- la ponderación C (dBC) que cumple los niveles de hasta 100 fonios

Conforme se utilizaron estos aparatos se descubrió que las respuestas en ponderación B tenía distorsiones que causaban molestias, sin embargo las ponderaciones A y C, si bien no eran exactas representaban muy bien al oído humano, por lo que en la actualidad los aparatos de medida incluyen estas dos ponderaciones; así, si se desea medir las bajas frecuencias, se utiliza la ponderación A, y si se desea medir un espectro más amplio que no comprometa un estudio minucioso de las mencionada bajas respuestas, se utiliza la ponderación C .

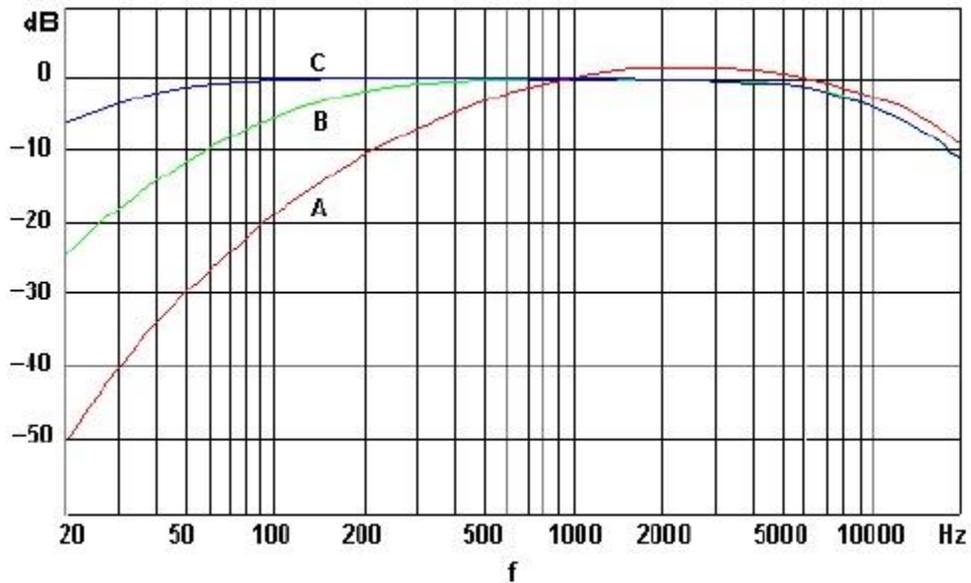


Gráfico 1.18 Curvas de compensación o ponderación A, B, C

CAPITULO 2

EQUIPO DE AUDIO PARA UNA SONORIZACIÓN



CAPITULO 2. EQUIPO DE AUDIO PARA UNA SONORIZACIÓN

Un sistema de sonido puede estar formado por una inmensa cantidad de elementos que repercuten sobre la calidad de sonido reproducido, tanto de forma directa como indirecta. De entre todos los elementos, hay una serie de ellos que son fundamentales para una sonorización y que, además, su influencia en la calidad fina del sonido no viene dada por el buen hacer en su manejo, como las mesas de mezclas, si no por la propia calidad del elemento y por su correcto uso dentro del sistema. Estos elementos tienen unas características invariables y no son manipulables, lo que supone que la labor del ingeniero se reduce a realizar una buena y adecuada elección de él. Por lo tanto, es muy importante conocer el funcionamiento y las características de cada elemento para poder saber si el elemento que se va a adquirir o a usar es el adecuado para el sistema.

2.1 MICRÓFONO

El micrófono es el elemento destinado a transformar los sonidos o señales acústicas, en sus correspondientes señales eléctricas, para su posterior proceso por medios electrónicos.

Para llevar a cabo su misión disponen de una membrana muy ligera suspendida elásticamente, que es capaz de vibrar gobernada por las ondas sonoras que inciden en ella. Esta vibración es transformada en señales eléctricas por procedimientos electrostáticos o electrodinámicos según sea el tipo de micrófono.

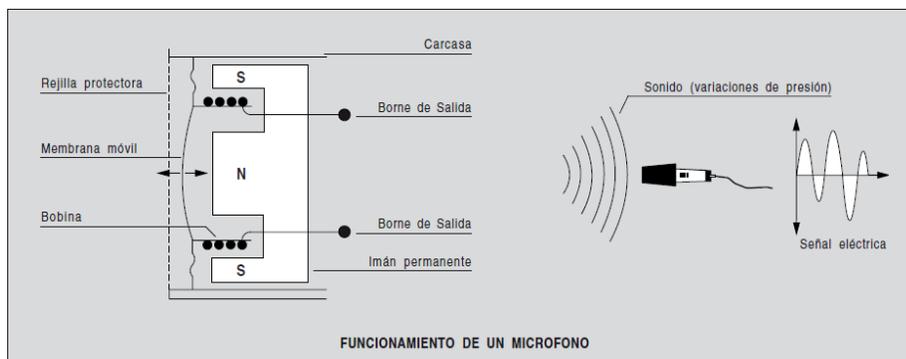


Grafico 2.1 funcionamiento de un micrófono

2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

2.1.1.1 Directividad

La directividad, o la característica de respuesta directa, es la variación del nivel de salida del micrófono para cada uno de los ángulos de incidencia de la presión acústica. Se representa mediante los llamados diagramas polares de campo, los cuales consisten en una representación empleando coordenadas polares para mostrar la magnitud de una cualidad en una o en todas las direcciones, es decir 360° alrededor de un punto dado. Dado que las curvas son simétricas respecto al eje principal, se suele tomar solamente los valores comprendidos entre 0° y 180°. Se obtienen cuatro curvas básicas de directividad:

- **MICRÓFONOS OMNIDIRECCIONALES:** En estos micrófonos el sonido es captado casi uniformemente en todas las direcciones. La tensión obtenida en un micrófono en circuito abierto es proporcional a la presión sonora incidente sobre su membrana, independientemente de la orientación de ésta.
- **MICRÓFONO BIDIRECCIONAL:** Nos proporcionan una máxima sensibilidad al sonido que proviene de la parte anterior y su opuesta. Esta sensibilidad disminuye hacia los lados. Es un micrófono idóneo para ser utilizado entre dos locutores enfrentados, ya que capta por igual el sonido de ambos.
- **MICRÓFONOS SEMIDIRECCIONALES:** Captan preferentemente los sonidos procedentes de los puntos situados delante de su membrana, y con menor nivel los que proceden de los puntos situados detrás.
- **MICRÓFONOS UNIDIRECCIONALES O CARDIOIDES:** Sólo recogen los sonidos procedentes de puntos situados delante del micrófono, quedando muy atenuados los procedentes de la zona posterior. Son los idóneos para ser utilizados en locales donde exista riesgo de realimentación acústica. Existe una variante de este micrófono, llamada supercardioide, que es un tipo intermedio entre cardioide y el bidireccional.

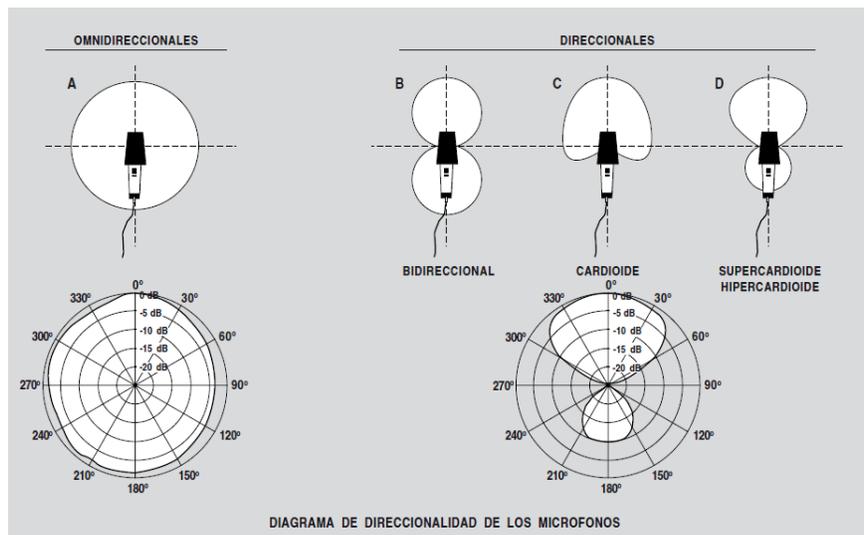


Grafico 2.2 Direccionalidad de los micrófonos

2.1.1.2 Sensibilidad

La sensibilidad nos indica la eficiencia con que un micrófono transforma la presión sonora en tensión eléctrica, es decir, la cantidad de señal eléctrica que es capaz de proporcionar según la presión recibida. La sensibilidad es la relación entre la tensión en circuito abierto generada por el micrófono, respecto de la presión recibida por el mismo. Se mide en V/Pa a 1KHz y con la señal en la dirección de máxima incidencia. Cuanto mayor sea la sensibilidad, mayor es el nivel de la señal de salida con igual presión incidente, de tal manera que el micrófono responderá a señales de menor nivel de presión sonora.

Existen básicamente dos formas de definir la sensibilidad de un micrófono:

- en términos de tensión de salida
- en términos de potencia de salida para una presión sonora dada.

$$S = \frac{|V|}{|P|} = \frac{\text{Tensión eléctrica proporcional}}{\text{Presión sonora que se ejerce}} \quad \text{Ec.2.1}$$

La característica de sensibilidad suele estar dada en dB:

$$S_{dB} = 20 \log \frac{S}{S_0} = 20 \log \frac{|V|}{|P|} \quad \text{Ec. 2.2}$$

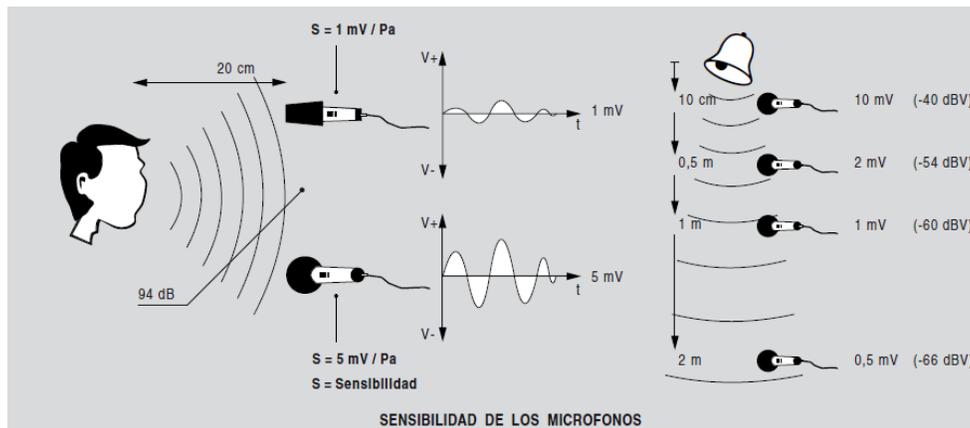


Grafico 2.3 Sensibilidad de los micrófonos

2.1.1.3 Respuesta en Frecuencia

La respuesta en frecuencia de un micrófono es una de las características más importantes porque establece el rango dinámico en frecuencia que el dispositivo es capaz de capturar sin generar altos grados de distorsión de señal; por lo general la respuesta en frecuencia de los micrófonos es plana en un rango específico con variaciones mínimas en amplitud que están alrededor de los ± 3 dB.

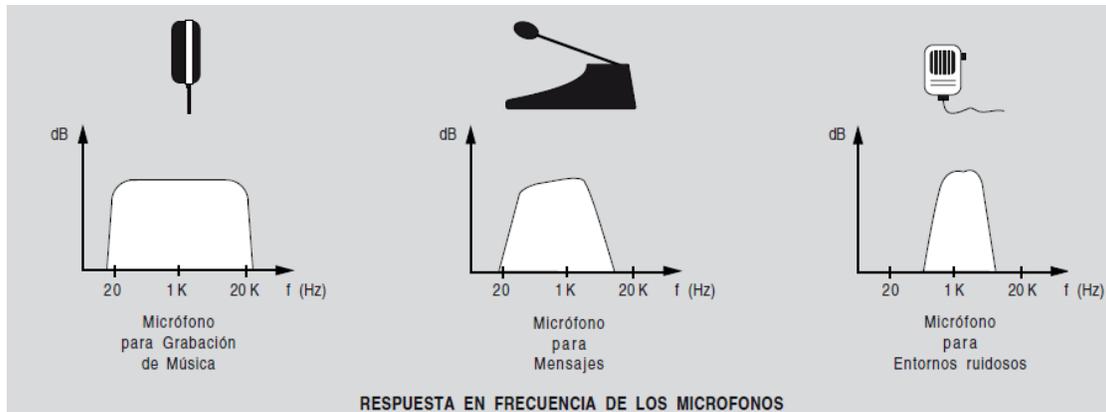


Gráfico 2.4 Respuesta en frecuencia de los micrófonos

La forma en que veremos expresado este parámetro es a modo de grafica, en la que se muestra una curva cuyo eje horizontal representa el rango de frecuencias con escala logarítmica, y el vertical representa el margen de decibeles, tanto negativos como positivos.

$$S(\text{dB}) = 20 \log \frac{S(f)}{S(1\text{KHz})} \quad \text{Ec. 2.3}$$

2.1.1.4 Impedancia Interna

Los micrófonos se clasifican en dos categorías según la impedancia: transductores de impedancia baja y de impedancia alta.

En la actualidad la gran mayoría de micrófonos son de impedancia baja entre 5Ω y 600Ω , destacándose los micrófonos dinámicos como los más utilizados que cumplen esta característica. Entre los atributos más importantes de los micrófonos de baja impedancia se tiene:

- Muy bajas pérdidas de alta frecuencia, aún cuando se los utilice con cables de varias decenas de metros.
- Los micrófonos de impedancia inferior a los 300Ω , son casi insensibles a los ruidos electrostáticos.
- El zumbido inducido por campos electromagnéticos, se soluciona utilizando líneas balanceadas, con blindaje a tierra.
- De este modo pueden utilizarse cables largos y de ser necesario, adaptar impedancias mediante transformadores.

Por otro lado los micrófonos de alta impedancia actualmente son poco utilizados dados sus inconvenientes en relación al ruido y la distorsión que se genera en el proceso de transducción de la señal.

2.1.1.5 Alimentación

Es importante observar si el micrófono necesita una alimentación externa, y en cuyo caso, que tipo de alimentación porque si no el micrófono no funcionara. La alimentación más típica que suelen tener los micrófonos es la phantom (48V) que es la que necesitan los micrófonos de condensador. Normalmente las masas de mezcla suelen tener la opción de aportar dicha alimentación a los micrófonos.

2.1.1.6 Distorsión

La distorsión es el conjunto de señales que aparecen en la salida del micrófono que no corresponden con la señal de entrada. Son alteraciones y variaciones de la señal de audio que perjudican a esta cambiando su forma original. La distorsión aparece debido a la no linealidad del sistema por el que pasa la señal, su origen es muy diverso se puede ocasionar por: una mala colocación del micrófono, por la señal a ruido, efecto popping (al pronunciar letras p, b, t) y una sobre carga de presión o saturación.

2.1.1.7 Efecto de proximidad

Como norma general, podemos decir que la mejor calidad de sonido y mayor reducción en la captación de ruido ambiente la obtendremos cuanto más próximo situemos el micrófono a los labios del orador. Esto es especialmente importante cuando utilizemos micrófonos omnidireccionales, ya que captan todos los sonidos del ambiente con gran fidelidad.

Sin embargo, hay algunos límites a esta proximidad; en primer lugar, a la mayoría de los micrófonos les afectan negativamente los "golpes de aire" (pop) que se producen en los labios o boca al pronunciar ciertas consonantes explosivas (p, t). Por ejemplo, al pronunciar la letra "p" una cierta cantidad de aire es liberada por los labios de forma brusca e impulsiva; cuando esta "onda expansiva" alcanza la membrana del micrófono la desplaza de su posición de trabajo hacia atrás bruscamente, produciendo un impulso eléctrico de gran amplitud que satura por unos instantes la entrada del amplificador.

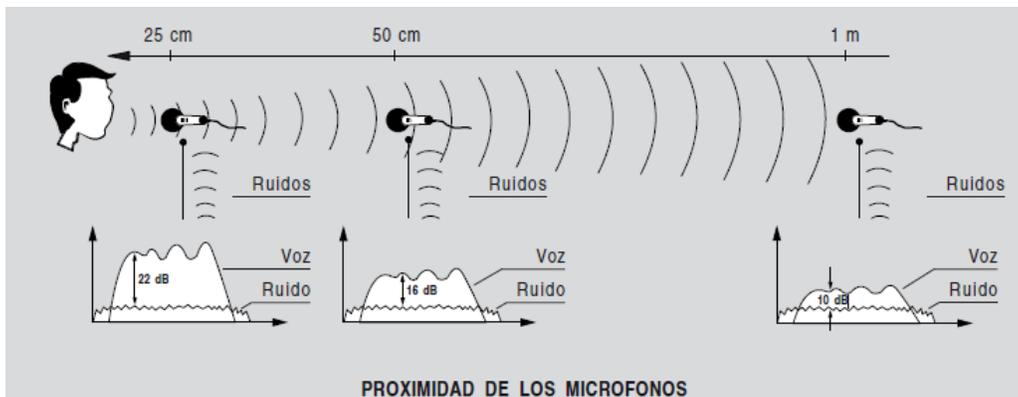


Grafico 2.5 Proximidad de los micrófonos

2.2 CLASIFICACIÓN DE MICRÓFONOS

La función básica de un micrófono es la de transformar la presión acústica que llega a la cabeza del micrófono en señal eléctrica. Esta conversión es posible gracias a sus dos transductores. Esto da pie a una amplia gama de micrófonos con características diferentes, por lo que es muy importante conocer las propiedades de cada uno de ellos para darle la aplicación más adecuada según el TME:

2.1.2.1 Dinámicos

Los micrófonos dinámicos, basan su funcionamiento en el fenómeno de generación de una tensión electromotriz, o inducida, en un conductor que se desplaza, por efecto de la presión acústica, en el interior de un campo magnético. El micrófono de bobina móvil es muy popular, pues se utiliza tanto en magnetófonos de casete de uso doméstico como en estudios profesionales de grabación.

Consiste en un cilindro (de plástico o de cartón), no muy grande, sobre el que se halla sujeta una membrana. Sobre este cilindro se arrolla una bobina de hilo conductor. El cilindro, junto con la bobina, se introduce en el entrehierro de un imán acorazado. Si en esta disposición inciden sobre la membrana ondas acústicas, ésta oscilará hacia uno y otro lado con la misma frecuencia que la onda sonora. La bobina, unida a la membrana, oscila así dentro del campo magnético del imán, induciéndose en ella una tensión eléctrica alterna.

Algunos micrófonos de bobina móvil llevan incorporados un transformador elevador de tensión, así la impedancia de salida alcanza valores comprendidos entre 10 y 50 K Ω . Con el transformador incorporado la sensibilidad aumenta manifiestamente y el ruido de fondo se incrementa muy poco. La membrana del micrófono de bobina móvil, o micrófono dinámico, tiene que responder a una serie de exigencias tales como ligereza, gran rigidez y reducida inercia. Debe tener, además, una gran superficie para poder oscilar con las bajas frecuencias de audio, y pequeñas dimensiones para las vibraciones de frecuencias elevadas.

Los micrófonos de bobina móvil son omnidireccionales, con una respuesta de frecuencia bastante aceptable, aunque actualmente, y mediante disposiciones constructivas muy perfeccionadas, se fabrican con característica omnidireccional y respuesta de frecuencia perfectamente uniforme entre los 30Hz y 20kHz. Como características propias de este micrófono cabe citar su gran robustez, excelente dinámica (grandes desplazamientos de la membrana), su poca sensibilidad a las condiciones climatológicas y su autonomía de funcionamiento, pues no necesitan fuente de alimentación. Los modelos más perfeccionados incorporan una bobina compensadora, cuya finalidad es atenuar la influencia de los campos magnéticos externos.

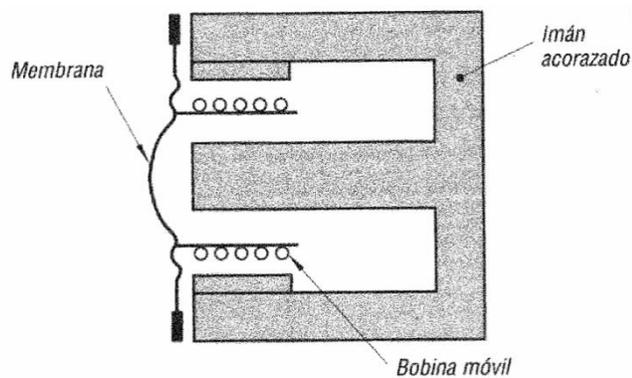


Grafico 2.6 Micrófono Dinámico

Las ventajas de este tipo de micrófonos son:

- Bajo coste y uso sencillo.
- Robustos y difíciles de averiar.
- Salida de tensión de nivel medio.
- Admiten niveles altos de presión sin saturar.
- Baja impedancia interna.

Como inconvenientes:

- Presentan una resonancia (elevación de la respuesta) en la banda de frecuencias medias.
- Respuesta lenta.
- Mala respuesta a las frecuencias altas de la banda de audio.
- Sensibles a la vibración y golpeteo.
- La bobina se comporta como una antena, captando perturbaciones eléctricas (red, señales de R.F).

2.1.2.2 Micrófono de cinta

Se basan en el mismo principio que los de bobina, pero ahora el conductor que se mueve en el campo magnético es una cinta metálica de aluminio de 2 a 5 μm de espesor, 3 a 4 mm de ancho y unos 5 cm de longitud en forma de zig zag, que se encuentra situada, y puede oscilar, entre los polos de un potente imán, tal y como se puede ver en el siguiente grafico.

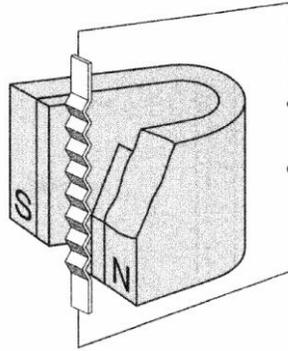


Grafico 2.7 Micrófono de cinta

Las ondas de presión hacen vibrar la cinta dentro del campo magnético, generándose en ella una tensión cuya amplitud y frecuencia es proporcional a la velocidad y frecuencia de la onda de presión.

Los micrófonos de cinta pueden ser diseñados con un amplio margen de frecuencias, siendo éstas considerablemente constantes a partir de unos 50 Hz. La sensibilidad es buena, aunque inferior a la del micrófono de bobina móvil. Tienen baja distorsión y reducido ruido interno.

Su impedancia es muy pequeña (del orden de 0,1 óhms) razón por la cual necesitan de un transformador de adaptación con elevada relación de transformación.

El diagrama típico polar de un micrófono de cinta es bidireccional, es decir, la respuesta a 90° es cero, aunque se diseñan micrófonos de cinta con características polares unidireccionales y cardioides, tapando una cara de la cinta para el primer caso o con una combinación de dos elementos de cinta para el segundo.

En el grafico 2.8 se representa esquemáticamente la forma constructiva de un micrófono de cinta dotado de un filtro vocal (consistente en una reactancia conectada en paralelo con la salida del transformador de impedancia), cuya finalidad es reducir la respuesta de BF para la voz humana (por debajo de 200Hz). El citado filtro no se utiliza cuando el micrófono se emplea en la grabación de música.

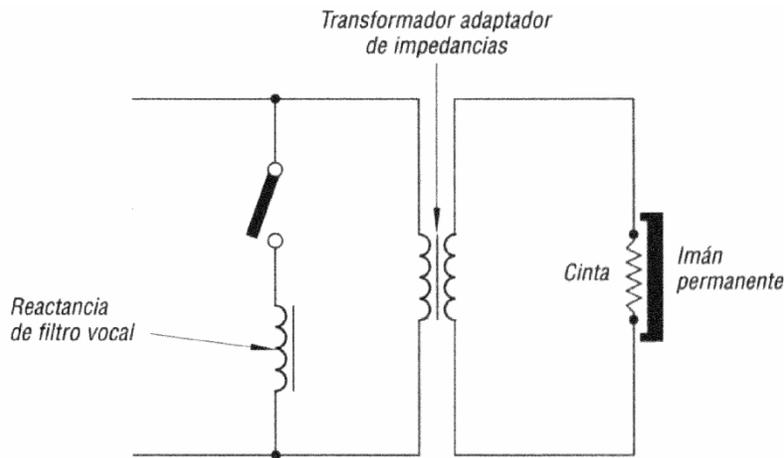


Grafico 2.8 micrófono de cinta

Las ventajas más importantes son:

- Grandes, robustos y pesados.
- Permiten una directividad bidireccional.

Como inconvenientes:

- Son los micrófonos de menor sensibilidad y los más fáciles de saturar, por ello no se usan como instrumentos sonoros.
- Respuesta irregular, con refuerzo en graves-medios y pérdidas en agudos.
- Sensible a las vibraciones y movimientos bruscos.

2.1.2.3 Micrófono de condensador

También conocido como micrófono de capacidad o micrófono electrostáticos, es un micrófono de alta calidad cuyos principios de funcionamiento están basados en la atracción y repulsión de cargas eléctricas.

Consiste en un condensador formado por una placa fija (la membrana exterior) y otra móvil. Para funcionar necesita de una polarización o alimentación de tensión continua que mantenga cargado el condensador.

El funcionamiento del micrófono de condensador es el siguiente: una membrana metálica está aislada y separada, entre 10 y 25 μ m, de otra placa metálica perforada. Entre membrana y placa metálica perforada se aplica una tensión continua que va conectada en serie con una resistencia de elevado valor óhmico.

En el micrófono de capacidad, la membrana y la placa perforada forman un condensador de unos 40 a 100pF (según el tamaño y la distancia de separación entre ellas), que se carga con la batería (a través de la resistencia) hasta que entre ambas placas aparece una tensión de igual valor y signo opuesto a la

tensión de la fuente de alimentación, instante en el que se alcanza el estado de reposo (deja de circular corriente de carga).

Al llegar una onda acústica a la membrana, una compresión de las capas de aire acerca esta a la placa perforada que se encuentra detrás. Como consecuencia de la menor separación, las cargas de diferente signo se atraen con más fuerza y apoyan la tendencia de la batería a trasladar más electrones desde la membrana hacia la placa. En otras palabras: la capacidad aumenta. Esta circulación de corriente genera en bornes de la resistencia R una tensión.

Como toda onda acústica está formada por una serie de compresiones y depresiones de aire, inmediatamente después de la compresión que acerca la membrana a la placa perforada, esto es, la depresión hace que disminuya la capacidad del condensador. Con ello se produce una descarga del condensador, es decir una corriente en sentido opuesto al de la corriente de la carga, pero que, como puede deducirse también circula por la resistencia. En la resistencia se consigue así una tensión de signo opuesto a la obtenida cuando incide la onda acústica sobre la membrana.

La vibración de la membrana, siguiendo el ritmo de las ondas acústicas modifica continuamente la capacidad existente entre membrana y placa perforada; se produce cargas y descargas del condensador que, al circular por la resistencia R, se traducen en una tensión alterna cuya frecuencia es idéntica a la de las ondas sonoras y cuya amplitud depende del valor de las presiones de la onda acústica, puesto que cuando mayores sean dichas presiones y depresiones más se acercará ó alejará la membrana de la placa perforada, es decir, mayores serán las variaciones de capacidad y, con ellas, las de la corriente de carga y descarga.

La placa situada detrás debe estar perforada, pues si no lo estuviera el volumen de aire existente entre ella y la membrana frenaría la vibración de esta última. Es pues preciso que dicho aire tenga facilidad para circular entre la membrana y la placa posterior.

La impedancia de un micrófono de condensador es elevada (aproximadamente unos 30 M Ω). En los micrófonos de condensador el cable de conexión al amplificador ha de ser lo más corto posible, ya que la capacidad parásita propia de los hilos (capacidad existente entre los dos hilos conductores) perturbaría el funcionamiento del micrófono y afectaría a la respuesta de frecuencia. Por esta razón se monta, en el propio micrófono, un pequeño amplificador que, con una resistencia de carga de 200 óhms, facilita una tensión de salida de 1mV/ μ bar.

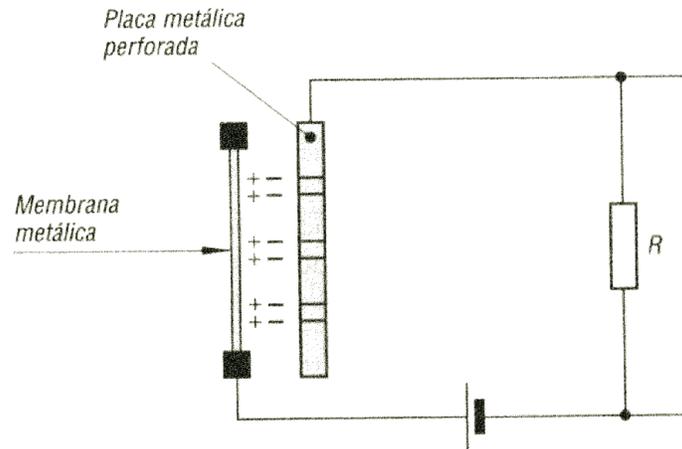


Grafico 2.9 funcionamiento micrófono de condensador

Como ventajas de este tipo de micrófono tenemos:

- Respuesta plana hasta las altas frecuencias.
- Elevada sensibilidad.
- Buena relación señal/ruido, aunque con presiones elevadas podemos saturar el previo o la entrada de la mesa.
- Poco sensibles a las vibraciones y la manipulación.
- Tamaño pequeño

Como inconvenientes más destacables:

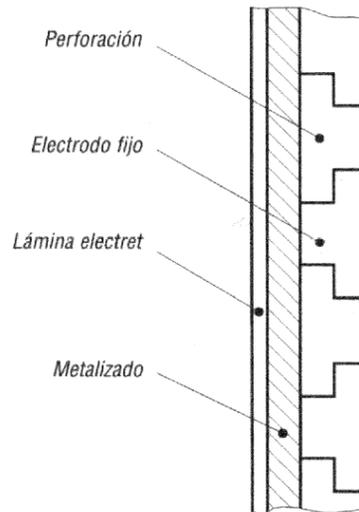
- Alto coste.
- Hay que suministrar polarización a través del cable de conexión
- Necesitan preamplificador para adaptar su alta impedancia interna a la baja de la mesa de mezclas.
- Poco robustos y con diafragma frágil.
- Sensibles a la humedad.

2.1.2.4 Micrófono electret

El micrófono electret es un micrófono de condensador que utiliza un electreto, o electrodo laminar, que no necesita tensión de polarización. La cámara de aire del micrófono de condensador ha sido sustituida por un polímero llamado electret, material que está prepolarizado eléctricamente, con lo que este tipo de micros no necesita polarización externa.

El electret es un dieléctrico permanentemente polarizado, análogo a un imán permanente, pero en versión eléctrica. Entre los diferentes tipos de electretos que se fabrican citaremos el utilizado en los micrófonos, consistente en una lámina

o cera con carga permanente positiva en una cara y negativa en la cara opuesta, siendo ambas caras estables.



Dibujo esquematizado de la constitución de un micrófono electret.

Grafico 2.10 esquema micrófono electret

Este tipo de micrófono consta de dos partes esenciales:

- un electrodo fijo.
- un electrodo móvil.

El electrodo fijo está constituido por una placa metálica con perforaciones. El electrodo móvil consta de una membrana de material plástico (policarbonato fluorado), de un espesor de unos 4 a 12 μ m, la cual está metalizada por la cara que establece contacto con el electrodo fijo. Cada perforación del electrodo fijo hace las funciones de un micrófono electrostático.

El principio de funcionamiento de los micrófonos electret de condensador es en todo similar al de condensador convencional, es decir, está basado en las variaciones de capacidad producidas por las vibraciones sonoras que llegan a una placa flexible situada en la cabeza del micrófono; pero en el caso del micrófono electret la placa flexible es el electrodo laminar cuyas características se han expuesto al comienzo de este apartado.

Puesto que la lámina contiene una carga eléctrica permanente, al modificar su separación con respecto al elemento fijo, el campo electrostático varía, produciendo un cambio de la tensión entre los terminales de salida.

Para obtener una salida de baja impedancia se dispone, al igual que en los micrófonos de condensador convencionales, de un FET montado en seguidor de surtidor a la salida del micrófono.

Este circuito suele alojarse en la misma cápsula del micrófono y se alimenta con una pila de 1,5 a 6V. El consumo de corriente es casi nulo (entre 50 y 150 μ A), por lo que la vida útil de la pila es prácticamente ilimitada.

Las ventajas de este tipo de micrófonos son las siguientes:

- Poco sensibles a la humedad.
- Menor coste que los de condensador.
- La alimentación para el preamplificador, puede ser proporcionada por una simple pila.

Los micrófonos electret presenta básicamente las mismas características que los micrófonos de condensador, pero podemos incluir las desventajas que se describen a continuación:

- Respuesta en agudos más pobre que los de condensador.
- Menor sensibilidad que los de condensador.

2.1.3 TIPOS DE MICRÓFONOS SEGÚN EL T.A.M

Variando la forma en que la onda de presión llega al diafragma, se pueden obtener micrófonos con características direccionales diferentes.

- Micrófono de presión.
- Micrófono gradiente.
- Micrófono combinado de presión y gradiente.

2.1.3.1 Micrófono de presión

En este tipo de micrófonos el diafragma va a estar expuesto por una de sus caras a la presión incidente y por la otra a una cavidad cerrada, en la que existirá una determinada presión gracias a un tubo ecualizador.

Cuando llega la onda de presión al diafragma, desde cualquier dirección, la cara exterior del mismo está sometida a sobrepresiones y enrarecimientos, mientras que la cara posterior sigue sometida a la presión ambiental. Esta diferencia de presiones va a producir el desplazamiento del diafragma, el cual comunicará el movimiento al transductor mecánico- eléctrico.

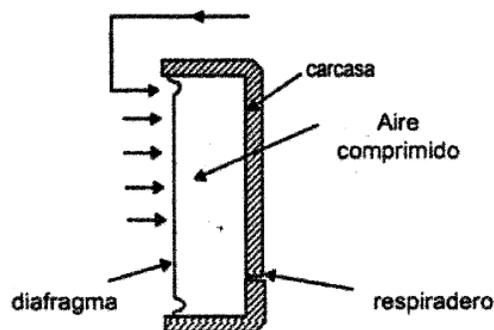


Grafico 2.11 Micrófono de presión

2.1.3.2 Micrófono de gradiente

En este tipo de micrófonos el diafragma está expuesto por su cara exterior a la onda incidente de presión y por su cara posterior a la misma onda pero después de que ésta haya recorrido un cierto camino. Para recorrer este camino, la onda que llega a la cara posterior tiene otra fase y otro valor de presión diferente al de la onda incidente, de manera que sobre el diafragma existe una diferencia o gradiente de presión, que lo hace moverse.

El micrófono nos proporcionará una salida máxima cuando la onda sobre el eje del micrófono, ya sea frontal o posteriormente, y sin embargo dará salida nula cuando incida lateralmente (90° ó 270°), ya que el recorrido de las dos ondas sobre el diafragma es el mismo y no existe diferencia de presiones.

2.1.3.3 Micrófono de presión y gradiente

Son los más utilizados por sus características unidireccionales. El diafragma se mueve por la presión ejercida en la cara exterior de la membrana y por el gradiente de presión que aparece entre sus caras. De esta manera la cara anterior recibe la onda directamente, mientras la cara posterior recibe la onda con un desfase controlado, debido a que el camino recorrido por esta onda es diferente según su dirección de incidencia.

Estos micrófonos dan respuesta máxima para la captación anterior y mínima para la posterior (micrófono cardioide).

2.1.3.4 Micrófono inalámbrico

Permiten gran movilidad y flexibilidad en la captación de fuentes sonoras móviles.

Estos micrófonos llamados emisores FM, constan de tres componentes: el emisor, la antena y el receptor, además del micrófono.

La principal ventaja de este tipo de sistemas, en sala, es que permiten al ejecutante moverse por el escenario sin ningún tipo de limitación. Un micrófono inalámbrico es una pequeña emisora de radio.

Podemos tener dos tipos de configuración:

El emisor constituye un elemento separado del micrófono (de mano o de solapa) y que porta el cantante.

- El emisor y el micrófono de mano están integrados en una misma carcasa.

Las desventajas más importantes son:

- Interferencias con otras señales.
- Pérdida de señal cuando la distancia entre el transmisor y receptor es grande.

2.1.3.5 Micrófono de contacto

Los micrófonos de contacto captan las vibraciones a través de sólidos. Al conectarlos a la superficie vibrante de un vibrante de contrabajo, una guitarra eléctrica o en la caja de resonancia de un piano reproduce el sonido directo sin presencia de reflexiones.

2.2 ALTAVOCES

Un altavoz es un transductor eléctrico-mecánico-acústico que transforma energía eléctrica en energía acústica. Es un dispositivo que transforma la señal eléctrica que le llega a un movimiento mecánico del diagrama, que al moverse, produce una presión acústica al aire. O lo que es lo mismo, un dispositivo utilizado para la reproducción de sonido.

Para realizar este proceso se compone básicamente de dos partes que se encarga de realizar las transformaciones de energía pertinentes.

- Parte electro-mecánica: constituida por el imán y la bobina móvil. La energía eléctrica llega a la bobina móvil situada dentro del campo magnético del imán y por esto se produce el movimiento de la bobina móvil.
- Parte mecánico-acústica: formada por el diagrama y su suspensión. Sobre el diagrama está montada la bobina móvil, la que al moverse, mueve también el diagrama y lo hace vibrar, generando variaciones de presión.

Se muestra este concepto en el dibujo de la izquierda, mientras que en el de la derecha, aparece un diagrama de un altavoz dinámico que da una idea general de su funcionamiento.

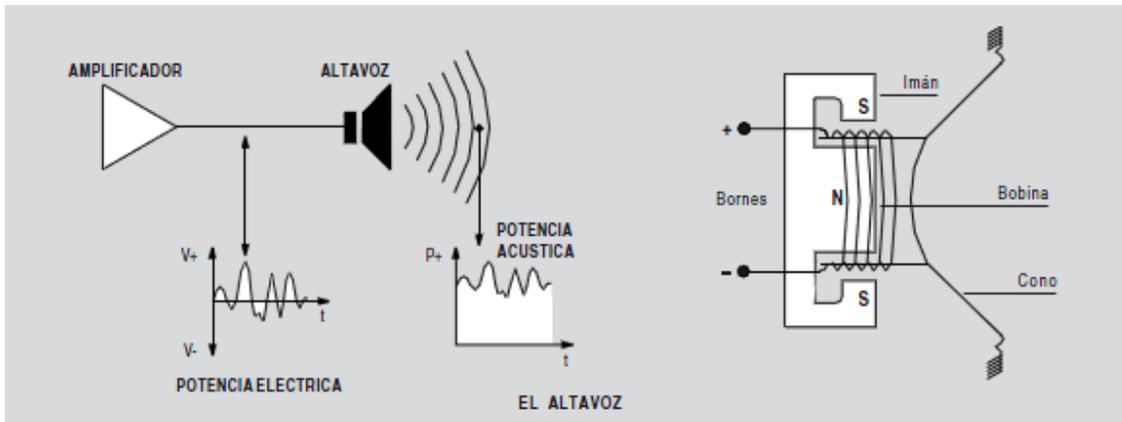


Grafico 2.12 Partes de un altavoz

La corriente eléctrica correspondiente a la señal de audio, circula por la bobina, generando un campo magnético alterno que interacciona con el campo magnético constante del imán, produciendo una fuerza en la bobina que, por ser solidaria del cono se transmite a éste. Esta fuerza ocasiona desplazamientos en el cono, como si de un pistón se tratase, gracias a su suspensión elástica.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN ALTAVOZ

2.2.1.1 Impedancia

Los altavoces son los elementos en los que mayor importancia tiene el conocer correctamente su impedancia, dada la necesidad de lograr una buena adaptación con el amplificador que lo ha de alimentar.

La impedancia de un altavoz no es solamente la resistencia que acostumbramos a medir entre sus terminales con un multímetro, sino que incorpora también componentes reactivas como es la inductancia de la bobina o incluso la influencia de la caja o alojamiento donde esté instalado.

Tabla 2.1 resistencia según la impedancia

RESISTENCIA DE LA BOBINA DEL ALTAVOZ SEGUN SU IMPEDANCIA

R (Ω)	2.5 a 3.5	5 a 7	10 a 15	18 a 23
Z (Ω)	4	8	16	25

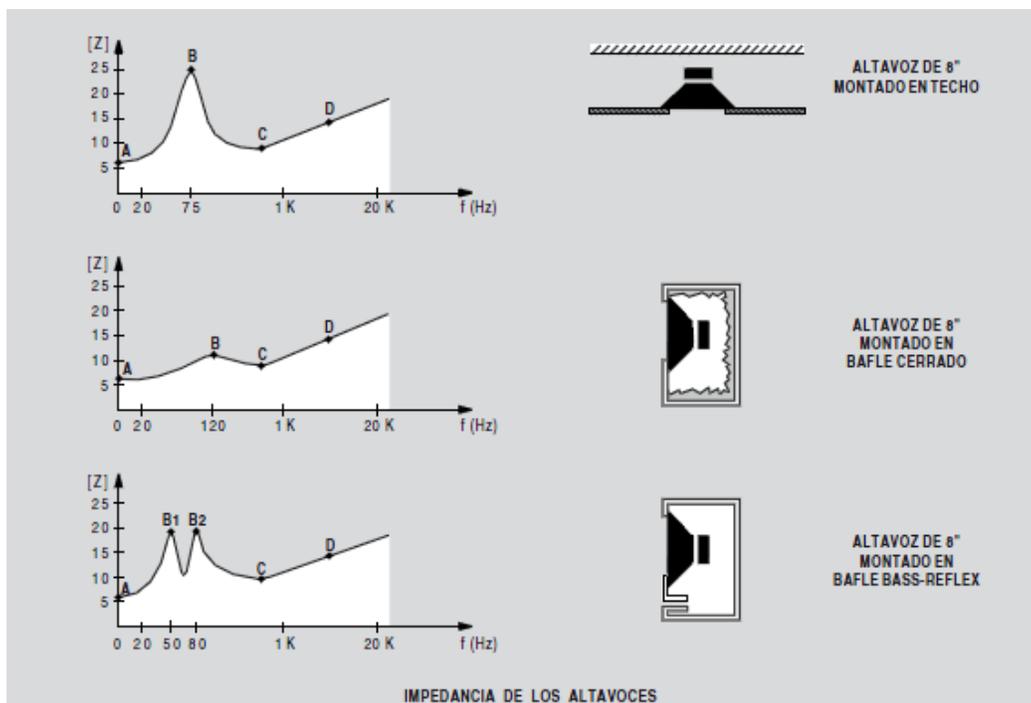


Gráfico 2.13 Impedancia de los altavoces

El punto A indica la resistencia en corriente continua (a 0 Hz) que es la que medimos con el ohmetro en los bornes del altavoz. En este caso es de 6 Ω y nos da una indicación rápida de la impedancia que puede tener el altavoz. En este caso vemos que el altavoz será de 8 Ω .

La zona B corresponde a la impedancia que tiene el altavoz a su frecuencia de resonancia y está muy afectada por la colocación del altavoz. Cuando el altavoz está montado en un techo (bafle infinito) el punto B coincide con la

frecuencia de resonancia (F_s) del altavoz, que es la mínima frecuencia en la que éste funcionará a pleno rendimiento.

Al estar en una situación de resonancia, la energía que consume el altavoz es muy reducida, de ahí el valor tan elevado de impedancia (25Ω).

Si el altavoz está montado en una caja cerrada y rellena de absorbente acústico el pico de resonancia -B- se amortiguará por efecto de la compliancia del aire encerrado en la caja ($Z = 12 \Omega$), mientras que si lo montamos en una caja bass-reflex (bafle sintonizado), la curva de impedancia mostrará 2 picos, uno correspondiente a la frecuencia de resonancia de la caja, y el otro a la del altavoz.

Como podemos ver, el valor de la impedancia en esta zona, es tan variable que no puede utilizarse para datar un altavoz.

Sin embargo, hay una zona -C- situada entre 300 y 1000 Hz que no está afectada por la colocación, y que es la que realmente indica la impedancia con que se va a marcar el altavoz (8Ω en este caso).

Por último, la zona de altas frecuencias -D- muestra un aumento paulatino de la impedancia por efecto, principalmente, de la inductancia de la bobina móvil.

Obviamente, las cajas acústicas con varios altavoces y sus filtros presentan curvas de impedancia todavía más complejas que éstas, llegando a veces a poner en apuros a los amplificadores de potencia, debido a sus fuertes componentes reactivos.

2.2.1.2 Respuesta en Frecuencia

A la gama de frecuencias que un altavoz es capaz de reproducir con un determinado nivel de eficacia y calidad se le denomina "respuesta en frecuencia" del mismo.

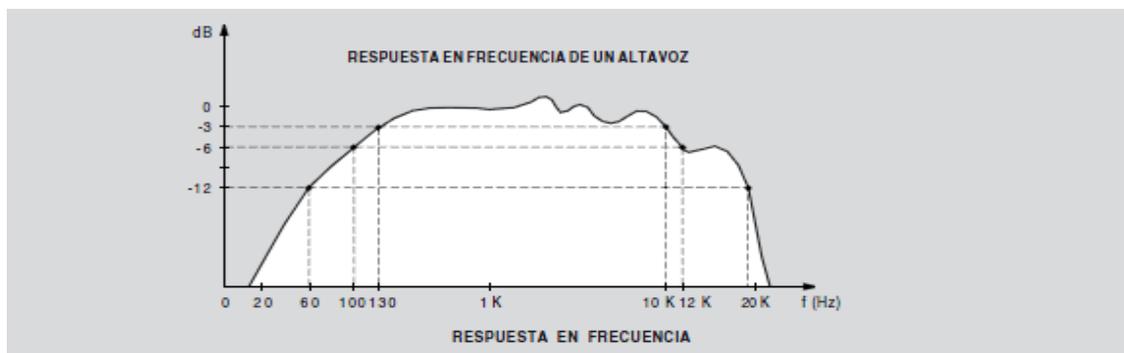


Grafico 2.14 Respuesta en frecuencia

Es fundamental determinar los límites mínimos que consideramos aceptables en el momento de comparar los datos de respuesta en frecuencia de los altavoces.

Si tomamos como ejemplo la curva representada, podremos observar como con el simple cambio de los límites de caída admitidos, podemos indicar tres diferentes gamas de frecuencia en el mismo altavoz:

- Si admitimos solamente -3 dB de pérdida de eficacia, diremos que este altavoz reproduce frecuencias entre 130 Hz y 10 KHz.
- Si somos más optimistas, y permitimos desviaciones de -6 dB marcaríamos este altavoz como 100 Hz a 12 KHz. Esta es la desviación más aceptada en materiales de calidad.
- Por último, admitiendo variaciones de -12 dB este altavoz podremos datarlo como 60 Hz a 18 KHz. Este límite y aún más amplio se utiliza en electrónica de consumo de baja y media calidad.

Tampoco hay que olvidar que, aún dentro de la gama de frecuencias especificada, no todos los altavoces mantienen una uniformidad en su rendimiento, sino que lo más habitual es que la curva de respuesta muestre varios "picos" y "valles" a diferentes frecuencias.

Cuanto más lineal es la curva de un altavoz más natural será el sonido producido. Hay que descartar siempre aquellos altavoces que tienen unas determinadas frecuencias predominando sobre las demás (coloración); hoy es muy frecuente escuchar altavoces con unas notas agudas exageradas (sonido metálico) o con unos bajos monocordes, es decir que reproducen siempre la misma nota aunque la música reproducida tenga una amplia variedad de notas graves.

2.2.1.3 Angulo de cobertura y directividad

El ángulo de cobertura de un altavoz es aquel en el que el nivel de presión sonora (SPL) se reduce en 6 dB con relación al que proporciona en su eje.

Muestra un altavoz que produce 90 dB medidos en un sonómetro a 1 m de distancia sobre su eje.

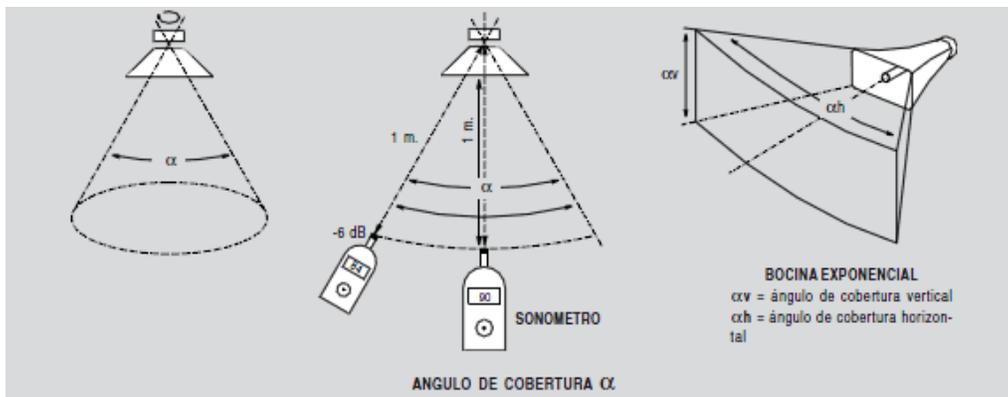


Grafico 2.14 Angulo de cobertura

Si movemos el Sonómetro, aumentando el ángulo con respecto al eje pero manteniendo la distancia de 1 m, llegará un momento en que éste indicará 6 dB menos, o sea 84 dB. El ángulo que forma ahora el Sonómetro con el eje, es la mitad del -ángulo de cobertura-, ya que, normalmente el efecto es simétrico.

Especial atención merecen algunos tipos de altavoces, en los que su ángulo de cobertura no es igual en los 360o alrededor de su eje. Un ejemplo clásico son las bocinas exponenciales de boca rectangular, que tienen un ángulo de cobertura menor en vertical que en horizontal.

Otro concepto importante, y aún poco usado, es el índice de directividad (Q) de un altavoz, que es una relación entre el nivel de presión sonora que el altavoz produce en una determinada dirección (normalmente en su eje) comparado con la media de los niveles de presión que produce en todas las direcciones (360o).

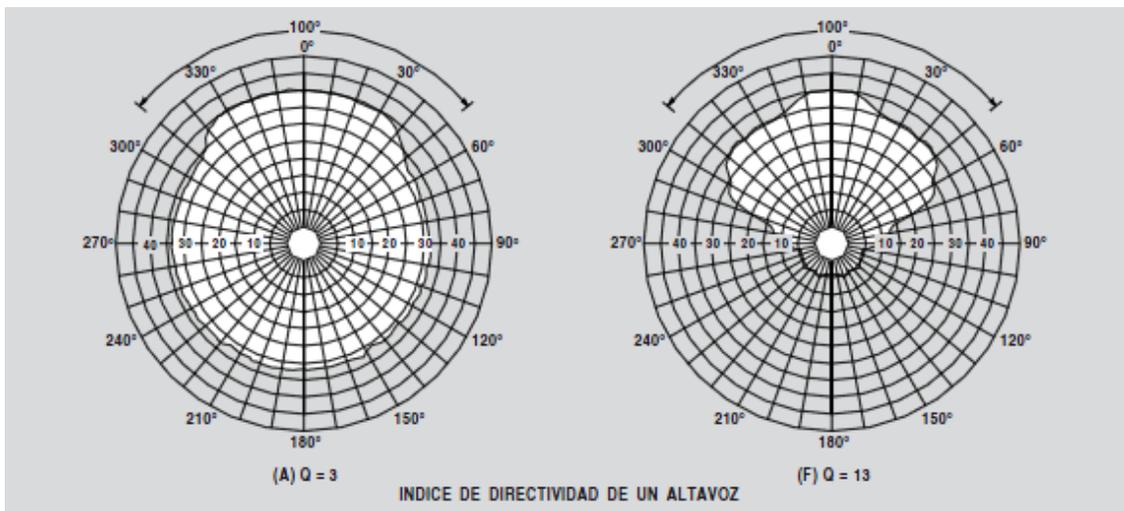


Grafico 2.15 directividad de un altavoz

Es un índice que nos informa de cómo un altavoz concentra la potencia acústica en la dirección útil (dentro de su ángulo de cobertura), evitando radiar potencia en otras direcciones (hacia los lados, o hacia atrás). Los altavoces con un Q elevado permiten concentrar la potencia acústica en la dirección del auditorio y reducen considerablemente la reverberación de la estancia al evitar que una parte considerable de la energía se dirija hacia las paredes, techo u otras superficies reflectantes, consiguiendo así una mejor inteligibilidad de la palabra.

2.2.1.4 Eficiencia y sensibilidad

El término eficiencia, en un altavoz, indica la relación entre la potencia acústica que produce por cada watts eléctrico que le proporcionamos. La eficiencia en los altavoces suele ser muy baja, 1 a 5% en altavoces de cono y 10 a 30% en altavoces de bocina.

El concepto sensibilidad define el nivel de presión sonora que un altavoz produce a 1 m de distancia en su eje, cuando lo alimentamos con 1 W de potencia de audio.

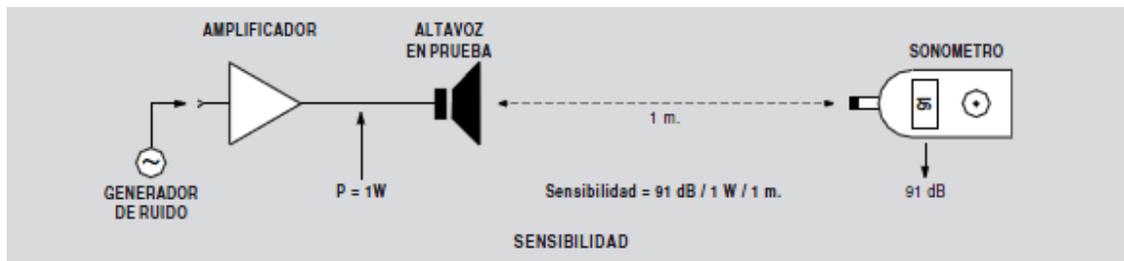


Grafico 2.16 Sensibilidad

El valor de la sensibilidad se puede medir para una o varias frecuencias; si lo medimos a una sola frecuencia, el valor medido puede tener un gran error, dado las irregularidades de la respuesta en frecuencia. Mejor es medirlo a varias frecuencias e indicar la media de los valores obtenidos. Mide la sensibilidad de sus altavoces promediando 800 frecuencias en el margen comprendido entre 128 y 12.800 Hz.

2.2.1.5 Potencia máxima Distorsión

La potencia máxima de un altavoz es aquella que puede soportar, de forma continua, en prolongados periodos de tiempo. Está determinada por la capacidad de evacuación de calor que posea.

No hay que confundirla con la "potencia musical" ya que las señales de audio musicales tienen niveles de potencia siempre cambiantes y periodos de descanso. Es por esto que la "potencia musical" que se indica para cualquier altavoz es mucho mayor que su potencia máxima térmica, y suele estar limitada por los máximos desplazamientos del cono permitidos por la construcción y el alojamiento del altavoz.

Actualmente, los altavoces son los componentes que mayores índices de distorsión ostentan. Principalmente en bajas frecuencias no es extraño que un buen altavoz (incluso de HI-FI) produzca un 3 a 8% de distorsión. Afortunadamente, en frecuencias medias y altas donde el oído es más sensible a la distorsión, los valores típicos suelen estar entre el 0.5 y el 2%, según la calidad. Como valores extremos citaremos el 10 a 15% de distorsión que producen las bocinas exponenciales de baja calidad.

2.2.1.6 Potencial eléctrico de pico o musical

Esta potencia se utiliza mayormente para comercialización de los equipos de audio, es la potencia que el parlante disipa con una señal de ruido rosa, el tiempo de duración es de uno a dos segundos y se repita varias veces en intervalos de más o menos un minuto. Como se menciona es una potencia que no se la utiliza técnicamente pues no refleja una medida que de una referencia real de la potencia disipada en un constante y largo uso del equipo.

2.2.1.7 Potencia eléctrica nominal o RMS

Es la potencia eléctrica que el parlante es capaz de disipar daños permanentes, esta potencia es la de importancia para los cálculos del parlante pues esta es tomada en situaciones normales de funcionamiento, y como se menciono es tomada a la impedancia nominal, midiendo el voltaje eficaz en los bornes del altoparlante, el tiempo de prueba es de aproximadamente de unas 100 horas.

2.2.2 TIPO DE ALTAVOZ

Desde comienzos de siglo se han desarrollado innumerables variantes de altavoz, y se han inscrito miles de patentes acerca de cómo obtener potencia acústica a partir de señales eléctricas. En las ferias del sector y en las publicaciones especializadas se han podido ver toda clase de procedimientos para mejorar la difusión sonora. Se han presentado y a veces comercializado altavoces neumáticos, de plasma, piezoeléctricos, electrostáticos, etc. Al final sólo han quedado en el mercado tres de estas variantes:

- Altavoces electrostáticos. Se fabrican muy pocos modelos en el mundo; son caros y poco eficientes, aunque proporcionan un sonido excelente.
- Altavoces piezoeléctricos. Basados en el conocido fenómeno del mismo nombre asociado a algunos cristales, se usan casi exclusivamente en la reproducción de notas agudas (tweeters).
- Altavoces electrodinámicos. Más del 99% de los comercializados pertenecen a este tipo, por lo que vamos a tratarlos con mayor profundidad.

2.2.2.1 Altavoces electrodinámicos

El Motor consta de un Imán permanente asociado a unas piezas de hierro dulce que concentran el campo magnético sobre el entre-hierro o rendija en la que se introduce la bobina. De la intensidad del flujo magnético en esta zona depende en gran parte la eficiencia del altavoz. Cuando la bobina es recorrida por la corriente de las señales de audio, el campo magnético variable producido, interacciona con el campo permanente del imán, ocasionando el movimiento de ésta.

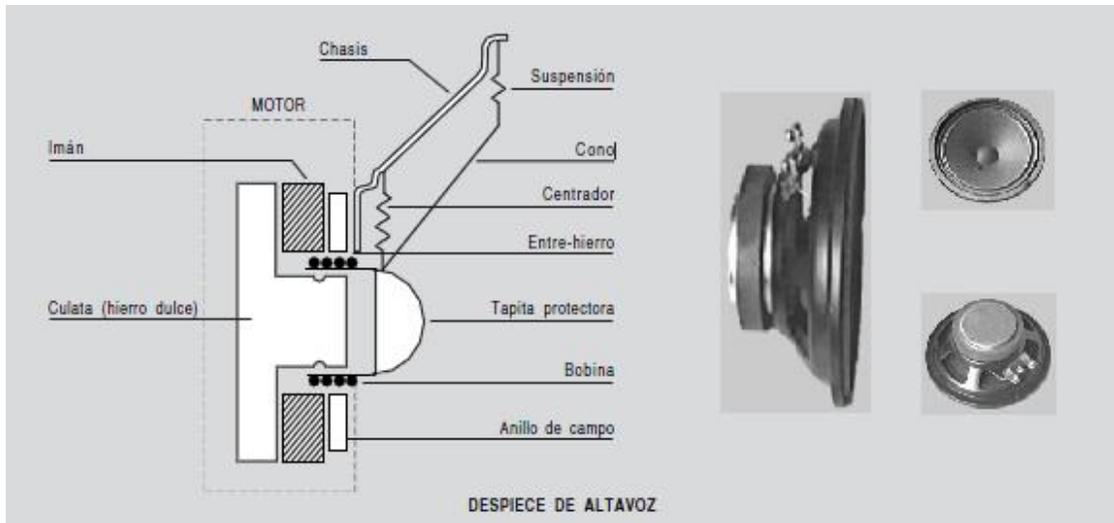


Grafico 2.17 Despiece de un altavoz

Dado que la bobina está firmemente adherida al cono y ambos tienen un grado de libertad de movimiento por estar elásticamente suspendidos entre el centrador y la suspensión, todo el conjunto vibra siguiendo las señales de audio.

La elasticidad de las suspensiones y el peso de todo el sistema móvil determinan la -frecuencia de resonancia- del altavoz que condiciona el límite inferior de su respuesta en frecuencia. De la forma del cono, de su composición y espesor depende la uniformidad en su respuesta en frecuencia, mientras que su superficie (tamaño) condiciona directamente el rendimiento del altavoz.

En Sonorización es habitual que un único altavoz reproduzca toda la gama de frecuencias de audio, mientras que en Alta Fidelidad se utilizan altavoces diferentes para las notas graves, medias y agudas. Esto permite la especialización de cada altavoz al sonido que ha de reproducir, consiguiendo mejorar la distorsión, aplanar la respuesta en frecuencia y algo muy importante: ampliar el ángulo de cobertura del conjunto para que sea lo más amplio posible a cualquier frecuencia. En los altavoces, el ángulo de cobertura en frecuencias altas, es inversamente proporcional al diámetro del cono, de forma que los altavoces de menor tamaño, lo tienen más amplio.

2.2.2.2 Altavoces de radiación directa.

Este es el nombre que reciben aquellos altavoces que transmiten directamente potencia acústica al aire mediante el movimiento del cono (o cúpula).

2.2.2.3 Altavoces de bocina

Como hemos mencionado, la eficiencia o rendimiento de un altavoz, es la relación entre la potencia acústica que produce y la potencia eléctrica que consume.

Los factores que más condicionan esta cualidad son:

- La superficie del cono. La eficiencia aumenta con el cuadrado de este valor.
- El peso del sistema móvil (cono + bobina + suspensiones). A mayor peso menor rendimiento.

Es imprescindible obtener elevados rendimientos para alcanzar grandes distancias y cubrir amplias superficies con el menor número posible de altavoces. La forma más usada para conseguirlo es utilizar altavoces de pequeñas dimensiones (2" a 4") para que su parte móvil tenga poco peso, y luego utilizar una bocina para conseguir una gran superficie de radiación (boca de la bocina).

El funcionamiento de una bocina se puede asimilar al de un transformador eléctrico; el altavoz entrega energía acústica a una pequeña masa de aire pero a gran presión (lado estrecho de la bocina) y ésta lo convierte en variaciones de presión más pequeñas que afectan a una gran masa de aire (boca de la bocina).

El funcionamiento de una bocina se puede asimilar al de un transformador eléctrico; el altavoz entrega energía acústica a una pequeña masa de aire pero a gran presión (lado estrecho de la bocina) y ésta lo convierte en variaciones de presión más pequeñas que afectan a una gran masa de aire (boca de la bocina).

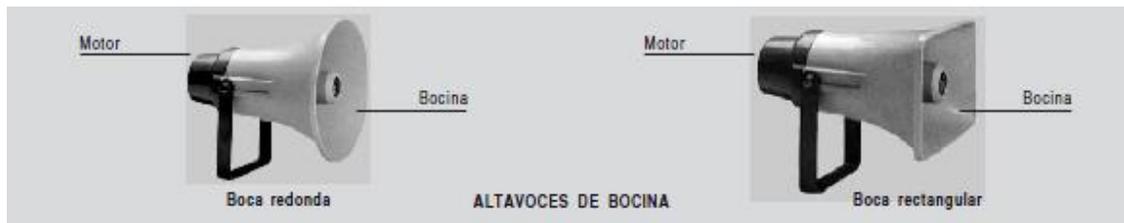


Grafico 2.18 Altavoces de bocina

La forma de bocina más utilizada en megafonía es aquella cuya sección transversal crece exponencialmente, dado que presenta un buen compromiso entre eficiencia y distorsión. Como contrapartida, la calidad del sonido que proporcionan suele ser muy inferior a los altavoces convencionales y tienen una respuesta en frecuencia bastante limitada e irregular.

2.2.3 CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL MARGEN DE FRECUENCIA AL QUE TRABAJAN

2.2.3.1 Banda ancha

Como su nombre lo especifica son parlantes que cubren una porción amplia del espectro auditivo de esta manera por general se logra esto poniendo varios parlantes dentro de una misma caja, y esto produce una amplia gama de ancho de banda sonoro.

2.2.3.2 Baja frecuencia

Son los denominados woofers y sub-woofers o graves y sub – graves, cubren hasta los 700Hz para woofers y debajo de los 80Hz para los sub-woofers. Los woofers no llegan a cubrir con buena respuesta la zona de baja frecuencia próxima a los 20Hz. Por eso se desarrollan los sub-woofers que trabajan exclusivamente esa zona reforzando la respuesta en baja frecuencia.

2.2.3.3 Frecuencias medias

Mid - range o banda de medios; cubren desde los 700Hz. Hasta los KHz. Altas frecuencias

Para esta categoría se tienen a los tweeters y ultra – high – tweeters. Para los altavoces o parlantes denominados tweeter las frecuencias están por encima de los 8 KHz. Para los ultra – high – tweeters se hallan por encima de 12 o 14KHz. Estos últimos ayudan a los primeros debido a que los tweeters, no llegan hasta las frecuencias altas.

A continuación para una mayor facilidad de memorización se presenta el grafico donde se explica las definiciones vistas.

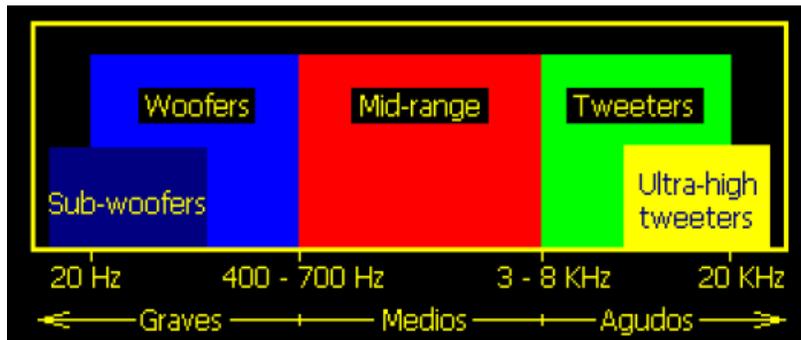


Grafico 2.18 Rango de frecuencias

2.2.4 CAJAS ACÚSTICAS

Hemos visto que los altavoces basan su funcionamiento en transmitir una determinada energía sonora al aire mediante la vibración de un elemento (cono, lámina, etc). En adelante lo denominaremos "cono". Dado que el cono tiene dos caras que al vibrar producen variaciones de presión opuestas en el aire, las ondas sonoras procedentes de ambas caras tienden a anularse recíprocamente. Este efecto es muy acusado en bajas frecuencias, y puede comprobarse fácilmente escuchando un altavoz "al aire", sin colocarlo en ninguna caja ni techo. Se denomina cortocircuito acústico.

Para evitarlo se colocan los altavoces en cajas, bafles, techos, etc. que impiden que las ondas sonoras delantera y trasera puedan cancelarse.

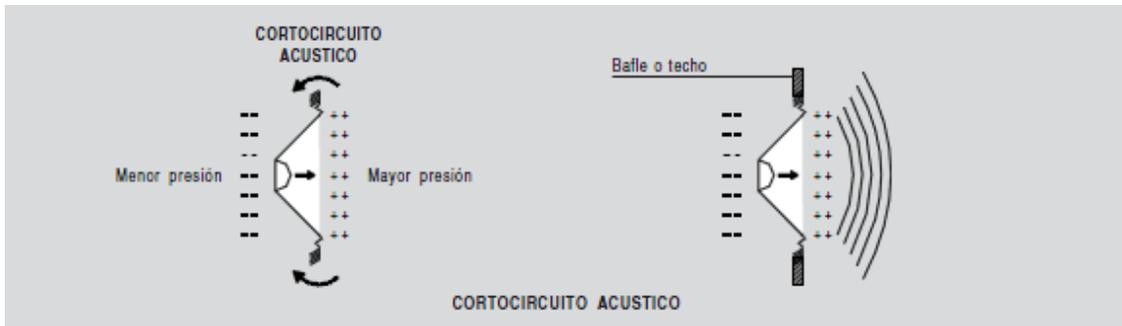


Grafico 2.19 Cortocircuito Acústico

2.2.4.1 Baffle infinito

Cuando un altavoz se instala de tal forma que su radiación posterior se emite en un recinto de gran volumen totalmente independiente de la estancia donde se utiliza su emisión frontal, decimos que está colocado en un baffle infinito. Es el caso de los altavoces empotrados en techos, huecos de armarios, etc.

En Sonorización es muy habitual este montaje, y la calidad de reproducción de tonos graves sólo depende de la frecuencia de resonancia del altavoz.

Utilizando altavoces con frecuencias bajas (60 a 90 Hz), obtendremos una excelente reproducción de "graves".

2.2.4.2 Baffle

Si no es posible o adecuado disponer de un -baffle infinito-, utilizaremos una caja acústica o baffle para eliminar la radiación posterior. Una caja acústica puede adoptar muchas formas y estar construida en diversos materiales (madera, plástico, etc.) pero su diseño se ajustará a una de estas tres variantes:

- Caja abierta. Están construidas habitualmente en madera y presentan aberturas o rendijas en su parte posterior. Se utilizan algunas veces en Sonorización y en cadenas musicales de bajo precio. Su respuesta en bajas frecuencias es limitada.

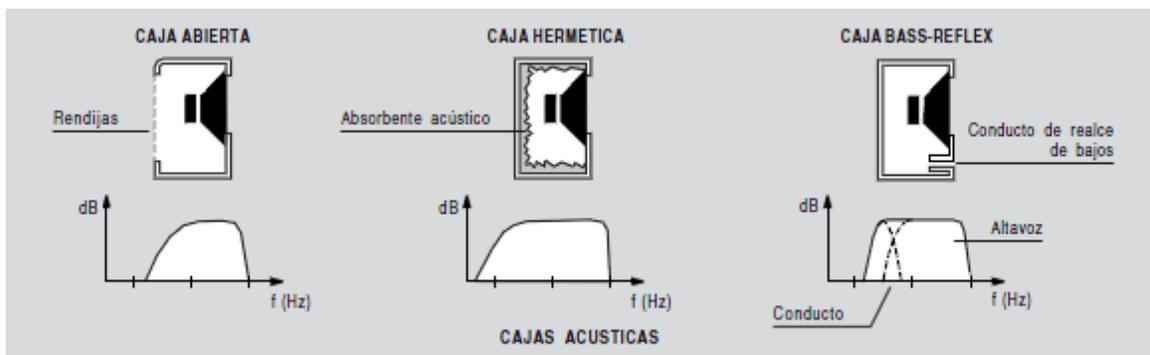


Grafico 2.20 Cajas acústicas

- Caja hermética o de compresión. No poseen ninguna comunicación con el exterior por lo que el aire atrapado dentro actúa de elemento de compresión, colaborando en la suspensión del altavoz. Son muy utilizadas en Alta Fidelidad, dada su amplia y homogénea respuesta en bajas frecuencias.
- Caja sintonizada o Bass-Reflex. Estos bafles incorporan una salida de aire, mediante un tubo o conducto que tiene la propiedad de aprovechar parte de la energía acústica procedente de la cara posterior del altavoz y sumarla a la frontal. Este efecto se utiliza solamente en bajas frecuencias y permite conseguir hasta 3 dB suplementarios de aumento de eficiencia en una estrecha gama de frecuencias. Se usan en Sonorización asociadas normalmente a elevados niveles de potencia, y en Alta Fidelidad.

2.2.5 COMBINANDO ALTAVOCES

2.2.5.1 Altavoces en columna

Como norma general podemos decir que cuando colocamos varios altavoces en columna el ángulo de cobertura horizontal del conjunto es similar al de un solo altavoz, pero el ángulo de cobertura vertical se reduce a la mitad cada vez que doblamos el número de altavoces apilados.

Este es el fundamento de las columnas, y tiene una gran aplicación para evitar reflexiones del sonido en el techo o suelo de una estancia, lo que permite obtener un mayor alcance antes de que la reverberación enmascare y haga ininteligible el sonido. El punto más importante a respetar cuando se construyen columnas de altavoces es que el centro acústico de todos ellos esté perfectamente alineado en el plano vertical, y que los conos de los diversos altavoces se encuentren próximos.

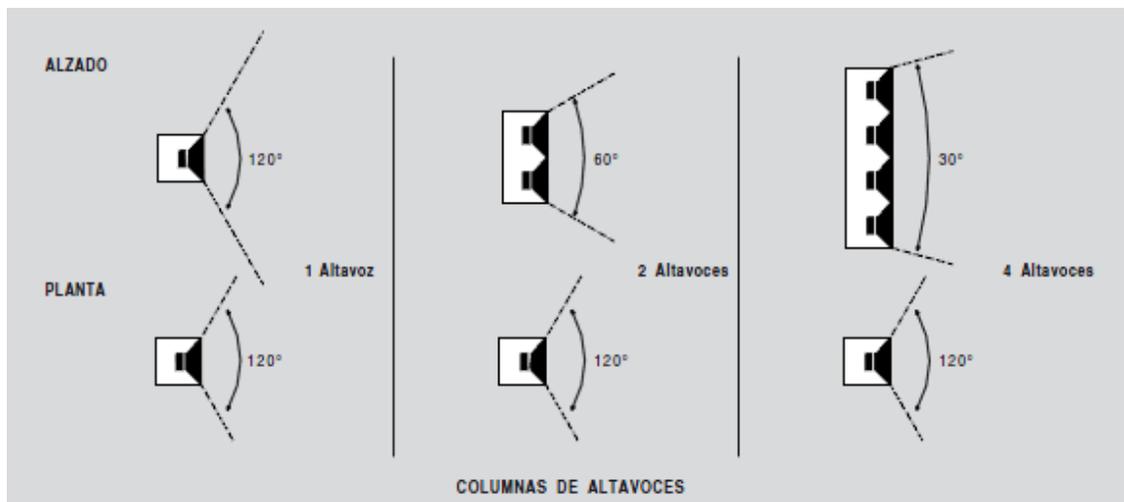


Grafico 2.21 Columnas de altavoces

Posteriormente hablaremos de este tipo de diseño mejor conocido como arreglos lineales.

2.2.5.2 Altavoces en abanico

Para conseguir ampliar el ángulo de cobertura horizontal de altavoces normales o de bocinas, se utiliza habitualmente la disposición en abanico, que consiste en apilar varios altavoces sobre la vertical de su centro acústico y orientarlos de forma que cubra cada uno una parte del ángulo horizontal deseado.

Recomendamos efectuar el montaje (A) ya que si lo hacemos como en (B) empeora la uniformidad de la cobertura.

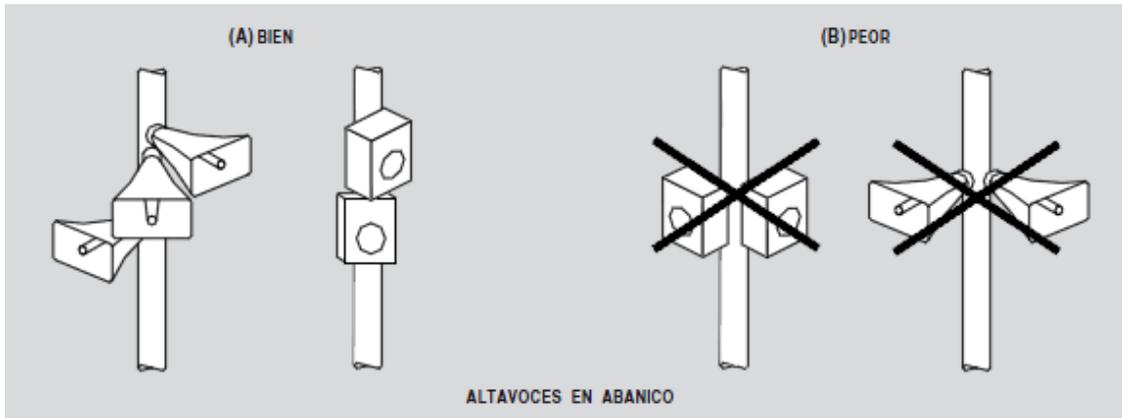


Grafico 2.22 Altavoces colocados en forma de abanico

2.2.6 MONITORES

Un monitor es una caja acústica concebida para la escucha de la señales de audios en estudios de grabación, emisoras de radio o televisión, operadores de sonido en general, y para lo que nosotros nos importa, que es el monitoreo de los músicos en el escenario. Estas cajas acústicas están formadas por 2 o mas altavoces y por unos filtros eléctricos, los denominados redes de cruces, que separan las frecuencias en las bandas de operación correspondiente a cada altavoz, de tal manera que, además de ampliar el ancho de banda de la fuente, se cubre una mayor superficie con una cantidad aceptable, se incrementa la eficiencia de los altavoces y también se los protege.

Partiendo de esta base, dentro del sistema de monitoreo, hay varios tipos de monitores que poseen finalidades específicas y por lo tanto, características implícitas a cada tipo de monitor, los tipos de monitores son:

- Cuñas o monitores para músicos.
- Sidefill o monitores laterales.
- Drumfill o monitores para batería.

2.2.6.1 Cuñas o monitores para músicos.

Son cajas de altavoces que se disponen inclinadas y se colocan a lo largo del escenario generalmente de cada cantante o músico y en el suelo.

Las cuñas pueden ser de dos tipos según la configuración de los filtros (crossover) y de la amplificación. Si primero se amplifica y luego se mono amplificada. La cuña es activa cuando se filtra primero la señal y luego se amplifica siendo la cuña, por tanto biamplificada. Por lo tanto el uso de una cuña u otra viene dado por el nivel SPL que se necesite, si necesita niveles altos en el monitoreo (como las bandas de rock) se usa el biamplificado ya que tiene más potencia si no es así con las cuñas mono amplificadas será suficiente.



Grafico 2.23 monitores acústicos

2.2.6.2 Sidefill o monitores laterales.

Son pilas de pares de altavoces que se colocan detrás de las pilas principales del sistema de PA, orientados hacia la banda a lo largo del escenario. Esta es la manera de conseguir altos niveles en los monitores. Se emplean cajas de no menos de 1KW de banda completa, bien equilibradas y multiamplicadas en dos, tres o cuatro vías. Su principal función es de proporcionar a los músicos una mezcla similar a la proporcionada por el sistema de PA, equilibrando el sonido fuera del escenario al aportar niveles de presión sonora importantes en el escenario, permiten que las cuñas no tengan que ser de excesiva potencia aunque puede obligar al trabajar con micrófonos tipos hipercardioides para que no se produzca retroalimentación. Configurando y ecualizando correctamente, los monitores laterales pueden convertir un susurro en un rugido que atravesase el escenario.



Grafico 2.24 Monitores laterales

2.2.6.3 Drumfill o monitores para batería.

Este tipo de monitores son específicos para la batería y se colocan justo a lado, estos monitores suelen ser cajas de graves y subgraves debido a que el rango de frecuencia de graves es muy importantes en la batería, pues esta presenta en el bombo y en los timbales, y por su propia condición de graves estos tiene menor sensación de volumen que los agudos. Dar un refuerzo en este rango ayudara a la implementación de la batería.

Al trabajar bastante con el rango de frecuencias graves, esto requiere una gran cantidad de potencia (1500W aproximado) que se provee por medio de una multiamplificación y una ecualización que resalta este margen de frecuencias.

El o los monitores, dependiendo como siempre de las prestaciones de la actuación suelen tener un altavoz de radiación directa de 18" , un altavoz de 12" y un tweeter de 1" o 2"



Grafico 2.25 Monitores para bajos

2.3 ARREGLOS LINEALES (LINE ARRAY)

Se ah definido el arreglo lineal como un agrupamiento de fuentes sonoras separadas por una distancia correcta con la intención de que el conjunto de fuentes se comporten como una única fuente con características directivas especiales. La conformación del conjunto lineal supone un cambio radical en lo que agrupaciones de altavoces se refiere ya que esta configuración de forma que las ondas sonoras interfieren entre si de una forma concreta que dota el arreglo de unas características de directiva impotencia acústica emitida excelentes para el refuerzo sonoro en grandes eventos de aire libre.



Grafico 2.26 Arreglo lineal

Es necesario entender el comportamiento de las ondas sonoras en ciertas circunstancias determinadas para entender el complejo funcionamiento de un arreglo lineal. Según los estudios de Fresnel y Olson, la formación de un array

debe de partir de tres premisas básicas para tener los resultados deseados en el arreglo:

- Para evitar lóbulos importantes en la respuesta polar vertical y que la suma entre las fuentes individuales de sonido sea coherente, la máxima separación entre altavoces a de ser menor que la mitad de la longitud de onda de la frecuencia más alta del ancho de banda que se va a reproducir.

Los lóbulos surgen cuando, en la directividad de una fuente sonora existe un determinado ángulo donde no existe atenuación pero en ángulos cercanos a este, tanto por encima por debajo, existe una atenuación destacada. Esto supone un dibujo parecido aun pétalo de margarita en un diagrama polar.

- El factor de radiación activo o ARF del sistema, es decir, el área ocupada por los elementos discretos radiantes (altavoces, difusores) a de ser mayor del 80% del área total del sistema completo incluyendo elementos de separación entre caja.

De estas dos premisas, se puede observar que para que un sistema de Line array funcione correctamente y no produzca lóbulos de ninguna magnitud importante en su respuesta polar es decir, la suma de todos los elementos radiantes sea coherente y no se produzcan cancelaciones, las cajas deberán estar lo más cerca posibles una de otras en su parte frontal. Cuanto más separadas estén las cajas acústicas entre ellas menor sea su factor de radiación activo y menos coherencia abra en la suma de sus elementos individuales.

- La curvatura de frente de ondas generado por los elementos radiantes a de ser menor que la cuarta parte de la longitud de onda de la frecuencia máxima que este elemento vaya a reproducir. Por ejemplo en las vías de agudos la curvatura máxima del frente de ondas generado por los difusores de los monitores de comprensión, para que haya una suma coherente de todos ellos hasta los 16KHz, ha de ser menor a 5mm.

Existen varios tipos de configuraciones de line array pero todos ellos parten de esta premisa que deben cumplir para poder tener el comportamiento de que caracteriza un arreglo lineal.

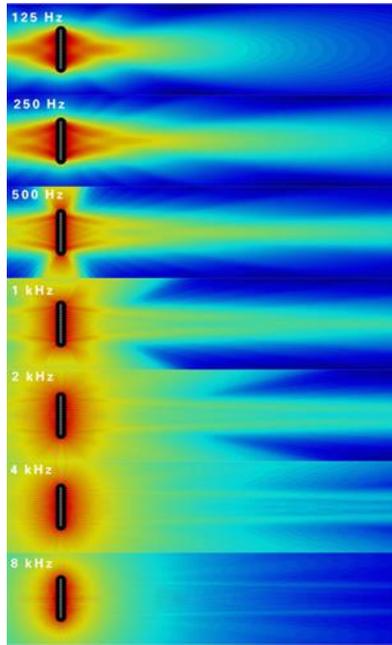
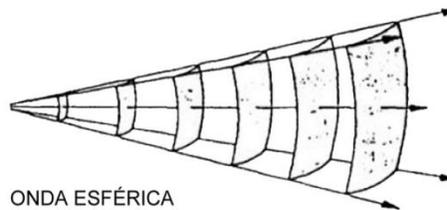


Grafico 2.26 Respuesta lineal

2.3.1 CLASE DE ONDAS

2.3.1.1 Ondas esféricas.

Según la ley de la inversa de los cuadrados, se obtiene una atenuación del nivel de presión sonora de 6dB cada vez que se dobla la distancia. Esto es debido a la propagación del sonido, como frente de ondas esféricas. Así cada vez que se dobla la distancia del oyente a la fuente, la energía radiada se dispersa en un área cuatro veces superior, por lo que la densidad de energía se reduce una cuarta parte, lo que supone esa caída de 6Db.



$$1 = P/A = P/4\pi D^2$$

$$2 = P/A = P/4\pi(2D)^2$$

$$1/12 = 4$$

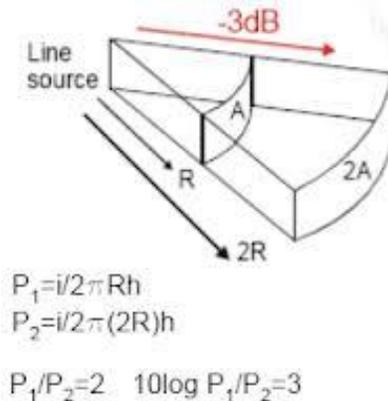
$$10\log 1/12 = -6\text{dB}$$

Este tipo de ondas las producen las fuentes de sonido puntuales, al igual que sistemas convencionales tipo cluster.

2.3.1.2 Ondas cilíndricas

Una onda cilíndrica se dispersa tanto hacia los ejes verticales concentrado su energía a lo largo del eje horizontal, siendo menor el área de donde se

dispersa. En un line array el frente de onda generado es cilíndrico manteniéndose constante en el plano vertical. Este frente de onda es casi plano y es por ello que no existe interferencia entre cada una de las fuentes, por lo que tenemos una suma coherente comportándose como una única fuente de sonido.



En realidad una línea de fuente sonora crea un frente de onda de presión con forma cilíndrica solo en una cierta gama particular de longitudes de onda, es decir, en ciertas frecuencias (más concretamente en frecuencias bajas y medias). Por lo que no se puede tomar el rango completo de frecuencias que genera una caja de tres vías como un generador de ondas cilíndricas.

2.3.2 MODELO DE INTERFERENCIA

Este es el término aplicado al modelo de diagrama polar, o al patrón de respuesta de un arreglo lineal. Esto simplemente quiere decir que cuando se apila un conjunto de altavoces, los ángulos de cobertura vertical decrecen y los ángulos de cobertura horizontal no varían, formando el llamado modelo de interferencia que caracteriza los line array. Cuando más alto sea el arreglo, más estrecho será el ángulo de cobertura vertical y mayor será la sensibilidad sobre el eje. Todo esto es producido por las interferencias de señales de cada altavoz por ello con una buena distribución de estos podemos obtener un diagrama polar real con ángulos de cobertura vertical y horizontal como el de un solo transductor.

2.3.3 PROPAGACIÓN EN CAMPO CERCANO Y EN CAMPO

Como la longitud del array no es infinita, existirá un punto dependiendo de la frecuencia cuyo frente de onda resultante pasara de ser cilíndrico a esférico. Este punto es el que separa del campo cercano del campo lejano, es decir el límite en el que el array pasa de tener 3dB de pérdida cada vez que se dobla la distancia a parecer una fuente puntual y su nivel comienza atenuarse según de la ley del inverso cuadrado en 6 dB por el doble de distancia por ello cuanto mayor sea el número de capaz más lejos se situara el campo cercano.

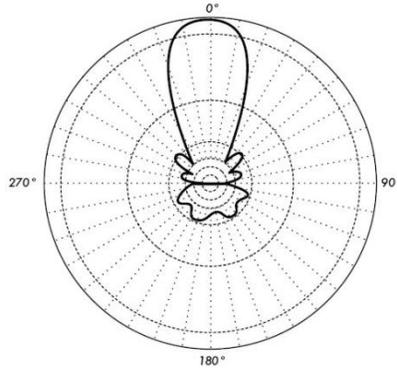


Grafico 2.27 Campo cercano

Sin embargo la atenuación del aire en los agudos condicionara también esta característica, e una forma rápida. Se puede calcular dicha distancia con la siguiente formula,

$$D = \frac{H^2 f}{2c} \quad \text{Ec. 2.5}$$

D = es la distancia critica que divide el campo cercano y el campo lejano

H = es la altura del array

F = es la frecuencia

C = es la velocidad del sonido

Realmente el comportamiento del campo cercano de los arreglos lineales es mas complejo. Cualquier punto dado de este campo cercano esta sobre el eje de uno solo de los difusores de alta frecuencia altamente direccionales, pero recibe la energía de bajas frecuencias de la mayor parte de los componentes del arreglo. Por esta razón, añadir mas componentes al arreglo aumentara la energía de bajas frecuencias en el campo cercano, pero las altas frecuencias permanecerán igual.

Por ello los arreglos lineales necesitan ecualización para aumentar las altas frecuencias en el campo lejano, la ecualización efectiva compensa la perdida por propagación y en el campo cercano, compensa la suma constructiva de las bajas frecuencias y la proximidad a la guía de onda de altas frecuencias, elemento que se suele añadir a los arreglos para dirigir el sonido a una zona determinada.

2.3.4 directividad

Hay que tener claro que la intensidad de una fuente de sonido en un campo libre se define por la siguiente formula: $\text{intensidad} = \text{potencia} / \text{area} = 1 = P / 4\pi r^2$

El factor de directividad Q se define como la relación entre la intensidad en el eje de la fuente sonora a una determinada distancia y la intensidad en puntos fuera del eje a la misma distancia. El índice de directividad de un altavoz (DI) se calcula de la siguiente forma:

$$DI = 10 \log Q \quad \text{Ec. 2.6}$$

Por lo tanto, se obtiene que para una fuente:

Puntual: radia en un campo libre y un medio homogéneo, la fuente puntual producirá un frente de onda esférico. $Q=1$; $DI=10\log 1=0$



Grafico 2.28 Directividad Puntual

Hemisféricas: radia en la mitad del área que la fuente puntual, por lo tanto $Q=2$. Lo que supone un aumento en el índice de directividad. $Q=2$; $DI= 10\log 2=+3\text{dB}$.

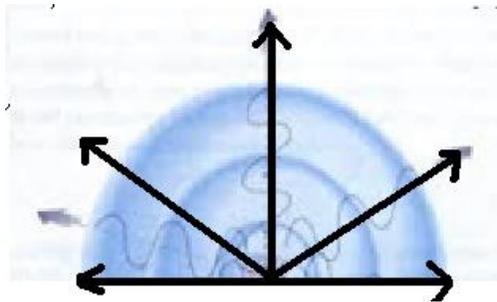


Grafico 2.29 Directividad Hemisférica

Los arreglos lineales logran su directividad mediante interferencia constructiva y destructiva. La directividad del altavoz varía con la frecuencia, a baja frecuencia es omnidireccional y al disminuir la longitud de onda, es decir conforme aumenta la frecuencia, su directividad se estrecha. Al ampliar dos altavoces, uno sobre otro y opera ambos con la misma señal da como resultado un patrón de radiación diferente al que tenía cada uno por individual.

Una idea errónea y bastante común en los line array es creer que estas fuentes sonoras son capaces de emitir una onda cilíndrica, a diferencia de la onda de propagación emitida por cualquier fuente sonora, que es de forma esférica. Pero esto no significa que las ondas sonoras de dos altavoces apilados formen una única onda sonora con forma cilíndrica, las ondas no modifican la trayectoria de otras ondas al cruzarse.

2.3.5 fase acústica

Se podría decir que la fase acústica de las señales emitidas por los altavoces es el quid de la cuestión en los arreglos lineales. Como es sabido, la característica primordial de los arrays procede de las interferencias constructivas y destructivas entre las ondas sonoras emitidas por los distintos altavoces. Lo que

se busca el patrón de directividad es que las cancelaciones o interferencias destructivas se produzcan a los lados del eje y las constructivas, lo más cercano posible al eje, creando así un frente de onda con una pérdida de 3 dB al doblar la distancia.

Los altavoces del array emiten señales iguales, pero al ser un conjunto de altavoces, cada señal tiene un origen diferente, ya que parten de altavoces diferentes. Estas señales sonoras, al interferirse en un punto determinado, llegan con la distancia fase, ya que han recorrido caminos diferentes. La diferencia de fase con la que las señales interfieren determinará el resultado de la suma, produciéndose cancelaciones o incremento de señal. Por lo tanto, es impredecible conocer el resultado de la suma de dos señales con diferentes fases para comprender el porqué de los arreglos lineales.

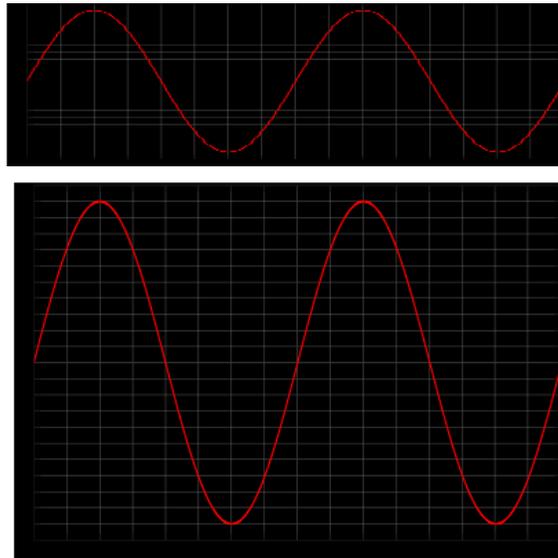


Grafico 2.30 Señales en Fase

2.3.6 Altas frecuencias

Las altas frecuencias son un tema aparte en los arreglos lineales, y deben tener un tratamiento específico para una buena reproducción.

Para un arreglo lineal se utiliza bajas y medias frecuencias, esto es debido a que los sistemas de arreglo lineal actúan encima de la frecuencia de 1KHz el array empieza a perder sus características directivas debido a que la distancia que debería separar a los transductores, en frecuencia altas, para que tenga el comportamiento directivo del resto del arreglo es muy pequeña comparado con el tamaño de estos. es decir los transductores de altas frecuencias no se pueden

juntar tanto como requiere las condiciones para el funcionamiento correcto del array.

Para compensar la pérdida de control de patrón de directividad y la aparición del com filter en el área de cobertura, algún otro método debe ser usado para obtener unas características direccionales en las frecuencias altas que igualen las de los medios y los graves. El método mas practico para sistemas de sonorización es usar guías de ondas (difusores) acoplados a altavoces de compresión.

2.3.7 Procesador digital de la señal (DSP)

Es un elemento importante que se introduce en los arreglos. Las señales que se emiten a través de un arreglo lineal no van a ser señales de una sola frecuencia como se ha visto en los arreglos lineal no van a ser señales de una sola frecuencia como se ha visto en los casos explicativos de la teoría de los array en las señales de cada altavoz y realizar un control de la dispersión mediante filtros que separaran las señales en diferentes rangos para que cada margen de frecuencia sea reproducido por el altavoz indicando. Todo ellos se trata de forma digital en el DSP.

2.4 AMPLIFICADORES

Las necesidades de amplificación proviene de la necesidad de la señal que produce un micrófono a un altavoz; cualquiera que sea el micrófono produce un voltaje de circuito abierto de 10 mV y una impedancia interna de 200 Ω . El altavoz tendrá una impedancia de entrada de 2 a 16 Ω típicamente de 8 Ω y una eficiencia del 10%; estas características nos muestran que un micrófono y un parlante, son elementos predominantemente resistivos, los cuales producen una potencia de $1,8 \times 10^{-8}$ W; con esto se obtiene que sin amplificador se obtendría la misma potencia mencionada, incluso si se podría un transformador entre los dos elementos, el mejoramiento es poco significativo, de $1,25 \times 10^{-8}$ W adicional al anterior valor, lo cual no es requerimiento para cualquier aplicación acústica.



Grafico 2.31 Amplificador

2.4.1 DESCRIPCIÓN Y TIPO DE AMPLIFICADORES

La descripción del amplificador depende de los elementos activos que posee en su estructura, tales elementos pueden ser transistores bipolares, circuitos integrados, de campo magnético o una mezcladora de dos o más de esas tecnologías, en cuyo caso se denominan híbridos. Otra característica que describe al amplificador, se relaciona con el parámetro a ser amplificado. Generalmente se clasifica dependiendo del parámetro con el cual trabaja el amplificador, así se tienen, amplificadores de voltaje, de corriente, de transconductancia, de transresistencia.

2.4.1.1 Amplificador de voltaje

Un amplificador de voltaje tiene en su entrada una señal de voltaje, y entrega una nueva señal de este tipo, en estas condiciones es deseable que la impedancia de entrada del amplificador sea grande en comparación con la impedancia de la fuente de la señal, y la impedancia de salida del amplificador sea pequeña en comparación con la impedancia de carga.

2.4.1.2 Amplificador de corriente

Un amplificador de corriente es excitado por una corriente en su entrada y responde produciendo una corriente relacionada con la entrada y la deposita en la carga; en comparación con los amplificadores de voltaje estos amplificadores tienen baja impedancia de entrada y alta impedancia de salida.

2.4.1.3 Amplificador de transconductancia

Un amplificador de transconductancia es excitado en su entrada con voltaje y entrega una corriente la cual es asociada a la carga; un amplificador de transconductancia posee alta impedancia de entrada y alta impedancia de salida.

2.4.1.4 Amplificador de transresistencia

Un amplificador de transresistencia es excitado con una señal de corriente y produce una señal de voltaje. Poseen baja impedancia de entrada y baja impedancia de salida.

Otras maneras de describir al amplificador relacionan matemáticamente la entrada y la salida de los mismos. Por ejemplo existen amplificadores lineales en los cuales la señal de salida es función lineal de la señal de entrada, mientras que amplificadores logarítmicos la señal de salida es proporcional al logaritmo de la señal de entrada. La mayoría de los amplificadores empleados en audio son lineales, pero un gran número de amplificadores logarítmicos o de otro grupo son empleados en procesamiento de señales.

Otros tipos de descripción de amplificadores están asociados con la localización física del amplificador en la cadena de amplificación global. Por ejemplo un preamplificador es usualmente colocado a continuación de un transductor donde los niveles de señal son muy pequeños y las características de ruido influyen enormemente. Ciertos preamplificadores incorporan circuiterías especiales de amplificación.

Los preamplificadores son seguidos por los amplificadores de mezcla los cuales pueden combinar individualmente las señales de varias fuentes. Pueden existir más etapas con varios tipos de amplificadores pero el último tipo de amplificador que se encontrará es un amplificador de potencia.

Los amplificadores de potencia de audio tienen las características de impedancia de entrada- salida como las de un amplificador de voltaje, además poseen la capacidad de entregar grandes cantidades de potencia.

El amplificador se caracteriza por tener cuatro terminales: dos a la entrada y dos a la salida. Si en la entrada o en la salida, uno de los terminales se conecta a tierra, la salida del amplificador es considerada como desbalanceada: si no se conecta a tierra son conocidas como terminales balanceados. En la practica se hallan los casos de que la entrada es balanceada en ambos extremos del amplificador se necesita aislar del ruido a dichos terminales, esto se logra colocando un blindaje a dichos terminales, tal blindaje debe estar aterrizado correctamente, caso contrario, es un gran problema.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLIFICADORES

2.4.2.1 Rango de frecuencias de trabajo

Como se conoce, un análisis de un amplificador cualquiera, no puede estar completo mientras no se presente un análisis en frecuencia, tal es así que la ganancia esta determinada por la misma. Por ejemplo cuando se anuncian los equipos de audio, se lo hace con la gama para frecuencias de ganancia mayor, así es posible tener equipos que tengan mejor respuestas entre 200 Hz y 1KHz que en 1 KHz y 6KHz, y este puede ser empleado de mejor manera para bajos.

Dentro de los amplificadores para audio, se prefieren los que tengan respuestas lineales.

2.4.2.2 Potencia nominal RMS o continúa

Es la potencia que el amplificador es capaz de proporcionar a la carga a un máximo valor THD(distorsión por la aparición de armónicas) indicando por fabricante, generalmente esta especificado para parlantes con un valor de impedancia de 8 ohms, esta potencia es calculada para salidas estéreo, su medida es con una señal sinusoidal de 1 KHz; es de importancia en el diseño y en los cálculos pues de este depende la alimentación de potencia del diseño.

2.4.2.3 Potencia musical o pico.

Es la potencia medida en intervalos de tiempo, generalmente 20 milisegundos, en niveles más altos de la señal, como sucedía en casos anteriores, éste parámetro es más una medida comercial, en vista de que en primer lugar no se tiene una serie de pasos estandarizados para la obtención de este dato, por lo que este es una situación subjetiva del fabricante, y por otra parte como se especifica son medidas a tiempos cortos, lo que no refleja el funcionamiento del amplificador en situaciones normales, por lo que el diseñador de megafonía generalmente pasa por alto este dato.

2.4.2.4 Slew rate

Generalmente es especificado en volts sobre segundos o en volts sobre microsegundos, nos da una idea de la rapidez con la que el amplificador puede alcanzar un determinado voltaje en un determinado tiempo; en el siguiente ejemplo el valor de slew rate será de $20\text{V} / \mu\text{s}$, lo que no alcanza para amplificar a una señal cuyo valor es de $30\text{V} / \mu\text{s}$ de esta manera, el amplificador intenta alcanzar a la señal original, tan rápido como puede hasta los 20 volts, originando una onda triangular, distinta a la onda senoidal original, esto sucederá cada vez que la señal sobrepase los 20V por microsegundo, finalmente este parámetro es mejor mientras más alto valor tenga, observando claro está el tiempo que toma para ello.

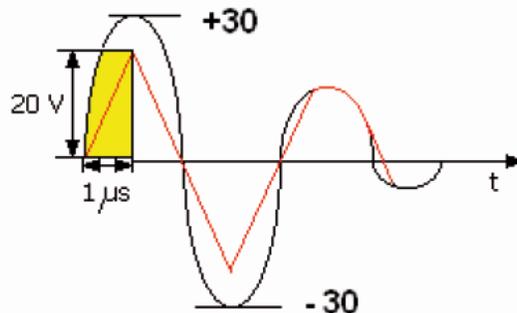


Gráfico 2.32 señal de amplitud de voltaje

2.4.2.5 Impedancia de entrada

Su valor oscila entre los 10 y 50 K Ω . Recordemos que es posible entregar una potencia mayor cuando, es un circuito, se tienen varias cargas de diferente valor en serie, y la carga con mayor valor resistivo será la que reciba la potencia más alta.

2.4.2.6 Impedancia de salida

Se mantiene el mismo criterio anterior, es decir, para la impedancia de salida será o tendera a ser bajo, este parámetro va de la mano con el factor de amortiguamiento.

2.4.2.7 Sensibilidad

Para tener una idea de los que significa este parámetro lo compararemos con la agudeza auditiva de una persona, así de esta manera mientras mas alto sea el valor mejor será esta característica, de otro modo el equipo será “sordo”, por lo tanto es el mínimo valor en volts que debe ingresar al amplificador para poder manejar rangos de potencia aceptables en el diseño sonoro.

2.4.2.8 factor de amortiguamiento

Este parámetro es de importancia para la instalación misma del circuito, pues nos da una relación entre la resistencia de carga y la Impedancia de salida a una determinada frecuencia, pongamos un ejemplo, supongamos que el factor de amortiguamiento es de 200 para una carga de 8 ohms medidos a una frecuencia de 1 KHz, entonces, para este valor la impedancia de salida será de $8/200= 0.04$, o entendiendo de otra manera la carga consumirá 200 veces la potencia de lo que consume la impedancia de salida del amplificador.

Ahora para el caso más práctico necesitamos aplicar el valor de resistencia que incluyan los cables, quedara entonces la expresión matemática definitiva:

$$FA = \frac{R_L}{R_o} \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

FA: Factor de amortiguamiento

RL: Resistencia de carga

Ro: Resistencia de salida + Resistencia del cable

Para muestra, un ejemplo; suponiendo que se elige una pésima calidad de cable obteniendo una impedancia total del cable de 1,5 ohms, entonces el valor de la resistencia Ro será $0,04 + 1.5 = 1,54$. Entonces FA queda así:

$$FA = \frac{8}{0.04+1.5} = 5.19$$

Obteniendo una relación de pérdida, entonces se tendrá por una simple regla de tres que en el todo que constituye 9,54 ohms (por ser circuito serie $8 + 0.04 + 1.5$ ohms), los 8 ohms representarán el 83,8% o sea que de cada 100 W que deben ir a la carga, debido la perdida en los cable mas la resistencia de salida, solamente 83.8 W se alimentarán a la carga, lo que ha causado que se desperdicie innecesariamente casi el 20% de energía, es decir 16,2 W.

2.4.2.9 Rendimiento

Su expresión matemática es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{potencia entregada a la carga (salida del amplificador)} * 100\%}{\text{potencia consumida}} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Expresa la cantidad de energía que se disipa en calor en la constitución interna del amplificador, del total de energía que consume el mismo; este parámetro expresa la calidad del amplificador, pues va ligado a la potencia, y el amplificador es un dispositivo de potencia.

2.4.3 CLASES DE AMPLIFICADORES DE AUDIO

El amplificador está constituido de una o varias etapas de transistores. Estos de acuerdo a su configuración, determinan sus características de amplificación. Por ejemplo, asociados en paralelo, se obtiene una amplificación de corriente; en cambio, asociados en serie, se obtiene una amplificación de voltaje.

Se puede decir que el amplificador constituye una función similar a la de un grifo de electrones, en donde dicho grifo se abre o se cierra al ritmo de la señal de entrada. Se puede entonces tener las siguientes clases de amplificadores de audio:

2.4.3.1 Clase A

Se caracterizan por entregar a la salida una señal que varía los 360° del ciclo de la señal de entrada. Consume mucha potencia para mantener la polarización, independientemente de que haya o no señal de entrada. Dicho consumo de potencia, hace que la eficiencia de este tipo de amplificadores sea baja, especialmente con señales de entrada bajas. Los valores de eficiencia están entre 25% (con la carga conectada directamente o en serie), y 50% (con una conexión de transformador hacia la carga).

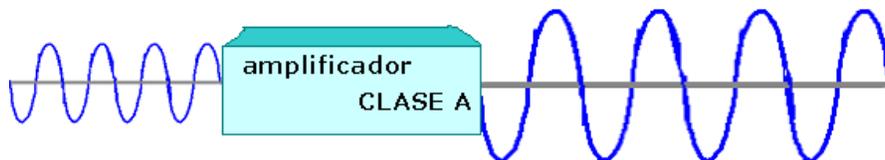


Grafico 2.33 Amplificador Clase A

2.4.3.2 Clase B

Su característica es que proporciona una señal de salida que varía a lo largo de la mitad del ciclo de la señal de entrada (180° de la señal). Por lo tanto si se desea una forma de la señal de salida igual que la forma de la señal de entrada, se requieren de dos transistores, uno para ampliar la parte positiva de la señal de entrada, y uno para la parte negativa. Esta configuración se denomina modo push – pull. Al analizar la eficiencia de un amplificador clase B, sin potencia

de polarización dc en ausencia de la señal de entrada, se obtiene un valor de 78.5% incluso, la eficiencia de potencia puede sobrepasar el valor de 90%

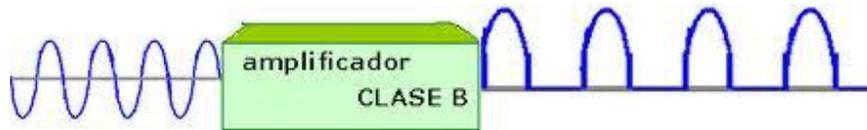


Grafico 2.34 Amplificador Clase B

2.4.3.3 Clase AB.

La señal de salida varía entre los 180° y los 360° del ciclo de la señal de entrada.

Debido a que su polarización cae entre las clases A y B, su eficiencia estará entre el 25% y 78,5%, o entre el 50% y 78,5%. De igual modo que en los amplificadores clase B, para reproducir completamente la señal, se requieren dos transistores en modo push – pull.

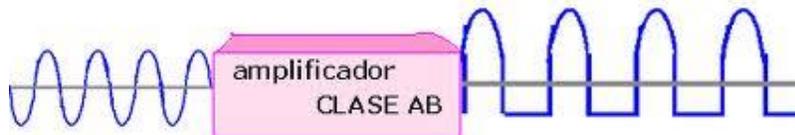


Grafico 2.35 Amplificador Clase AB

2.4.3.4 Clase C

La señal de salida varía menos de 180° del ciclo de la señal de entrada, y con la ayuda de un circuito sintonizado (resonante). Por tal razón, se los utiliza en áreas especiales de circuitos sintonizados, como por ejemplo en radio o comunicaciones.

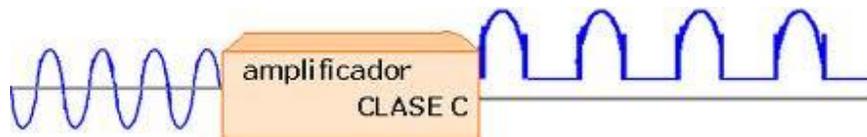


Grafico 2.36 Amplificador Clase C

2.4.3.5 Clase D

Esta clase de amplificador utiliza señales de pulso (digitales), las cuales pueden variar a lo largo del ciclo completo. Su ventaja radica en que el mayor consumo de potencia se da en cada pulso, pero dichos pulsos duran pequeños instantes de tiempo, con un consumo de potencia durante un menor tiempo. Se consiguen eficiencias muy altas, generalmente superiores al 90%.

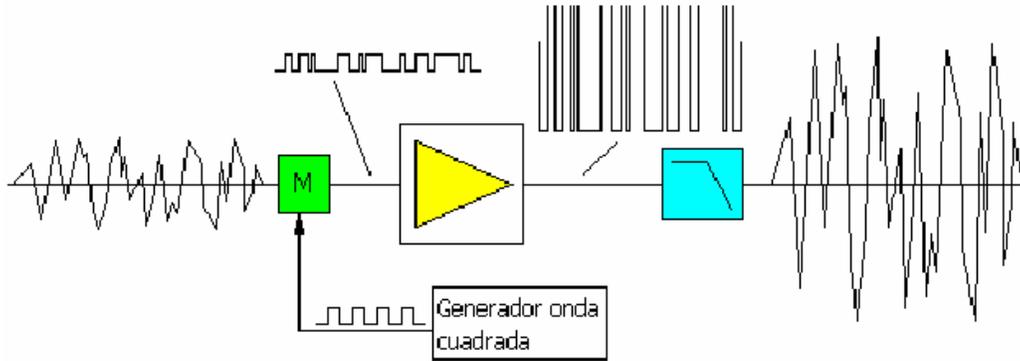


Grafico 2.37 Amplificador Clase D

2.4.3.6 Clase E y clase F

Los amplificadores clase E y los amplificadores clase F poseen un altísimo rendimiento, con un bajo consumo de potencia, y su comercialización empieza con los requerimientos de economizar batería en los teléfonos celulares, en los años 90. Usado junto a circuitos sintonizados (resonantes), los hacen muy útiles en telecomunicaciones.

2.4.3.7 Clase G

La clase G se refiere a amplificadores conmutados que tienen dos diferentes fuentes de alimentación. La fuente para el amplificador se conecta al voltaje menor para señales débiles y al voltaje mayor para señales fuertes. Esto logra una eficiencia sin requerir conmutar etapas de salida, de tal modo que puede sonar mejor que los amplificadores clase D.

2.4.3.8 Clase H

Se basa en emplear un amplificador en clase D, o una fuente de alimentación conmutada, para alimentar a un amplificador de clase AB o A. Se logra una excelente eficiencia. Generalmente se usa para sonido profesional.

2.4.4 PREAMPLIFICADORES

Los preamplificadores son dispositivos que se encuentran a continuación del micrófono, fonógrafo y otros equipos de procesamiento de señal en un sistema de sonido o estudio de audio; las señales que manejan se encuentran en el rango de los 10 a 100 milivolts, pese a que muchos equipos de procesamiento de señal son diseñados para operar en el rango de los volts. El preamplificador debe ofrecer una ganancia estable, para pequeñas señales. Además debe ser inmune al ruido inducido, debiendo evitar el ruido llamado "Hum" producido a la entrada de los cables de conexión, y a la vez evitar la distorsión de señales de gran amplitud.

El estudio de este t3pico no se desarrolla debido a que a m3s de existir en el mercado preamplificadores incluidos en los equipos de amplificaci3n, este trabajo no contempla el detalle de tales dispositivos.

2.5 RACK DE CONTROL

El rack de control de PA es el conjunto de dispositivos de donde saldr3 la se1al de lo que se va a reproducir en el PA ya que el rack de control es la ultima parada antes de ir a las cajas ac3sticas que forman el sistema de PA.

Est3 formado por el rack de efectos, el rack de din3mica y el rack de potencia teniendo cada uno de ellos funciones diferentes. Los elementos mas importantes son el crossover y el ecualizador pudiendo estar compuesto tambi3n de un reproductor de CD.

El crossover te permite hacer un ecualizaci3n para equilibrar las v3as pudiendo enmudecer todas o cada una de las v3as que se quiera. Esta caracter3stica permite localizar con mas facilidad un problema en una caja de tipo el3ctrico o ac3stico.

2.5.1 RACK DE EFECTOS

Este es el modulo donde se encuentran todos los dispositivos que pueden modificar las caracter3sticas de cualquier se1al de audio es decir, los procesadores de efectos. Hay una gran variedad de procesadores y una inmensa cantidad de efectos pero los principales son:

- Ecos o delays: aplican repeticiones a la se1al. Suelen ser adecuadas para voces y guitarras.
- Reverbs: aplican reverberaci3n a la se1al. Suelen ser adecuadas para voces, teclados y a veces bater3a.
- Sintetizadores de arm3nicos y subarm3nicos: simulan electr3nicamente los arm3nicos de un instrumento.

2.5.2 RACK DE DIN3MICA

Es el modulo donde se encuentran los procesadores de din3mica. Los procesadores de din3mica son dispositivos que modifican la din3mica de la se1al original mezcl3ndola con una se1al externa. Los procesadores de din3mica, al igual que los de efecto, suelen tener varias entradas y salidas, y pueden estar especializados en un solo tipo de procesador o tener varios tipos de procesadores en un mismo dispositivo. Los procesadores m3s importantes son:

- Puerta de ruido: para la sonorizaci3n de la bater3a.
- Compresores y limitadores: para los elementos de mas din3mica en la bater3a y para voces.

2.5.3 RACK DE POTENCIA

En este modulo se encuentran los dispositivos que darán alimentación eléctrica a todas las cajas acústicas del sistema sonoro. Estos elementos sonoros son las etapas de potencia. Las diferentes etapas de potencia que puede tener un rack no tienen por que ser exactamente iguales y ser de la misma potencia, aunque la ganancia de 32 dB es la más aceptada por Europa.

Normalmente las diferentes vías de cada caja trabajan a impedancias diferentes, por lo que conviene tener una gran relación de etapas de potencia con diferentes impedancias en función de las diferentes vías, ya que conectar cajas acústicas y etapas de potencia con impedancia diferentes puede dejar inservible a ambos dispositivos. Trabajar con diferentes dispositivos con diferentes impedancias significa homogenizar el equipo es decir, compensar las diferentes sensibilidades de las vías y así no se desperdicia potencia.

2.6 MESA DE MEZCLAS

Una mesa de mezclas de audio es un sistema capaz de proporcionar, a partir de varias señales de entrada, una o más señales de salida que son mezclas de las de entrada. Cada señal de salida será una suma, en diferentes proporciones, de las señales de entrada. La mesa tiene “n” entradas y “m” salidas, siendo n y m números que varían según el modelo.



Grafico 2.38 función básica de una mesa de mezcla

2.6.1 REQUISITOS

Los requisitos que debe reunir cualquier mesa de mezclas son los siguientes:

- Fidelidad: viene determinada por sus características técnicas, aquellas que hacen referencia la respuesta en frecuencia, distorsión, relación señal-ruido.
- Prestaciones: las prestaciones que ofrece una mesa de mezclas son lo que en segundo lugar las distingue.
- El número de canales de entrada de que dispone. Cuanto mayor sea el número de canales de entrada, más señales distintas se podrán mezclar. Hay que destacar, que además de las entradas principales o canales de entrada, existen otras entradas auxiliares que se explicarán más adelante.

- La posibilidad de obtener efecto estéreo. Es decir, cada señal de entrada puede enviarse en la proporción que se quiera a dos salidas diferentes, principal izquierda (L) y principal derecha (R). De esta forma se puede conseguir el efecto estéreo y situar los sonidos en diferentes posiciones frente al oyente.
- La posibilidad de mezclar cada señal de entrada con las demás, en cualquier proporción, independientemente del nivel con el que llegue a la mesa.
- Que cada señal de entrada pueda ser ecualizada independientemente de las demás, con lo se puede conseguir el timbre deseado de cada voz o instrumento.
- La posibilidad de realizar varias mezclas diferentes con las señales de entrada, obteniendo así varias salidas. El resto de salidas que no son las principales (L y R), se pueden llamar, en general, salidas auxiliares. Igualmente, hay mesas que permiten agrupar varias señales de entrada y mezclar esta suma con las demás. Esta característica corresponde a lo que se llaman grupos y subgrupos.

2.6.2 PARTES DE LA CONSOLA

La mezcladora de audio debe adaptarse para permitir la conexión de distintos dispositivos de entrada y de salida. Así, en sus entradas puede recibir: micrófonos de distintos tipos, equipos electrónicos, etc. En la salida puede abastecer a: grabador master, grabador multipista, equipos auxiliares (procesadores externos), amplificadores monitores, etc. Es por este motivo que la mezcladora debe dar diferentes y adecuados márgenes de impedancia de entrada y salida en sus conectores. También deberá permitir un ajuste de niveles respecto a los elementos externos, ya sea amplificando o atenuando las entradas o regulando los niveles de salida. Las señales de entrada pueden tener diferentes impedancias a las cuales se tiene que ajustar y diferentes niveles que tendrá que igualar para poder trabajar con todos igual en el interior de la mezcladora. En las salidas, debe poder ajustar el nivel para que sea el óptimo para el siguiente aparato al que llega señal y con una impedancia de salida óptima.

El esquema muestra un diagrama de bloques de un canal de entrada y el recorrido que realiza la señal.

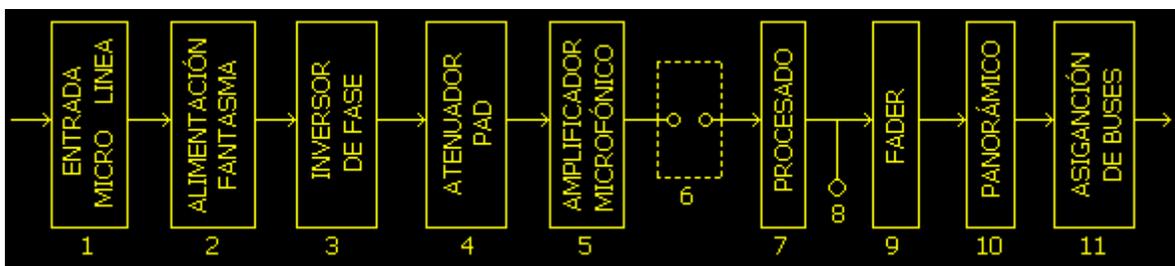


Grafico 2.39 Diagrama a bloques de un canal

2.6.2.1 Entradas

Como su nombre lo indica es por donde podemos inyectar las distintas señales de audio que tengamos a nuestra consola como pueden ser señales con nivel de línea o de micrófono. En ocasiones tenemos dos entradas, una en XLR-3 (cannon), en el grafico 2.39 No. 3 y otra en TRS (plug), en el grafico 2.39 No. 2; aunque solo se puede utilizar una a la vez, lo cual se explicara mas adelante o simplemente una sola entrada en XLR-3 (cannon).

2.6.2.2 Insert

Esta conexión permite desviar la señal del canal de entrada hacia equipo externo para ser procesada y después retornada al mismo punto para continuar su flujo en la consola. Incluso puede haber a la salida de la consola de audio. En el grafico 2.39 No 1.

2.6.2.3 Phantom power

Los micrófonos de condensador necesitan un voltaje de polarización. Algunas veces (casi siempre) se proporciona este voltaje a través del cable. A este procedimiento se llama alimentación fantasma (phantom power), el voltaje más común es de 48 volts d.c. La mayoría de los micrófonos con phantom power opera sobre un rango desde 1, 5 o 9 volts hasta 50 volts. En el grafico 2.39 No 5.

2.6.2.4 Inversor de fase

Se trata de un cambiador de hilos, entre el pin 2 y 3 en XLR-3 (cannon), y punta y anillo en TRS (plug); que permite poner en fase la fuente de señal conectada a este canal con el resto de las fuentes. Este sistema también es opcional y no lo incorporan todas las mezcladoras.

2.6.2.5 Pad

Es un atenuador el cual básicamente consiste en una resistencia que baja el voltaje de una señal que es demasiado fuerte para el circuito que sigue en la cadena. Este es un interruptor que cuando esta activado manda la señal a esta resistencia para que el preamplificador no se sature. No en todas las consolas puede encontrarse, debido a que como se menciono anteriormente se pueden tener un conector en XLR-3 (cannon) el cual esta conectado directamente a la entrada del preamplificador. Mientras que el conector en TRS (plug) manda la señal al atenuador (resistencia) para poder trabajar con la señal sin saturación.

2.6.2.6 Trim o ganancia del preamplificador

La misión de este amplificador es la de aumentar el nivel de tensión que proporcionan los micrófonos hasta llevarlos al nivel de línea con que trabaja la mezcladora (interiormente). Este nivel suele estar entre los 4dbm y los -10dbm. La estructura del amplificador de ganancia es, por lo general, la de un previo de ganancia fija (por ejemplo 50 dB) seguido de un amplificador de ganancia variable que no realza, sólo atenúa para realizar el ajuste final del nivel. En el grafico 2.39 No. 4.

2.6.2.7 Fader

El fader es un potenciómetro lineal, que sirve para ajustar el nivel del instrumento que se encuentra conectado a ese canal en la mezcla principal. Generalmente esta rotulado con una escala que empieza con números negativos y termina en números positivos pasando por el cero que se encuentra como a tres cuartos del tope. Si tenemos nuestro canal bien ajustado (que se explicara mas adelante) y colocamos el fader en cero entonces la amplitud de la señal no será afectada, lo cual quiere decir que tenemos una ganancia unitaria, así a partir de ese punto hacia arriba se amplifica la señal y hacia abajo se atenúa.

2.6.2.8 Salidas

- Stereo: Es lo que comúnmente llamamos program, que es la mezcla resultante de los faders que podamos tener abiertos en cierto momento.
- Auxiliares: las salidas auxiliares pueden o no ser otra mezcla dependiente o independiente de la mezcla del bus estéreo. En primer lugar puede ser otra mezcla o no porque tenemos la libertad de asignar 1 o n numero de canales a un auxiliar en especifico y en segundo lugar puede ser dependiente o no porque tenemos la posibilidad de elegir si vamos a trabajar en PRE fader, que no es mas la señal que se asignara a dicho auxiliar se tomara antes de ser afectada por los fader que se utilicen, o bien, trabajar en POST fader, en el que la señal que se asigne a el auxiliar dependerá de la posición de cada fader en la mezcla del bus estéreo.
- Buses: estas salidas son simplemente asignaciones de los canales de entrada a cada bus que tenga nuestra consola, a diferencia de las salidas auxiliares estas mezclas son completamente dependientes de la posición de los fader en la mezcla del bus estéreo.

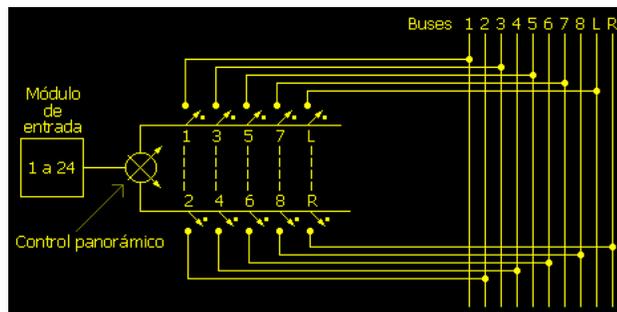


Grafico 2.40 esquema de un buse

2.6.2.9 Monitoreo acústico:

En esta cuestión podemos tener principalmente dos monitoreo lo cuales son:

- Control Room: este monitoreo lo tiene el operador de audio, ya que en el puede estar checando cue's (monitoreos aislados del bus estereo), ya sea en PFL (pre fader listen) o AFL (after fader listen); tambien puede monitorear de manera aislada las salidas auxiliares, los buses o por supuesto la mezcla del bus estereo.

- Estudio monitor: En este monitoreo en ocasiones, dependiendo de la consola de audio, podemos asignar una o varias señales en específico, pero por lo regular se tiene para escuchar solo la mezcla del bus estereo y que comúnmente utilizamos para que escuche producción.

2.6.2.10 Monitoreo visual (medidores de picos)

El monitoreo visual suele realizarse a través de medidores de aguja, que evidentemente presentarán problemas de respuesta por la inercia que el equipo móvil del medidor, o a través de barras de diodos LED que al trabajar con menos inercia (ya que son electrónicos) pueden dar una respuesta más rápida.

VU-metro: es un aparato de medida diseñado para indicar el nivel de tensión del canal sobre el que mide, y variar de la forma en que el oído humano aprecia los cambios de sonoridad. Este medidor tiene características especiales para trabajar con señales de audio que varían en amplitud y frecuencia simultáneamente. Para señales más o menos complejas, el vúmetro da una indicación promediada entre el valor medio y de pico.

Los vúmetros están graduados con doble escala. Una de ellas en porcentaje, por lo regular 0 a 100% y otra en unidades de volumen sonoro VU, generalmente de -20 a +3 VU, esta escala es logarítmica, con lo que varía de la misma manera que las escalas en dB, ambas igual que el oído humano. Por este motivo si la indicación del vúmetro cae en 3 unidades VU, es porque el nivel de tensión de la señal sobre la que mide el vúmetro, ha caído 3 dBm o 3dBu, ya que los vúmetros están calibrados con una referencia de potencia de 1 mW sobre 600 ohms y una señal de 1 kHz. Esto implica que si tenemos un voltaje de 0.775 V, que debe corresponder con el 0 (cero) del vúmetro o 0 dBm.

Cuando la aguja marca el 100% o 0 VU, se está en el límite antes de saturación del canal antes de superar la distorsión máxima permitida. Sin embargo los vúmetros se implementan de tal forma que exista un pequeño margen de seguridad de cara a los transitorios (no reflejados por el vúmetro). Se suele trabajar con niveles que aseguren que la aguja se mueve entre -5 y +1 VU, aprovechando al máximo canal pero sin distorsionar.



Grafico 2.41 Vúmetro

De lo anterior se deduce que el vúmetro no se usa para medidas estáticas sino con señales de onda complejas que cambian continuamente de amplitud y frecuencia. El vúmetro ignora los picos de señal de corta duración.

2.6.2.11 Ecuilización

Un ecualizador es un dispositivo electrónico que contiene una serie de filtros o circuitos independientes sobre los que se puede variar uno o más parámetros de frecuencia para conseguir la modificación de la curva de respuesta en frecuencia. Con lo que logramos corregir eficazmente dicha respuesta de la cadena de audio; micrófonos, altavoces, etc. Los elementos más importantes por lo que está compuesto un ecualizador son los llamados filtros, el cual es un sistema en el que se introduce una señal de amplitud y frecuencia fija y se obtendrá a la salida una señal con la misma frecuencia y cuya amplitud es posible variar según sea el tipo de filtro, así el ecualizador puede actuar como amplificador o atenuador sin variar la frecuencia de la señal.

También se puede definir a un filtro como un circuito eléctrico que tiene la propiedad de seleccionar frecuencia, así como la habilidad de reconocer estas para retenerlas y dejarlas pasar.

Los principales filtros existentes son:

- Filtro paso-alto (high pass filter, HPF)
- Filtro paso-bajo (low pass filter, LPF)
- Filtro paso-banda (band pass filter, BPF)
- Filtro rechazo banda (band reject filter)
- Filtro banda estrecha (notch filter)
- Filtro paso-alto y Filtro paso-bajo

Como sus nombres lo indican elimina frecuencias inferiores para el filtro paso-alto y elimina frecuencias superiores para el filtro paso-bajo ambos a una determinada frecuencia de corte.

- Filtro paso y rechazo banda

Estos filtros se obtienen a partir de un paso-alto y un paso-bajo y consiste en un filtro que rechaza o deja pasar todas las frecuencias comprendidas entre las dos frecuencias de corte.

- Filtro de banda estrecha

Este actúa siempre atenuando un margen muy estrecho de frecuencias. Se utiliza para suprimir alguna perturbación que se produzca en un punto determinado de frecuencia.

Como sabemos los parámetros de ecualización son: ganancia, frecuencia y Q. La ganancia es lo que queremos atenuar o amplificar en dB, la frecuencia es el valor de la frecuencia de corte o central del filtro elegido, mientras que Q es un factor de calidad que indica la selectividad de frecuencias a afectar a partir de la frecuencia central, es muy utilizado en filtros paso-banda y rechazo-banda, si tenemos valores altos de Q el filtro afectará a pocas frecuencias y si los valores de Q son bajos afectará a mayor cantidad de frecuencias cercanas a la frecuencia central.

2.6.3 PROCESADORES DINÁMICOS

En una variedad de momentos se hace necesario controlar el volumen de las señales de una forma automática. Tratamos de evitar que el volumen sea excesivo para que no se sature nuestro amplificador de potencia o un preamplificador de micrófono, dejemos sorda a la concurrencia o propulsemos el cono de nuestro altavoz al hiper espacio. Quizá solo intentamos tener bajo control la voz de un cantante que tanto grita como susurra, se acerca como se aleja al micrófono. Otras veces sencillamente tratamos de evitar el ruido que se cuele cuando no hay señal presente. Para llevar a cabo este tipo de acciones, nos ayudamos de los llamados procesadores dinámicos. Éstos se usan habitualmente en el refuerzo de música en directo y aplicaciones de grabación multipista, mientras que son menos comunes para la reproducción de sonido pregrabado. No son tampoco habituales en las instalaciones fijas de refuerzo de sonido, aunque a veces en éstas el control de los volúmenes puede ser crítico.

2.6.3.1 Tipos de procesadores dinámicos

Los tipos de procesadores dinámicos más habituales son:

- Compresor / limitador, que atenúa o limita las señales que excedan un nivel de señal prefijado. Existe también una versión del compresor/limitador llamado *de-esser*, que regula el nivel excesivo de siseo en una voz. Un limitador es sólo una forma de compresor.
- Puerta de ruido, que enmudece o atenúa las señales que bajen de un nivel de señal prefijado. Si permite regular la cantidad de atenuación, entonces se habla de "expansor hacia abajo" o *downward expander*.

Existe también el expansor verdadero, aunque en la práctica no se encuentran comercialmente equipos que realicen esta función, que consistiría en amplificar las señales que excedan un nivel prefijado y atenuar las que queden por debajo, aumentando ("expandiendo") de esta manera la dinámica de una señal.

2.6.3.2 Introducción a compresores ó limitadores

La finalidad del compresor es reducir el nivel de las señales con demasiado volumen. Normalmente podríamos hablar de varias razones principales para comprimir.

- Controlar la energía de una señal. El oído humano es muy sensible a las variaciones de energía, así que esta compresión deberá siempre ser suave y sutil para que no resulte evidente al oído. Este tipo de compresión es utilizada, por ejemplo, para mantener la señal de un cantante en unos niveles relativamente constantes en todo momento, ya grite o susurre, se acerque o aleje del micrófono.
- Controlar el nivel de pico de una señal. A menudo nuestro equipo está limitado por su capacidad de soportar picos de señal. Los pre-

amplificadores del mezclador pueden saturar. El amplificador de potencia puede saturar. Los altavoces pueden correr el riesgo de dañarse por excesiva excursión. En estos casos realmente lo que nos importa controlar es el nivel de pico de las señales, de forma que el procesamiento necesario tiende más hacia la limitación.

- Reducir el rango dinámico de una señal. Si atenúamos los picos de señal, estamos reduciendo su rango dinámico. Puesto que muchos equipos están limitados por los picos (amplificadores de potencia, grabadores), ello nos permite subir el nivel RMS de la señal.

2.6.3.3 Controles de compresores

La compresión es una labor difícil que puede necesitar características muy diferentes en función del tipo de señal. Por ello son necesarios numerosos controles.

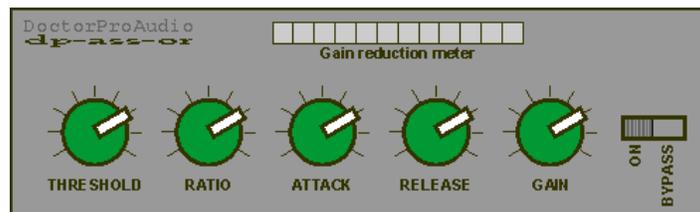


Grafico 2.42 compresor de audio

- Nivel de Umbral (*threshold*). Al exceder este nivel umbral se pone en funcionamiento el procesador de dinámica y comienza la compresión (atenuación, reducción de nivel). En el gráfico siguiente se muestra cómo varía el nivel (en dBs) de una señal al comprimirse con un umbral más alto o más bajo. En el primer ejemplo, el umbral más alto deja pasar el tercer pico sin alteración alguna.

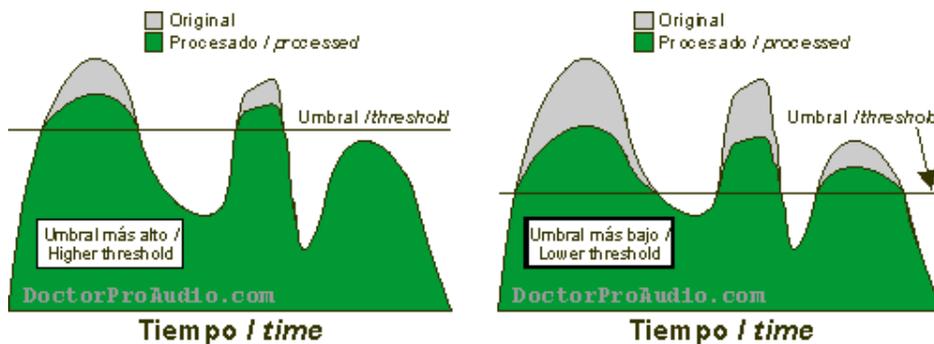


Grafico 2.43 Tiempo de ataque

- Tiempo de ataque (*attack time*). Éste es el tiempo que tarda la señal en comprimirse desde que supera el nivel de umbral. Los tiempos mínimos de ataque pueden oscilar entre 50 y 500 μ s (microsegundos) dependiendo del tipo de unidad, mientras que los tiempos máximos oscilan entre 20 y 100

ms (milisegundos). A veces, estos tiempos no se dan como un tiempo fijo, sino como una pendiente en decibel por milisegundo. Particularmente para aplicaciones de masterización y radiodifusión, donde se quiere extraer el máximo de dinámica de la señal, existen compresores multibanda que dividen la señal en varias bandas de frecuencia y comprimen cada una por separado con tiempos diferentes para cada vía.

En aplicaciones de limitación en las que queramos evitar daño a un equipo de sonido, en la medida que el tiempo de ataque sea mayor (más lento) estamos corriendo más riesgo de presentarle demasiada señal al equipo durante ese periodo tiempo.

- Tiempo de relajación (*release time*). Es el inverso del tiempo de ataque, es decir, el tiempo que se tarda en pasar del estado procesado (atenuado) al estado donde se deja pasar la señal sin alteración de nivel (tal y como entró). En general, el tiempo debe ser lo más corto posible sin llegar a producir un efecto de "bombeo" (en inglés, *pumping*), causado por los ciclos de activación y desactivación de la compresión. Estos ciclos hacen que la señal predominante (normalmente el bombo y los bajos) "module" también el ruido de fondo, produciendo un efecto de "respiración" (*breathing*).
- Relación de compresión. Este parámetro especifica la cantidad de compresión (atenuación) que se aplica a la señal. Normalmente oscila entre 1:1 (se lee uno a uno, y representa la ganancia unitaria, o sea, como un cable) y 40:1. Las relaciones están expresadas en decibel, así que una relación de, por ejemplo, 6:1, quiere decir que una señal que exceda el umbral en 6 dB se reducirá a 1 dB por encima del umbral, mientras que una señal que exceda el umbral en 18 dB se reducirá a 3 dB por encima de éste.

A partir de 20:1 ya se considera que el compresor funciona como limitador, aunque en teoría un limitador tendría una relación de infinito:1 (cualquier nivel de entrada se vería limitado a un nivel máximo que es el umbral).

A Continuación se muestran los niveles de una señal comprimida y sin comprimir para diversas relaciones de compresión desde menos compresión hasta compresión máxima (limitación). Las relaciones son 3:1, 1.5:1 e infinito:1

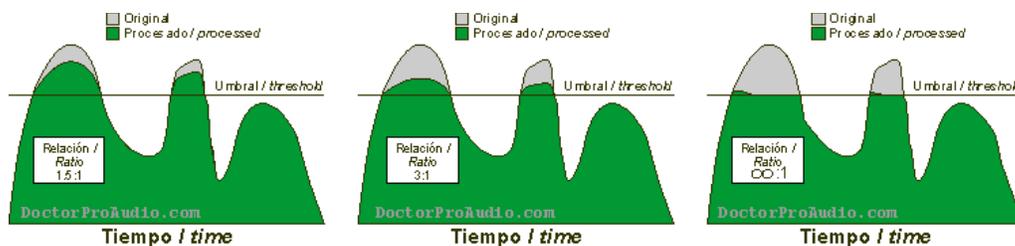


Grafico 2.44 Señal comprimida/tiempo de ataque

Una manera más técnica de mostrar la compresión es a través de un gráfico de salida contra entrada. Encontraremos este tipo de gráfico en el manual del usuario de nuestro aparato. La línea recta a 45 grados representa la ausencia de procesamiento de dinámica, es decir, como un cable (sin pérdida). Por encima del umbral (que hemos situado arbitrariamente en 0 dB), la línea recta se desvía y forma otra recta cuya pendiente es tanto menor cuanto mayor sea la relación de compresión. La línea de relación infinito:1 muestra una pendiente cero, puesto que estamos forzando la salida al nivel umbral, sea cual sea el nivel de entrada.

En el gráfico se tiene un ejemplo (línea gris punteada) de cómo un nivel de entrada de +10 dB se convierte en +5 dB (5 dBs menos) a la salida con una relación de 2:1.

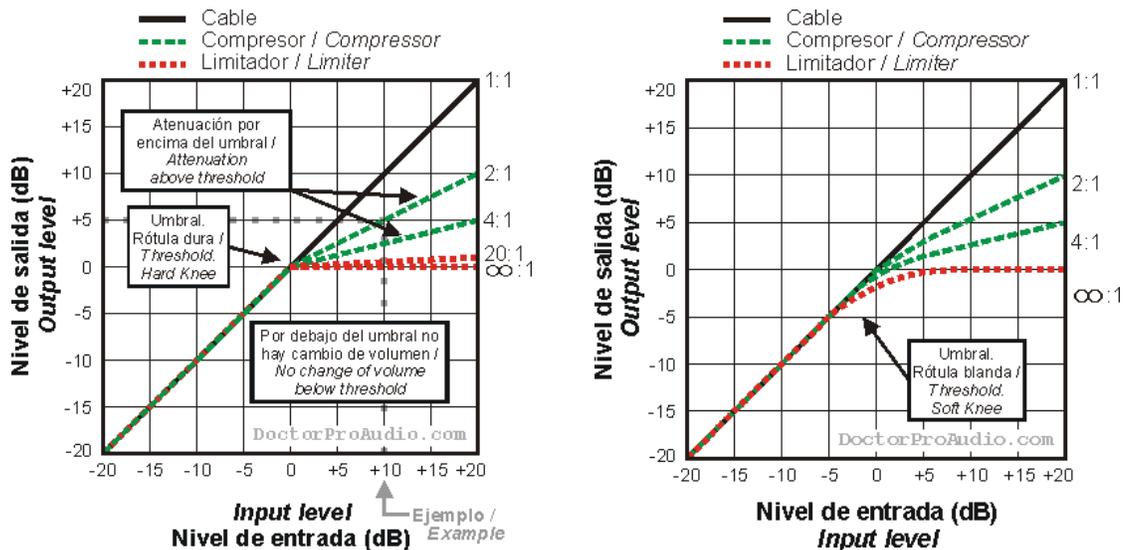


Gráfico 2.44 Compresor Limitador

- Rótula (*knee*). Regula la transición entre el estado procesado y sin procesar. En un compresor, puede existir la opción entre una transición "blanda" (*soft knee*) y una más brusca (*hard knee*). A veces existe un control que nos permite ajustar cualquier posición entre ambas.
- Enlace estéreo (*stereo link*). Con los procesadores dinámicos en general, cuando se usan para procesar una señal de dos canales se hace necesario enlazar la acción de compresión en ambos canales para que suceda en ambos a la vez. De lo contrario, la imagen sonora será confusa y cambiante desde el centro hacia a un lado y hacia el otro.
- Ganancia de salida. Puesto que la compresión introduce atenuación, ésta se compensa subiendo el volumen de salida. Por otra parte, puesto que el compresor reduce la dinámica de una señal, podemos subir el nivel de salida para aprovechar mejor el rango dinámico de los dispositivos a los que hemos conectado el compresor, aunque lógicamente esto supone que también elevamos el volumen del ruido de fondo que pueda haber en

nuestra señal. Por ello a menudo se usan compresores en combinación con puertas de ruido.

- Automático. Cada vez es más común que exista la posibilidad de controlar alguno de los parámetros listados (normalmente los tiempos de ataque y relajación) de forma automática en función de las características de la señal. Este control activa o desactiva esa opción. En general, el modo automático suele funcionar bien cuando se busca una compresión sutil, mientras que para efectos especiales se utilizaría el modo manual.
- Desactivación (*bypass*). Permite comparar la señal original y la comprimida.

2.7 CABLES Y CONECTORES

En un sistema de sonorización, el cable es el principal medio de transporte de la señal de audio desde que esta se origina en una guitarra eléctrica o en un micrófono hasta que es reproducida por los altavoces. A través de los conectores, el cable conecta dos extremos, el elemento que genera la señal eléctrica de audio y el dispositivo que la recibe. Aparte de transformar las señales de audio a diversos sitios, ya que su mala elección o su mal estado puede deteriorar la señal y generar ruido, por lo que se hace necesario conocer los diversos tipos de cables y conectores que se pueden encontrar en cualquier sistema de sonido y las características intrínsecas de cada uno de ellos para hacer un buen uso de ellos.

2.7.1 CABLE PARA MICRÓFONO

El cable microfónico se compone de dos conductores internos trenzados por donde circula la señal de audio rodeados por un blindaje o apantallamiento.

Para la conexión de la señal de audio en bajo nivel de un programa estereofónico se utiliza cable apantallado paralelo. Cada uno de los dos conductores transporta la señal de audio del canal izquierdo o derecho y esta rodeado por su respectivo apantallamiento.

Para la conexión de altavoces en líneas de alta impedancia (70 ó 100 Volts) se utilizara cable trenzado de secciones de 0.75, 1,5 ó 2,5 mm² o superiores.

No se utilizarán colores como los normalizados para los conductores de energía eléctrica como son marrón, negro, gris , azul claro o verde/amarillo.

Su aislamiento será de 400/750 V además de no ser propagador de llama, incendio y de baja emisión de halógenos.

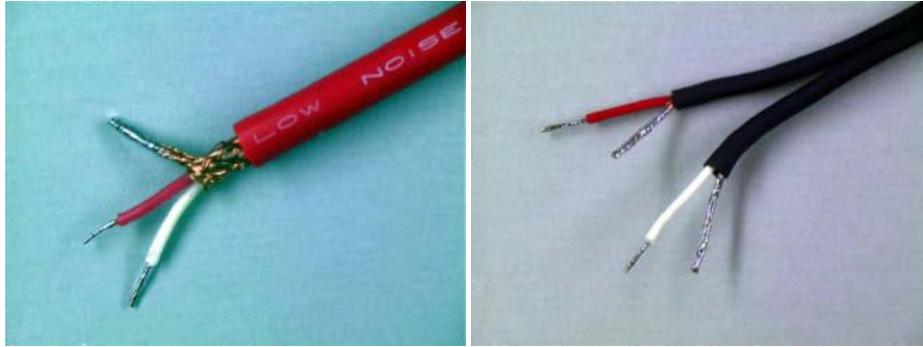


Grafico 2.45 CABLE MICROFÓNICO, CABLE SE SEÑAL AUDIOSTEREO

2.7.2 TIPOS DE CONECTORES

Los conectores son elementos que disponen de una puntas metálicas (pins) con envolturas que pueden ser metálicas o plásticas, que pasan señal eléctrica de cualquier tipo de un dispositivo al cable y viceversa.

Al igual que los cables, los conectores se pueden clasificar según el tipo de señal que pasa a través de ellos:

2.7.2.1 Conectores simples de corriente

- Clavija europea: conector de alimentación, bipolar, con dos puntas de conexión cilíndricas de uso típico en Europa.



Grafico 2.46

- Conector schucko: conector tripolar compatible con la clavija europea. Dispone de dos puntas de conexión cilíndricas y una toma de tierra situada en los laterales.



Grafico 2.47

- Clavija Americana: clavija con dos puntas de conexión de forma plana. La clavija esta polarizada, siendo la para de mayor tamaño el neutro. Existen otro modelo con una tercera punta de conexión cilíndrica para la toma de tierra.



Grafico 2.48

2.7.2.2 Conectores simples de alto nivel en audio

- Conector tipo PIN: conector de forma circular de uso común en las cajas de audio de consumo por su bajo coste.



Grafico 2.49

- Conector SPADE: conector en forma de herradura que se instala normalmente con un tornillo en el centro que a su vez hace las veces de contacto. Bastante fiable.



Grafico 2.50

- Conector Borna o banana: conector de perno con un corte central en forma de cruz o con un muelle para provocar la expresión del conector y con ello un correcto contacto. Se utiliza en cajas acústicas de estudio y en dispositivos HI-FI en las que la potencia va a ser muy elevada.



Grafico 2.51

- Speakon: tiene forma cilíndrica y su conexión se hace por giro de la parte aérea. Según el modelo, permite la conexión tetrapolar u octapolar, según el caso. Su uso está extendido en cajas de sonido para directo.



Grafico 2.52

2.7.2.3 Conectores simples de bajo nivel en audio

- RCA o CINCH: son usados para identificar la salida de audio en bajo nivel de los equipos de audio. Generalmente la salida de grabación o de línea correspondiente a niveles de 500 a 1000 mV de señal de audio está realizada con este tipo de conector. Hay un conector por cada canal, es decir uno para el canal izquierdo y otro para el canal derecho. A cada uno de ellos se conecta su hilo activo (vivo) y su pantalla.

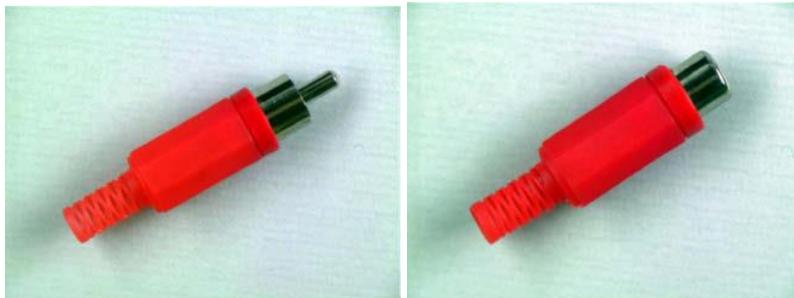


Grafico 2.53

- Conectores JACK: se utilizan generalmente para la conexión de auriculares aunque los podemos encontrar de forma menos frecuente para la conexión de micrófonos. El Jack monofónico lo incorporan los micrófonos no balanceados y el jack estéreo los micrófonos balanceados.



Grafico 2.54

- El conector DIN de 5 pines: se utiliza para la conexión de salidas/entradas de señal de audio en bajo nivel. En concreto para la conexión de nuestras centrales de estos cinco pines los que debemos conectar son los pines numerados como 2, 5 y 3 siendo respectivamente masa, y los otros dos los canales izquierdo y derecho del programa estereofónico.



Grafico 2.55 Detalle de conexiones 5 pines

- Conector XLR o CANNON: es utilizado por su robustez y fiabilidad en conexiones de audio. En instalaciones de megafonía suelen ser los micrófonos quienes incorporan este tipo de conector aunque se pueden ver en otros tipos de dispositivos como ecualizadores u otros aparatos. En el caso de micrófonos balanceados los tres pines de conexión corresponden a la pantalla y a las dos señales.

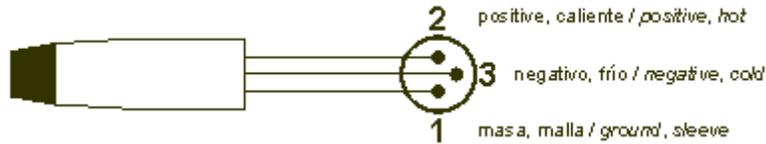
Los pines de estos conectores están numerados como 1, 2 y 3. Siendo el pin nº 1 la conexión de masa, el pin nº 2 la señal de audio en fase y el pin nº 3 corresponde a la señal de audio en desfase.



Grafico 2.56 XLR

2.7.2.4 Configuración de conectores

XLR-3 o CANNON



TRS o PLUG

Se le denomina en inglés *TRS*, [*tip-ring-sleeve*, (punta-anillo-malla)].



RCA

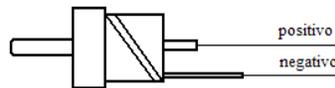


Grafico 2.57

2.7.3 FORMAS DE TRANSPORTE DE SEÑALES DE AUDIO

2.7.3.1 Desbalanceada

La señal se lleva a través de un cable de dos conductores. Los conectores de señal no-balanceada tienen dos pines, como el RCA (también llamado *Phono* y *Cinch*, utilizado habitualmente por los equipos domésticos de alta fidelidad) y el 1/4" no balanceado (usado en los instrumentos musicales y audio semi-profesional). Las conexiones no-balanceadas son muy simples, y se usan habitualmente y sin problemas para la conexión de muchos instrumentos musicales. La razón por la que este tipo de conexiones no son consideradas "profesionales" es que son muy susceptibles de contaminarse por interferencia electro-magnética, particularmente cuando las distancia de cable son largas.

2.7.3.2 Balanceada

La señal se lleva dos veces, una de ellas con la polaridad invertida. A esto se le conoce el balanceado de una señal. Para llevar una señal balanceada necesitaremos conectores de tres pines y cable de tres conductores, uno de los cuales es la pantalla del cable. Las interferencias electro-magnéticas que no

rechace el apantallamiento del cable, afectarán lo mismo a los dos cables que llevan la señal. La entrada del dispositivo al que llevamos la señal realiza lo que se conoce como desbalanceado, que consiste en sumar las dos señales que le llegan tras invertir una de ellas.

La siguiente ilustración explica de forma gráfica el balanceado: el dispositivo de salida produce dos copias de la misma señal una de la cuales está invertida; si existe interferencia se produce de igual manera en las dos señales que se transportan por el cable; en el dispositivo de destino las señales se invierten y se suman, cancelándose la interferencia.

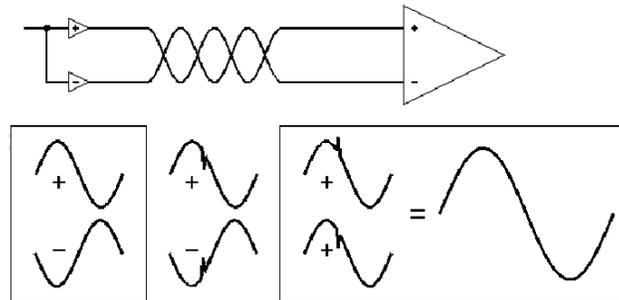


Grafico 2.58 Señal balanceada

2.7.3.3 Mezclando sistemas balanceados y desbalanceados

Puesto que es habitual que incluso las instalaciones profesionales utilicen fuentes de sonido no-balanceadas es necesario seguir unos procedimientos que minimicen la posibilidad de ruidos. Y para ello podemos recurrir a dispositivos disponibles comercialmente que convierten las salidas desbalanceadas de alta impedancia y -10 dBV (lo habitual en aparatos no profesionales) a salidas balanceadas de +4 dBV y baja impedancia (lo habitual en uso profesional), o bien las entradas no balanceadas en balanceadas. Estos adaptadores se deberán colocar lo más cerca posible de los dispositivos desbalanceados.

Para las conexiones que realicemos sin este tipo de adaptador, la conexión recomendada de una salida desbalanceada a una entrada balanceada se ilustra en el gráfico. Nótese que el negativo y la malla (que no se conecta a la entrada) se unen.

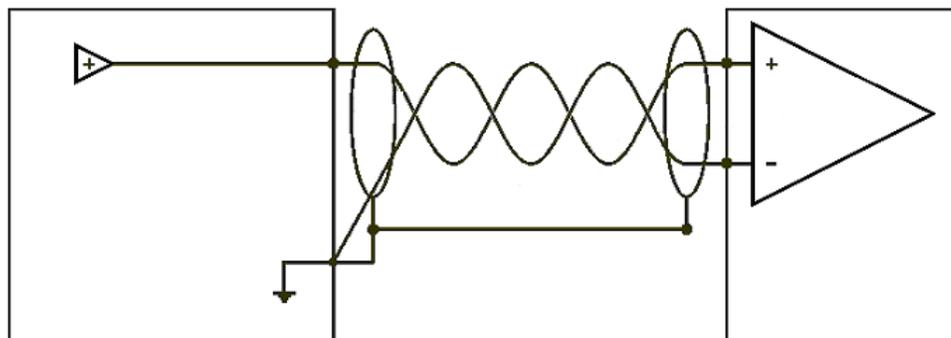


Grafico 2.59 Sistema balanceado

2.7.3.4 Conexiones a entradas balanceadas

Balanceado ha balanceado



XLR balanceado a XLR balanceado



XLR balanceado a TRS balanceado



TRS balanceado a TRS balanceado

Desbalanceado ha balanceado



XLR desbalanceado a XLR balanceado



XLR desbalanceado a TRS balanceado



TRS desbalanceado a XLR balanceado



TRS desbalanceado a TRS balanceado



RCA a XLR balanceado



RCA a TRS balanceado

CAPITULO 3

FACTORES A EVALUAR PARA LA SONORIZACIÓN



CAPITULO 3 FACTORES A EVALUAR PARA LA SONORIZACIÓN

La sonorización profesional de cualquier tipo de evento, no consiste únicamente en instalar un buen equipo con una gran potencia acústica y esperar a que el técnico de sonido, con su “saber hacer” consiga unos resultados óptimos de calidad.

Lo ideal es realiza un diseño adecuado del sistema de sonorización, teniendo en cuenta una serie de consideraciones previas ya que puede que en la posición que ocupa el técnico se obtengan esos resultados deseados, pero seguro que no en el resto de la audiencia los resultados no serán los mismos.

3.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS.

Sabemos que en los espacios exteriores así como lo es en el caso del estadio, la reverberación es menor o casi insignificante, por lo que es un tanto diferente proyectar la instalación de equipo sonoro que en grandes espacios en interiores.

Aquí hay algunos de los principales puntos que se tomaron en cuenta para el estadio

- La atenuación del sonido debido a la distancia donde el resultado varía en - 6 dBSPL al duplicar la distancia y +3 dBSPL al duplicar la potencia.
- Si la distancia a cubrir es bastante grande, es necesario considerar las atenuaciones de las frecuencias más altas debido al ambiente.
- El viento reflejará el sonido hacia arriba cuando sople en contra, y hacia abajo cuando sople a favor de la dirección del sonido (Grafico 3.1), habrá que tomar en cuenta los vientos dominantes en la región al situar y orientar los altavoces.

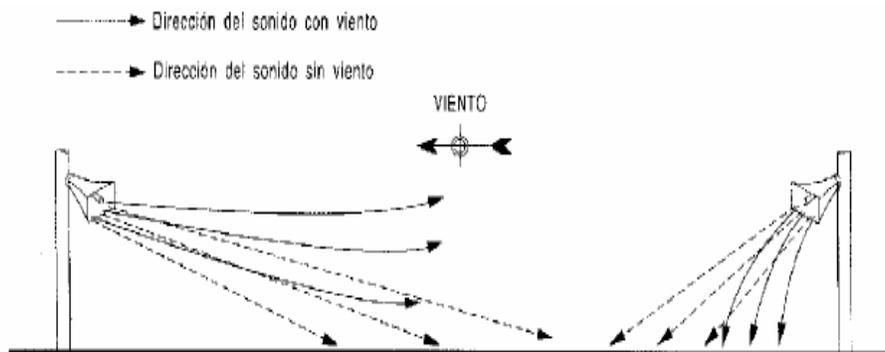


Grafico 3.1 Efecto del sonido provocado por el viento.

3.2 PLANIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE SONORIZACIÓN.

Siempre es importante tener una buena organización y pasos a seguir, aquí hay algunos de los puntos que se tomaron en cuenta para el diseño de sonorización en el estado:

- Determinación de requerimientos, para el diseño de sonorización exterior.
- Establecer o identificar la zona a sonorizarse, obteniendo el respectivo plano de dicho lugar.
- Verificar que no existan problemas de reverberación (zonas exteriores muy pequeñas, con paredes altas de delimitación, zonas con árboles, etc.).
- Determinar el nivel de presión acústica.
- Hallar la superficie de la zona en cuestión, considerando las medidas de la zona.
- Determinar el tipo de arreglo de altavoces (tradicional o lineal), para cubrir la zona, realizando respectivos cálculos.
- Determinar la potencia necesaria para alimentar los altavoces.
- Establecer el camino óptimo para la conexión con la cabina master, en los planos previamente obtenidos, indicando además los instrumentos necesarios para la instalación (tubería, mano de obra civil, entre otros).

3.3 EL GÉNERO A SONORIZAR

Rock, término que agrupa de un modo general el conjunto de corrientes musicales que surgieron a mediados del siglo XX y de la época contemporánea. Suele interpretarse, entre otros muchos instrumentos que ocasionalmente se adicionan, con guitarra, batería, bajo y ocasionalmente, instrumentos de teclado como el órgano, el piano, o los sintetizadores.

Cada uno de sus subgéneros pueden mezclarse sutilmente entre si y pueden además recoger elementos de cada una de sus sub-ideologías, lo que hace al rock una cultura variada, rica en pensamientos así como en sus sonidos.

Este movimiento implica actitud, compromiso y radicalidad, lo que lo hace más que una simple opinión, un estilo de vida, una razón. La entonación sucia, cargada de emoción, se realiza en el canto y la interpretación instrumental con apoyaturas, vibratos, trémolos, portamentos, pausas y ruido.

Los instrumentos melódicos varían, adornan y juegan con la melodía, improvisando en función de la tesitura, estilo y temperamento de la voz del cantante, con lo que se produce heterofonía y polifonía aparente.

El rock es irregular, porque puede ir desde una canción lenta y tranquila, como por ejemplo una balada, hasta una rápida y intensa.

3.4 ESPACIO ACÚSTICO

3.4.1 ESTADIO WILFRIDO MASSIEU

El **Estadio Wilfrido Massieu** es un recinto deportivo del Instituto Politécnico Nacional inaugurado en 1959, con capacidad para 15,000 espectadores, ubicado al norte de la Ciudad de México, dentro de la Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Zacatenco. El estadio fue casa de los equipos de fútbol americano representativos de la institución: los Burros Blancos y las Águilas Blancas hasta el año 2000 cuando fue vetado para realizar eventos de dicho deporte debido a fallas estructurales. Sin embargo, el estadio está disponible para la realización de otros eventos deportivos y culturales.

3.4.2 DIMENSIONES DEL ESPACIO ACÚSTICO

Nos damos cuenta que uno de los puntos más importantes para poder comenzar con nuestro diseño de sonorización es el conocer las dimensiones y formas de recinto. El estadio Wilfrido Massieu no es una estructura muy compleja en cuanto a su forma, ya que esta solo cuenta con 2 gradas, una en cada lateral, las cuales solo constan de un nivel cada una, y al no contar con ningún muro de gran tamaño podemos decir que nuestra sonorización es al aire libre.



Grafico 3.2 Estadio Wilfrido Massieu

El estadio Wilfrido Massieu tiene un aproximado de 28,900m² de área, entre la zona de juego y gradas, esto sin tomar en cuenta las zonas de entrenamiento,

entradas, salidas y estacionamiento. Pero más adelante veremos las aéreas en donde nos proponemos sonorizar.

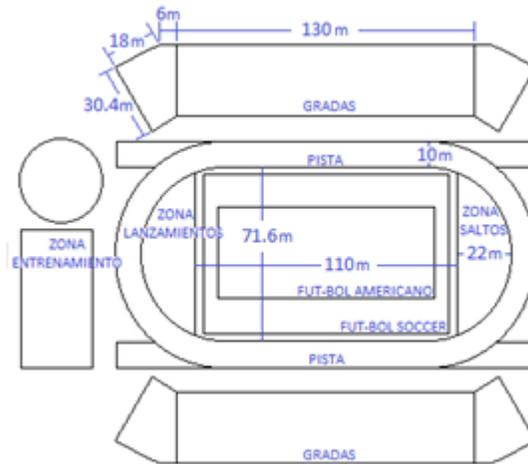


Grafico 3.3 Dimensiones del estadio Wilfrido Massieu

3.4.3 ESPACIOS A SONORIZAR DEL ESTADIO

Como vemos, tenemos un recinto con grandes dimensiones, es por eso que es importante ver que aéreas son las que deseamos sonorizar. Para esto se tomaron varios factores entre los que destacaron las condiciones del recinto, ya que este tiene problemas en su diseño y construcción de sus gradas, las cuales no soportan al público para el cual fue pensando, por lo tanto, aunque las gradas serán sonorizadas estas no serán nuestra principal área a sonorizar y quedara como una área secundaria para evitar que esta sufra más daños. Otro factor importante que se tomo en cuenta fue el género musical, ya que hablamos de un género en el cual la mayoría del público es joven y este acostumbra estar brincando, moviéndose o bailando al ritmo de la música, es por eso que nuestra principal are a sonorizar es el campo de fut-bol soccer, la cual tiene más capacidad de gente y menos riesgo de sufrir daño.

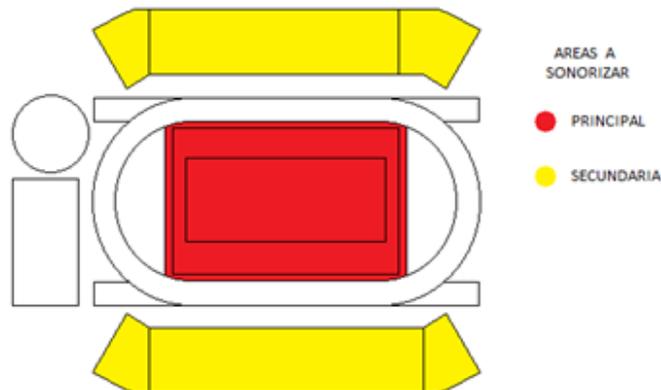


Grafico 3.4 Áreas a sonorizar

3.4.4 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL ESPACIO

Es importante visitar el estadio antes de proponer un sistema de audio para dar una evaluación del local, a fin de establecer los parámetros previos para el análisis del ruido existente en el lugar, para este se utilizó un sonómetro en ponderación A, ya que no se va hacer ningún cálculo con estas mediciones, solo se quiere saber qué tan intenso es el ruido para poder concluir si nos puede afectar con nuestra sonorización. Aquí tenemos los puntos en donde se realizaron las mediciones

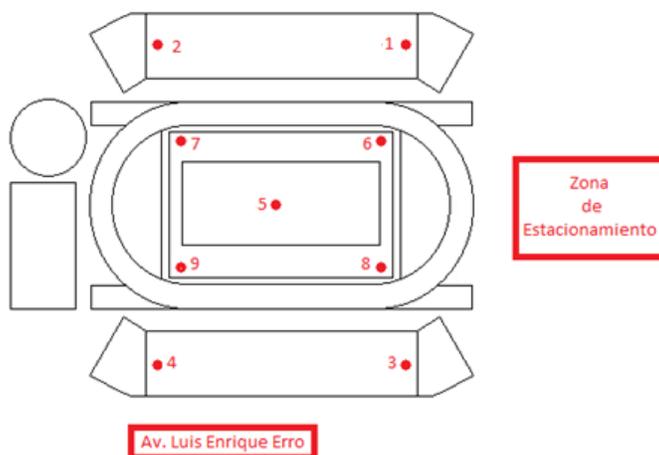


Grafico 3.5 Puntos de medición

Se realizaron dos mediciones al recinto, una cuando el ambiente estaba muy tranquilo (sin carros y personas) la cual la mencionamos como las condiciones mínimas, y buscamos el momento en que en el estadio hubiera la mayor cantidad de ruido, provocado por el tráfico y la cantidad de gente, el cual decimos que son las condiciones extremas.

Tabla 3.1 Resultados de las mediciones

Puntos	Nivel de presión acústica	
	Condiciones mínimas	Condiciones extremas
1	64.2	74.5
2	68.6	76.8
3	59.5	63.4
4	56.8	61.2
5	52.2	67.9

6	61.3	70.8
7	62.8	64.9
8	60.4	64.5
9	58.5	61.1

Podemos ver que el ruido va de los 52.2dB hasta los 76.8dB por lo tanto hay que buscar un nivel de presión acústica en nuestra sonorización que pueda enmascarar el ruido máximo sin problemas

3.4.5 NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA

Ya que se realizará un evento en donde la mayor parte de los escuchas que asistirán son jóvenes, el sonido en el estadio deberá tener una intensidad elevada, ya que es un recinto abierto y a la audiencia de jóvenes es lo que les agrada, por supuesto, con la evaluación y diseño que respete los rangos permisibles que tiene el ser humano para que el oído no sea dañado, pero que a su vez sea disfrutado por el público y cumpla las expectativas de una buena calidad de audio.

Nosotros proponemos trabajar con un nivel de intensidad acústica de 110dB en promedio, esto para no dañar el oído de nuestra audiencia, aunque nuestro equipo sonoro podrá llegar a niveles más altos en caso de que así lo exija el evento.

3.5 ESCENARIO

3.5.1 UBICACIÓN DEL ESCENARIO EN EL RECINTO

Para darle una buena ubicación al escenario se tomaron en cuenta varios factores, como los fueron: el espacio del recinto, el público, el traslado e instalación del equipo, la entrada de los tráileres, las salidas de emergencia, etc. Pero el factor más importante fue el buscar un punto en donde al instalar el sistema sonoro pueda emitir las ondas sonoras sin algún obstáculo en su trayectoria llegando a todas las aéreas a sonorizar.

Se propuso instalar el escenario en el la zona de saltos, muy cerca de las zonas de entrenamiento, esto para dejar libre toda la cancha de fut-bol soccer para el público, en la cual calculamos que puedan estar un aproximado de 25,000 a 30,000 personas. Además tenemos una muy corta distancia para el traslado del equipo del escenario a los tráileres, los cuales se pretenden estacionar en las

zonas de entrenamiento. Por último punto se pensó en las salidas de emergencias las cuales no fueran bloqueadas en caso de algún desastre.

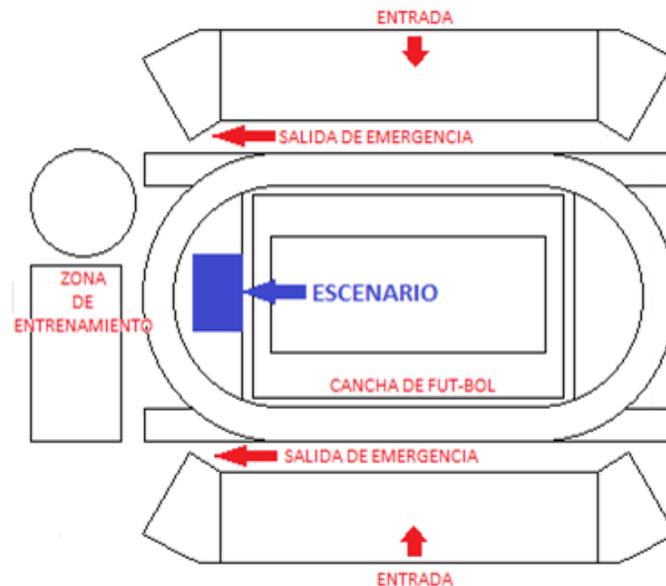


Grafico 3.6 Ubicación de escenario

3.5.2 MEDIDAS DEL ESCENARIO

Es algo complicado el dar las dimensiones a un escenario ya que no existe alguna fuente que nos indique cuales deberían de ser las medidas de un escenario para un concierto de rock en un estadio, ni mucho menos existen fórmulas o cálculos que nos puedan ayudar para esta situación. Las dimensiones de los escenarios son decisiones personales según la experiencia de cada individuo.

Para decidir cuáles eran las medidas adecuadas del escenario básicamente se pensó en los músicos, los cuales pudieran tener la comodidad y sobre todo el espacio suficiente, ya que se trata de un concierto de rock en el cual los músicos tienden a estar en continuo movimiento. Pensando que el número de integrantes de una banda de rock va de 4 hasta 15 músicos como máximo, proponemos un escenario de 20 X 12 metros, los cuales son suficientes para lograr esa comodidad de los músicos y espacio suficiente para el equipo, tanto de los músicos como el del escenario.

En cuanto a la altura del escenario se decidió que fuera de 1.6 metros, medida la cual consideramos que es adecuada, ya que es una gran área la que hay que sonorizar, y con esto tratamos que la última persona del público pueda alcanzar a ver pero también que la altura no afecte la vista de la persona que se encuentra al principio

Por último y pensando en el baterista que es quien menos se ve, ya que este toca su instrumento sentado, se planeó levantar una plataforma arriba del escenario de 3X4 metros y 0.5 metros de alto

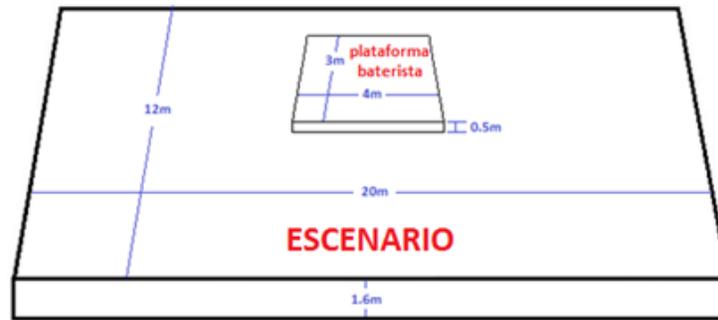


Grafico 3.7 Dimensiones del escenario

3.5.3 DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO DE AUDIO EN EL ESCENARIO

Importante marca como se van a distribuir los componentes en el escenario, esto para llevar un mejor control y aunque sabemos que los músicos van a pedir reacomodar algunas cosas, ellos se tendrán que acoplar a la distribución que propuesta.

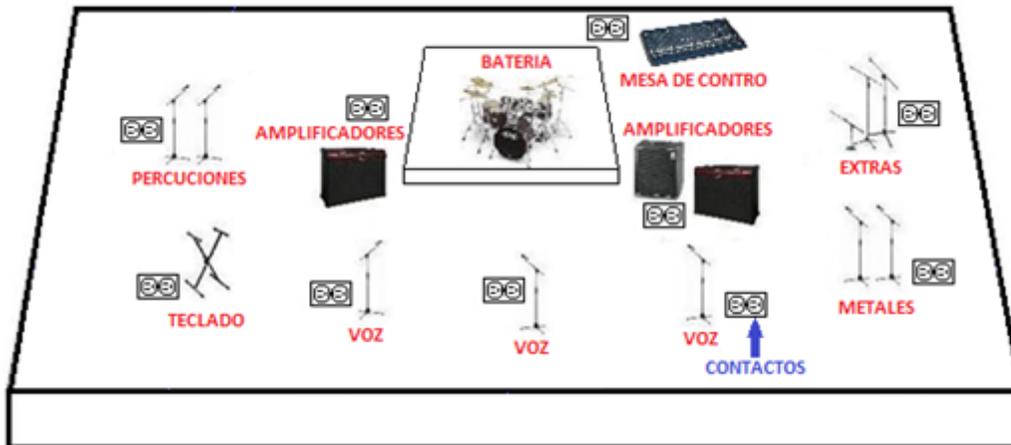


Grafico 3.8 Distribución en el escenario

3.5.4 UBICACIÓN DEL PÚBLICO EN EL RECINTO

Es importante limitar el número de personas o espectador que podrán asistir al evento, como ya lo mencionamos el estadio tiene capacidad para 15 personas en sus gradas, pero sabemos que este estadio tiene problemas en su arquitectura así que en las gradas solo podrán permanecer un aproximado de 8,000 personas que es casi la mitad de su capacidad total, por lo tanto se limitaran algunas zonas de las gradas las cuales podemos observar en el grafico 3.9

Como ya se ha mencionado por la dinámica del evento esperamos una audiencia en su mayoría de jóvenes, a los cuales les gusta estar bailando

brincando o hasta estar empujando, en fin estar parados por lo tanto la mayor carga de espectadores la tendremos en la zona principal a sonorizar, que es la cancha de juego, en la cual podrán permanecer un aproximado de 20,000 espectadores.

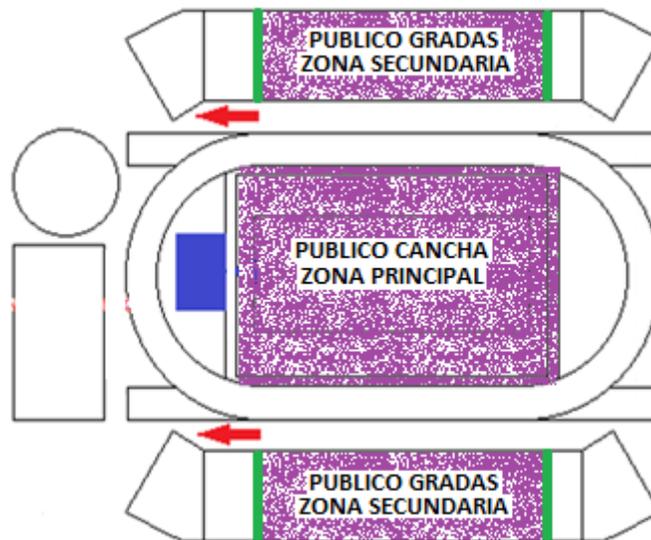


Grafico 3.9 ubicación del publico

3.6 SISTEMA DE MONITOREO PARA LOS MÚSICOS

Este es un sistema muy importante ya que no solo es una guía para los músicos, ya que ellos también esperan y necesitan, sentir placer en el momento de estar tocando o cantando, para poder transmitir algo a la audiencia Y es por eso que buscaremos darle un monitoreo individual a cada músico, aunque esta no es una tarea fácil.

Hay que tomar en cuenta cada músico requiere un monitoreo diferente, hay músicos que se guían mejor con un instrumento que con otro o tienen muy cerca a otro músico y ya lo escuchan perfectamente, hay que ver qué es lo que necesita cada músico.

Se pondrá una meza de control para el escenario para que así se pueda lograr el monitoreo de cada músico, proponemos una mezcladora Yamaha DM2000VCM. Y como gabinete proponemos Meyer UM-1 que es uno de los más utilizados.



Grafico 3.10 Meyer UM-1

La distancia del gabinete y el músico es muy importante, la cual debe de ser una distancia relativamente corta para que el músico pueda escuchar sin problemas.

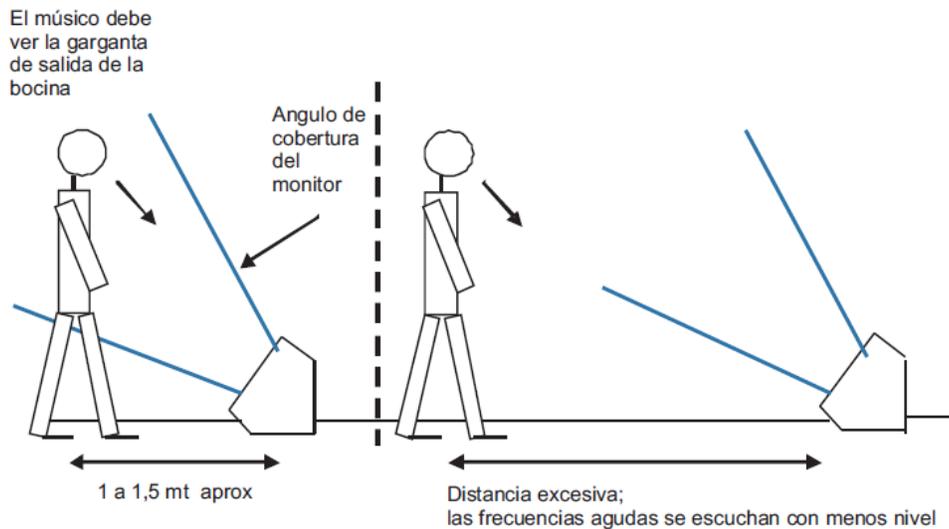


Grafico 3.11 Distancia del gabinete

3.7 TÉCNICAS DE MICRÓFONEO

Hay que tener presente que para una sonorización en vivo, el equipo técnico primordial sobre el escenario, son los micrófonos. Así que se debe planear perfectamente su colocación con respecto a cada uno de los instrumentos que se van a utilizar.

La ventaja aquí, es que algunos instrumentos como el teclado y el bajo eléctrico no necesitarán de un micrófono, ya que estos se nombran “instrumentos de línea”, en vivo no se acostumbra enviarlos de esa forma a la consola por medio de “cajas directas”.

Algunas sugerencias para microfonear instrumentos son:

- Tratar de obtener un sonido fuente (instrumento, voz o amplificador) que suene acústicamente bien antes de colocar el micrófono.
- Usar un micrófono con una respuesta de frecuencia que sea adecuada al rango de frecuencia del instrumento, o si es posible, que elimine las frecuencias por abajo de la fundamental más baja del instrumento.
- Para determinar una buena posición del micrófono, hay que tapar uno de nuestros oídos con el dedo, escuchar la fuente de sonido con el otro oído, y moverlo hasta encontrar un punto en el que se escuche perfectamente, entonces se colocará el micrófono ahí. Sin embargo, esto puede no ser práctico para micrófonos colocados cerca de fuentes demasiado ruidosas.
- Al acercar un micrófono a una fuente de sonido, el ruido más fuerte de la fuente es comparado con las reflexiones y el ruido ambiental.

- Colocar el micrófono solamente tan cerca como sea necesario. Una colocación demasiado cerca puede colorear la calidad sonora del instrumento (timbre), recogiendo solo una parte del instrumento.
- Evitar poner los micrófonos cerca de superficies reflectoras.
- Cuando se utilizan múltiples micrófonos, la distancia entre los micrófonos deberían de ser por lo menos tres veces la distancia de cada micrófono de su fuente de sonido. Esto ayudará a eliminar cancelaciones de fase.
- Para reducir la retroalimentación y para no recoger ruidos indeseados:
 1. Acercar el micrófono tan cerca como se pueda a la fuente de sonido
 2. Colocar el micrófono tan lejos como se pueda de sonidos indeseables como los altavoces y otros instrumentos.
 3. Apuntar el micrófono unidireccional hacia la fuente de sonido deseado (en eje).
 4. Apuntar el micrófono unidireccional lejos de fuentes de sonido indeseadas.
 5. Usar el mínimo número de micrófonos.

Hay diversidad de marcas y modelos de micrófonos que prometen la mejor calidad de audio al sonorizar o grabar; pero como ingeniero en acústica, se tendrá el criterio para elegir al mejor, conociendo sus características físicas y técnicas; y así, se escogerá el mejor equipo para que la calidad de sonido sea buena.

3.7.1 INSTRUMENTOS MUSICALES Y FRECUENCIAS

El género a sonorizar como ya se ha mencionado es **“rock”**, en la siguiente tabla se muestran los instrumentos musicales que usualmente se utilizan dentro de este género, y se agregarán algunos que no son muy utilizados pero que varias bandas de rock utilizan en la actualidad.

Tabla 3.2 Instrumentos utilizados para el género rock

Instrumentos Básicos	Instrumentos extras
Guitarra eléctrica	Teclado o sintetizador
Bajo eléctrico	Armónica
Batería	Contrabajo
Voz	Violín
	Metales
	Instrumentos de viento

Para la elección del micrófono hay que tener presentes las bandas de frecuencias de cada instrumento. Esto no sólo es debido a la respuesta en frecuencia del micrófono, sino también al efecto de proximidad del mismo. En el siguiente gráfico se muestran las frecuencias de los instrumentos

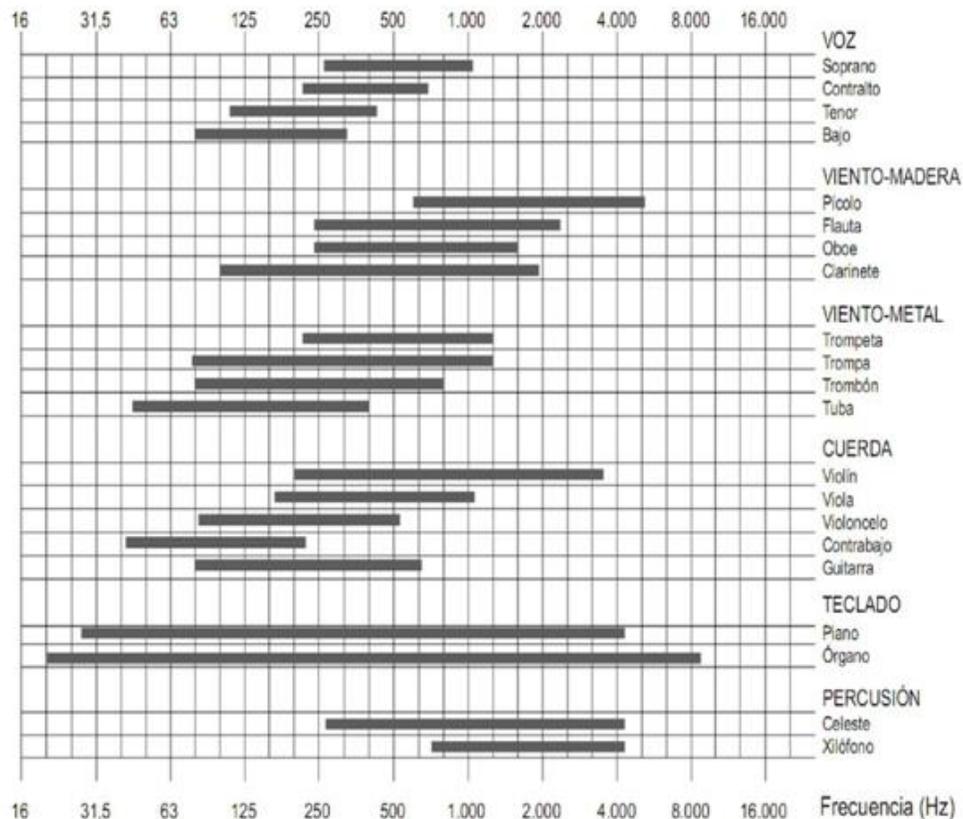


Gráfico 3.12 banda de frecuencia de los instrumentos

En dicha imagen se muestra en forma muy sencilla de qué frecuencia a qué frecuencia puede ejecutar cada instrumento. Sin embargo, la composición armónica no necesariamente será tan acotada. Por el contrario, tendremos la presencia de armónicos superiores e inferiores y es por eso que en la mayoría de los instrumentos buscaremos micrófonos con mayores anchos de banda, y sensibilidades aceptables

3.7.2 ELECCIÓN Y COLOCACIÓN DE MICRÓFONOS

Para hacer este procedimiento es necesario conocer las especificaciones técnicas del micrófono para cubrir con las necesidades que requiere el instrumento.

3.7.2.1. Micrófono para Voz

El micrófono para vocales regularmente debe ser de condensador, ya que son los más prácticos para la presión sonora que emerge de la voz, aunque también se utilizan los de tipo dinámico, y también debe de ser de patrón polar supercardioide, debido a que éste podrá captar perfectamente al cantante, aún así cuando se encuentre en pleno movimiento. Respecto a su rango de frecuencia, los micrófonos que normalmente se ocupan para voz se encuentran de los 20 Hz a 20 KHz, debido a la variación de graves y agudos que surge en cada vocalista.

Con estas características técnicas que cumpla el micrófono, no importando la marca, será suficiente para captar una buena señal; lo que su colocación complementará que haya buena calidad de sonido.

Para obtener esa calidad de audio, el micrófono se posicionará aproximadamente a 20 cm. de separación con los labios del vocalista en una dirección perpendicular.

Buenas opciones de micrófono son el Sm58 y beta 87 de la Shure, el e935 de Sennheise o el KMS105 de Neumann

3.7.2.2. Micrófono para Amplificador de Guitarra

Para captar el sonido de un amplificador, basta hacerlo con un micrófono dinámico, que es muy utilizado para percibir las bajas frecuencias; será suficiente captar sólo el sonido que emite el altavoz de la caja, el rango de frecuencia debe de estar dentro del intervalo de 20 Hz a 20 KHz, y el micrófono a utilizar debe de ser de patrón polar cardioide para que detecte todas las ondas sonoras que emite la caja; para la calidad de sonido debe de considerarse la distancia a la cual se conecte el transductor.

La posición y distancia a la cual se ponga el micrófono del amplificador, será lo que haga énfasis en la pronunciación de las bajas o altas frecuencias, la proximidad de ésta hará resaltar más los bajos, sin embargo, la lejanía del micrófono de la caja resaltarán más los altos. Esta distancia varía desde tocar la tela de la caja hasta los 30 cm. Para tener un sonido intermedio en las frecuencias, se colocara el transductor a 15 cm. en ángulo recto del amplificador.

Buenas opciones de micrófonos son el Beta 57 de Shure, el RE-20 de Electro-Voice ó incluso, un C-452 de AKG o incluso un AT-4041 de condensador de Audio-Technica .

3.7.2.3. Micrófonos para la Batería

Es uno de los instrumentos más difíciles de tomar, especialmente debido a la interacción de cada uno de los cuerpos y platillos en las tomas si es que se realiza un miqueo individual para cada uno de ellos. Igualmente, dependiendo de los estilos musicales, la cantidad de micrófonos y la complejidad puede variar. En esos casos, la toma deberá complementarse con una correcta alineación temporal de las señales grabadas.

3.7.2.3.1 Micrófono para la Tarola

Debido a que la tarola es un instrumento de percusión, el micrófono recomendado a utilizar será de tipo dinámico, ya que éste capta un alto nivel de presión acústica a poca distancia para un golpe fuerte de cierto tambor, o de condensador para lograr una amplitud mayor en altos y bajos; y deberá ser de patrón polar supercardioide o cardioide, ya que alrededor de ésta se encuentran más instrumentos de percusión y pueden contaminar su sonido. Debido a que éste instrumento no genera frecuencias tan altas, se necesitará un micrófono con un rango de frecuencia alrededor de 40 Hz a 16 KHz.

Respecto a su colocación, es recomendable direccionarlo al centro de ésta, a una distancia aproximada de 7 cm. evitando que el micrófono estorbe a la hora de que el baterista golpee el instrumento, quedando situado de forma inclinada hacia el parche del tambor.

Buenas opciones de micrófonos son el C418 y C414 de AKG; SM57 y Beta57 de Shure; MB5K de Audio-technica; entre otros.

3.7.2.3.2. Micrófono para los Toms

Se usa un principio similar al de la tarola, tomando en cuenta las mismas características técnicas.

Se procede a colocar un micrófono por cada Tom, cerca de los parches de cada uno de ellos, aproximadamente a 5 cm. para que no capte el sonido de los platillos o de los instrumentos cercanos a los toms, se pueden utilizar también micrófonos miniaturas que pueden montarse en cada tambor para reducir espacio que ocupan los pedestales que se utilizan en los demás instrumentos.

Buenas opciones de micrófonos son el 421 de Senheiser, C418 de AKG; 4021 y 4022 de DPA; SM57 de Shure; MB5K de Audio-technica; entre otros.

3.7.2.3.3. Micrófono para el Bombo

Este es el instrumento que tiene más alto nivel acústico y genera las frecuencias más graves dentro del conjunto de la batería, para percibir estas frecuencias será necesario utilizar un micrófono de tipo dinámico que es el más eficiente para captar las frecuencias bajas y también los impactos fuertes de presión sonora, debe de ser de patrón polar supercardioide y con un rango de frecuencia de 20 Hz a 15 KHz. Su posición varía respecto al sonido que se quiere tener, para alcanzar una calidad de tono con frecuencias bajas máximas, se coloca aproximadamente a 5cm. perpendicularmente del parche un poco desviado del eje central de éste.

También se recomienda utilizar un micrófono de superficie para que haya una mejor calidad al momento de grabar, éste deberá tener características técnicas similares al otro, para que produzca un tono natural, deberá colocarse

dentro del bombo con una superficie amortiguadora aproximadamente a 7 cm. de la maza.

Buenas opciones de micrófonos son el 421 de Senheiser, D112 de AKG; Beta52 de Shure; MB6K de Audio-technica.

3.7.2.3.4. Micrófono para los Platillos

Los platillos requieren micrófonos de condensador; con ellos la respuesta de frecuencias en agudos es mejor, con un patrón polar cardioide y un rango de frecuencia dentro del intervalo de 20 Hz a 20 KHz.

Los micrófonos para los platillos deben estar direccionados perpendicularmente, o en forma

xy a una separación de 30 cm. aproximadamente para obtener un sonido más natural.

Para los *contras* se requiere colocar un micrófono con características parecidas, pero a una distancia más corta, alrededor de los 10 cm.

Buenas opciones de micrófonos son el 4006 y 4041 de DPA; NT1 o NT2 de Rode; SM81 de Shure; AT4041, 4049 y 4051 de Audio-technica.

3.7.2.3.5 Micrófonos para hi-hat

La posición ideal depende del color que se desee buscar, pero nunca a la altura de la abertura, sino por encima, para evitar el flujo de aire cuando se cierra la pareja. Si se utilizan micrófonos omnidireccionales, deberán estar muy cerca, mientras que con micrófonos cardioides se pueden ubicar a 15cm de la campana. Hay quienes incluso apuntan hacia fuera de la pareja, mirando hacia fuera de la batería. Una buena técnica es lograr que el hi-hat funcione como pantalla del tambor, para hacerle sombra acústica en cada golpe y que su señal en el micrófono se vea considerablemente atenuada, por lo que la cápsula no deberá ver al tambor, especialmente en la posición de máxima sensibilidad de su patrón polar.

Buenas opciones de micrófonos son el 4007 de DPA; NT1000 de Rode; SM81 de Shure; AT4041, 4049 y 4051 de Audio-technica.

3.7.2.4 Micrófono para Violines y Violas

El violín por separado requiere un microfoneo diferente a una sección de cuerdas. Esto se debe a la conjunción de armónicos resultantes, lo que implica que para ensambles es mejor la toma por secciones en vez de tomar los instrumentos individualmente. Para ello se pueden utilizar micrófonos omnidireccionales.

En una toma de un violín individual, tendremos ruidos parásitos tanto del músico (movimiento, rozamientos y respiración) como de las partes propias del

instrumento y el arco. Esto implica que la toma cercana con micrófono omnidireccional puede ser algo sucia. Los timbres más ricos y redondos los tendremos en dirección hacia la caja; hacia las cuerdas, el sonido será más brillante y definido. Distancias del orden de los 40 a 60cm suelen dar muy buenos resultados. También suelen usarse micrófonos de contacto sobre el puente o micrófonos miniatura en el mismo lugar (estos últimos brindan mejor respuesta). Este tipo de tomas suelen beneficiarse si se combinan con toma de sala.

Buenas opciones de micrófonos son los U87 y 86 de Neumann; 4021 de DPA; C451 y C414 de AKG (y sus miniaturas 418), MD441 de Sennheiser; CMC541 de Schoeps. En el caso de la viola, el concepto es el mismo que en el violín, y esta selección de micrófonos también le es adecuada.

3.7.2.5 Micrófono para Contrabajo

Es un instrumento cuya radiación sonora es altamente dependiente de la frecuencia, a medida que aumenta la frecuencia, la radiación se vuelve más selectiva, especialmente a la hora de lograr buena definición en todo el registro (de 30 a 400Hz).

Para este instrumento también ofrecen muy buenos resultados los micrófonos dinámicos, donde –como en la mayoría de los instrumentos de cuerda- si se dirigen hacia la caja se obtendrán timbres más ricos y redondos, y si se dirigen levemente hacia las cuerdas se obtendrán sonidos más brillantes y definidos.

Buenas opciones de micrófonos son los 4011 y 4060 de DPA; D112 de AKG; SM57 de Shure; PL20 de Electrovoice

3.7.2.6. Micrófono para Metales

Los instrumentos de metales presentan varias dificultades, especialmente respecto a la distancia en donde se encuentra su sonido natural. Para muchos de ellos, la mezcla de las fundamentales y los armónicos pares e impares en las proporciones que -junto con la sala- denotan su sonido característico se encuentra a varios metros de la fuente. Sin embargo, no siempre es posible realizar ese tipo de tomas. Incluso, en las proximidades del instrumento pueden percibirse picos del orden de 140dB, lo que también condicionará la elección del micrófono, ya que será muy fácil “saturar” al transductor. Es por ello que para cada instrumento de bronce en particular, existen formas muy distintas entre sí de tomarlos, y también grandes diferencias en lo que a micrófonos respecta (por ejemplo, una tuba puede tomarse muy bien con un D112 de AKG, pero una trompeta con un C414 de AKG o un SM57 de Shure)

3.7.2.6.1 Micrófono para Trompeta

Este instrumento presenta alta directividad y niveles sonoros extremadamente fuertes, no solo en sus valores RMS, sino en la denominada cresta, la cual puede superar hasta en 20dB la media, y conseguir valores del orden de 140dB. Requieren micrófonos con características brillantes, y que soporten mucho SPL. El distanciamiento puede rondar los 30 a 50cm, a alturas ligeramente inferiores a la línea del instrumento, y levemente inclinado. Micrófonos miniatura no sumergidos dentro de la campana también otorgan buena respuesta.

Buenas opciones de micrófonos son el 4007 de DPA; C418, 409 y 414 de AKG, SM57 de Shure; RE20 de Electrovoice; CMC541 de Schoeps; MD421 de Sennheiser.

3.7.2.6.2 Micrófono para Trombón

Presenta las características similares a la trompeta, con la salvedad que la gordura puede perderse con micrófonos muy direccionales que tengan mucho efecto proximidad. La técnica de microfoneo es similar.

Buenas opciones de micrófonos son el 4007, 4011 o 4036 de DPA; C418 D222 de AKG; SM57 de Shure; RE15 de Electrovoice.

3.7.2.6.3 Micrófono Saxofón

En este tipo de instrumentos, es común ver micrófonos apuntados directamente a la campana, pero en realidad el color del timbre del instrumento se debe también al sonido proveniente de la salida del aire por cada uno de los orificios de las llaves. Es por ello que el ubicar el micrófono por encima de la línea de la campana devuelve una respuesta más natural y evita el exceso de nivel por la columna de aire de las notas graves (todas las llaves cerradas). En el caso de micrófonos miniatura, lo ideal es utilizar los de cuello largo, y poner el broche en la parte de debajo de la campana, para que el micrófono apunte hacia arriba y tome campana y llaves (grafico 3.12)

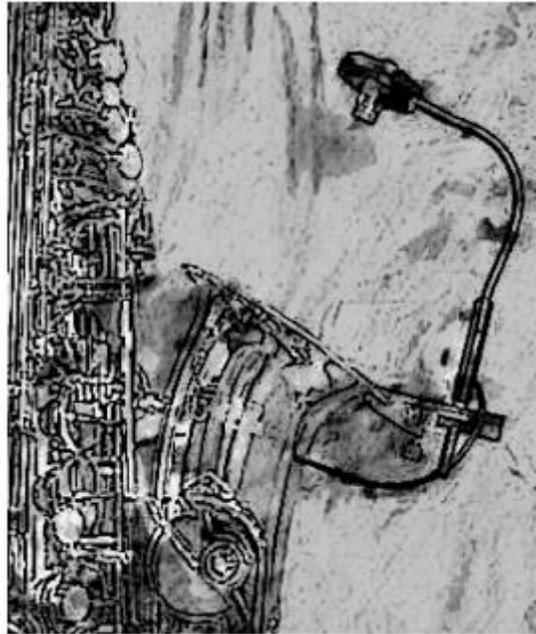


Grafico 3.13 Micrófono para saxofón

En el caso del soprano, puede ser de gran utilidad utilizar dos micrófonos, o un micrófono omnidireccional situado alrededor de 20cm de la campana.

Buenas opciones de micrófonos son el 4021 de DPA; C418 de AKG; SM57 de Shure; RE20 de Electrovoice, entre otros.

3.7.2.7 Micrófono para Flautas y Clarinetes

Si bien se suelen utilizar micrófonos cardioides, los omnidireccionales ofrecen mejores resultados, aunque también levantan los ruidos parásitos (aire o llaves), a veces en forma deseada. Igualmente, como en el caso del saxo soprano (u oboes), dos micrófonos también ofrecen buenos resultados

Buenas opciones de micrófonos son el 4011 de DPA; C414 de AKG; MKE2 de Senheiser; U87 de Neumann, entre otros.

3.7.3 TABLA DE MICRÓFONOS PROPUESTOS

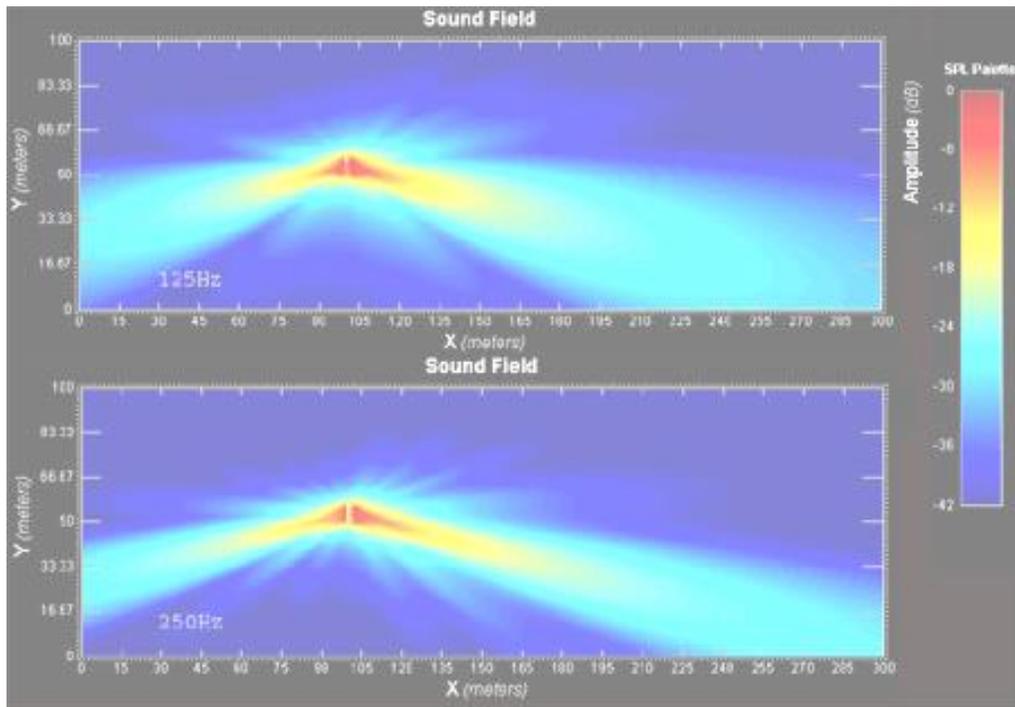
En la siguiente tabla se muestran los micrófonos que se proponen, de los cuales se muestran sus características técnicas de cada uno, en este caso la tabla consta de dos columnas, una que contiene solo micrófonos Shure y otra con distintas marcas, esto es porque nosotros podemos sugerir la marca Shure ya que fue con la que trabajamos durante la carrera, pero eso no significa que sean los de mejor calidad, y es por eso que agregamos otra columna con los micrófonos.

Tabla 3.3 micrófonos propuestos

INSTRUMENTO	SHURE		OTRAS	
	MARCA	MODELO	MARCA	MODELO
Voz	Shure	Sm58	Neumann	KMS105
A. Guitarra	Shure	Beta 57	AKG	AT-4041
Tarola	Shure	Sm 57	AKG	C418
Toms	Shure	Sm 57	AKG	C418
Bombo	Shure	Beta 52	AKG	D112
Platillos	Shure	Sm 81	DPA	4041
Hit-hat	Shure	Sm 81	DPA	4007
Violin	Shure	Sm 58	Senheiser	MD441
Contrabajo	Shure	Beta 52	AKG	D112
Trompeta	Shure	Sm 57	Electrovoice	RE20
Trombon	Shure	Sm 57	Electrovoice	RE15
Saxofon	Shure	Sm 57	Electrovoice	RE20
Flauta	Shure	Sm 57	Neumann	U87

CAPITULO 4

DESARROLLO DEL DISEÑO DE SONORIZACIÓN



CAPITULO 4. DESARROLLO DEL DISEÑO DE SONORIZACIÓN

Una vez que evaluamos el espacio donde se va a realizar el evento, determinar en donde se colocara el escenario, realizar las mediciones necesarias y evaluando los puntos que se desean sonorizar, procede a la elección del equipo electroacústico dependiendo de sus características técnicas, para cumplir las necesidades de nuestro sistema de sonorización.

4.1 HERRAMIENTA DE TRABAJO (software Ease focus 2)

El software Ease focus 2, es un potente programa de simulación acústica en 3D, además nos puede resultar muy útil a la hora de plantear sonorizaciones y sacar el máximo partido de nuestros equipos.

En este programa podemos trabajar con dimensiones reales del espacio donde se desea sonorizar, dando un resultado previo al comportamiento del sonido, con vista en plano y vista en planta, dependiendo del sistema de altavoces seleccionado.



Grafico 4.1 programa ease focus 2

4.2 ELECCIÓN DE SISTEMA DE ALTAVOCES

Empezamos con la elección de los altavoces ya que es la parte fundamental de una sonorización, trabajaremos con la marca FBT, los cuales cumplen a la perfección su función y son aptos para nuestro sistema de sonorización, tomando en cuenta las características de potencia, respuesta en frecuencia y directividad.

Para este concierto decidimos implementar un diseño de arreglos lineales, puesto que en la industria del audio, tenemos que estar a la vanguardia, y al efectuar un sistema lineal reduce tiempo de instalación.

Se selecciono el modelo Mitus 206L (pasivos), son los que cumplen con ciertos requerimientos técnicos (ver en el anexo) en la sonorización.



Grafico 4.2 Arreglo lineal Mitus 206L

Se implementaron 4 arreglos lineales para el campo, 2 arreglos conformados con 12 altavoces estos estarán situados a los extremos del escenario (L y R) con un peso de 179.40 kg por arreglo, y otros 2 arreglos con 4 altavoces estos estarán situados en frente del escenario (L y R) con un peso de 65.80kg, los cuatro estarán a una altura de de 8m en una estructura que resiste 600kg por seguridad de nuestros espectadores.

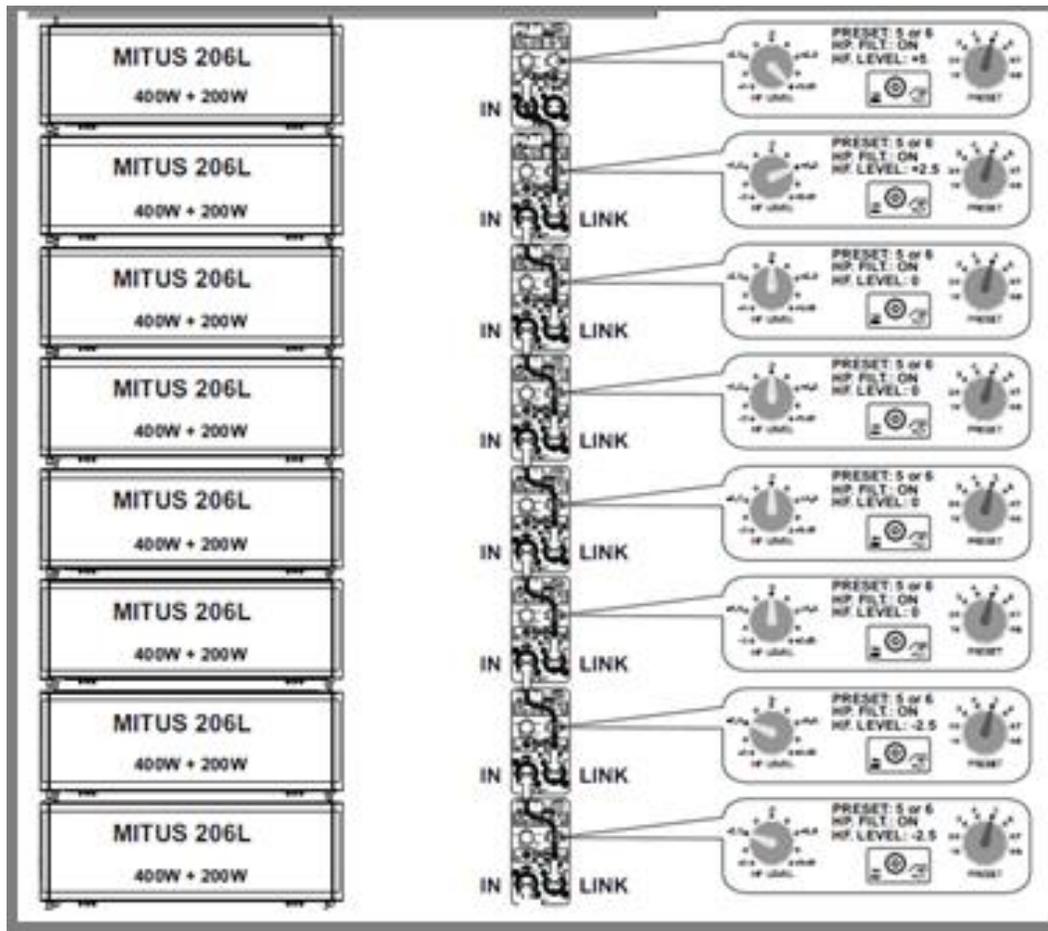


Grafico 4.3 conexión de altavoz para poder integrar un arreglo lineal

4.2.1 ARREGLOS PARA SONORIZAR EL ÁREA DEL CAMPO

Los arreglos que están situados a los extremos del escenario (L y R) están colocados en el plano $X= 5m$, $Y= 18m$ para right(1) y $X=5m$, $Y=-18m$ para left(2), con respecto al centro de las dimensiones del campo(grafico 4.4).

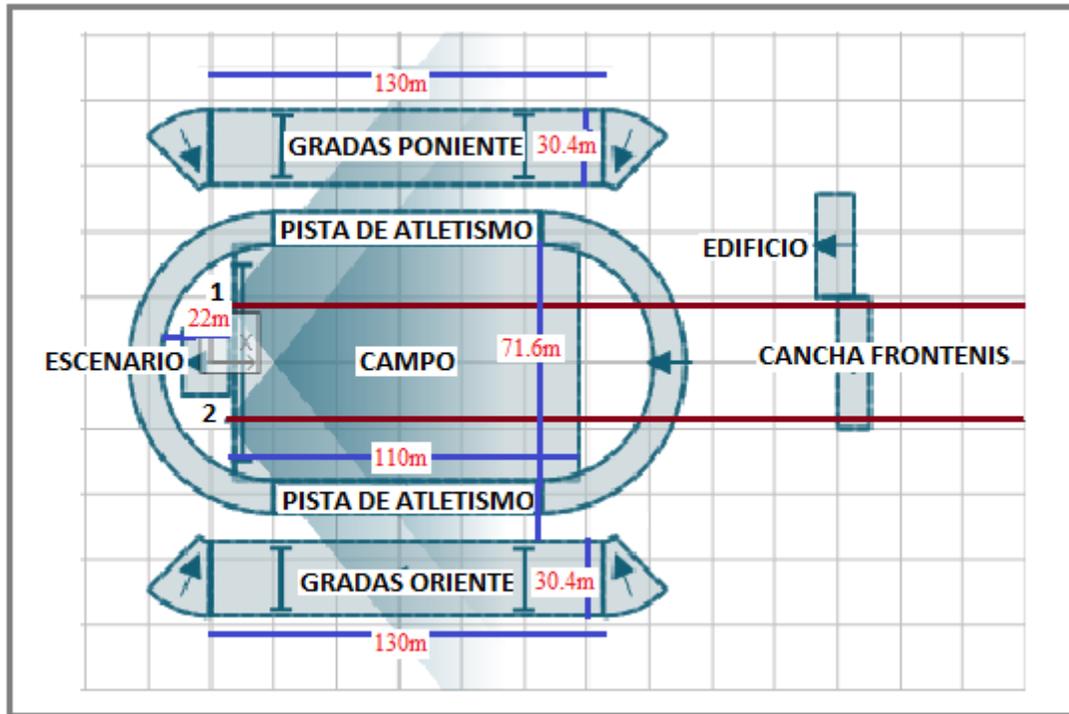


Grafico 4.4 vista superior colocación de arreglos

La sensibilidad de cada altavoz es de 130dB a un metro de distancia, con este dato se procede a determinar el espacio total que deberá cubrirse de sonido, se deberán estipular las distancias correspondientes a la cobertura de cada altavoz del arreglo de esta forma se determina la altura y el ángulo vertical en que deberán situarse cada uno de ellos. Las medidas están dadas en metros (grafico 4.5).

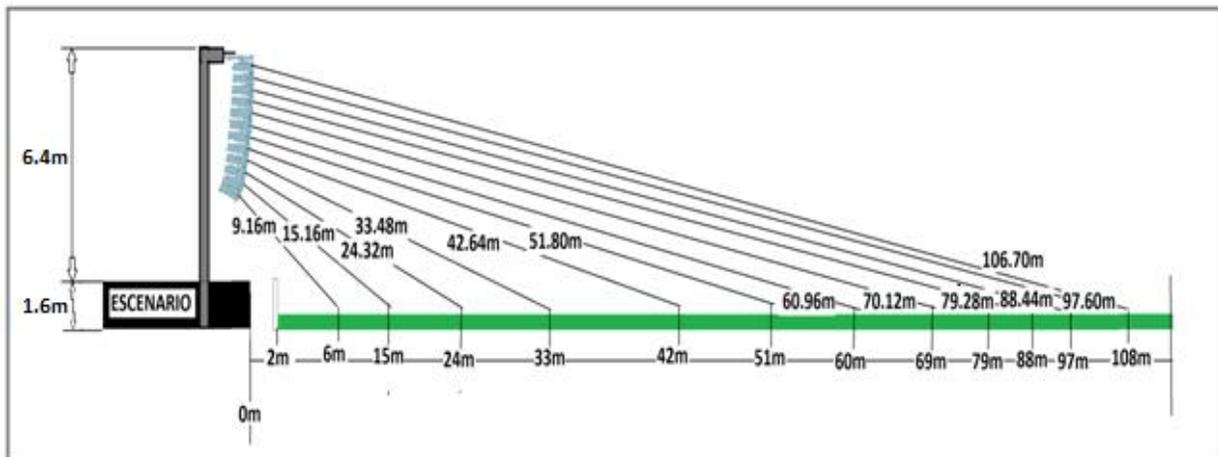


Grafico 4.5 Vista lateral del espacio que cubrirá el arreglo lineal

Con el fin de lograr una óptima distribución del sonido, se realiza el cálculo de potencia de salida de los altavoces.

$$Lp' - Lp - 20 \log \frac{r'}{r} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde:

Lp = Nivel de presión acústica inicial

Lp' = Nivel de presión acústica resultante

r = distancia inicial

r' = distancia

Dependiendo a la distancia que deseamos sonorizar, partiendo a un metro de distancia inicial se tiene:

$$Lp1 = 130 - 20 \log \frac{9.16}{1} = 110.76_{\text{SPL}}$$

$$Lp2 = 130 - 20 \log \frac{15.16}{1} = 106.38_{\text{SPL}}$$

$$Lp3 = 130 - 20 \log \frac{24.32}{1} = 102.28_{\text{SPL}}$$

$$Lp4 = 130 - 20 \log \frac{33.48}{1} = 99.50_{\text{SPL}}$$

$$Lp5 = 130 - 20 \log \frac{42.64}{1} = 97.40_{\text{SPL}}$$

$$Lp6 = 130 - 20 \log \frac{51.80}{1} = 95.71_{\text{SPL}}$$

$$Lp7 = 130 - 20 \log \frac{60.96}{1} = 94.29_{\text{SPL}}$$

$$Lp8 = 130 - 20 \log \frac{70.12}{1} = 93.08_{\text{SPL}}$$

$$Lp9 = 130 - 20 \log \frac{79.28}{1} = 92.01_{\text{SPL}}$$

$$Lp10 = 130 - 20 \log \frac{88.94}{1} = 91.06_{\text{SPL}}$$

$$Lp11 = 130 - 20 \log \frac{97.6}{1} = 90.2_{\text{SPL}}$$

$$Lp12 = 130 - 20 \log \frac{106.7}{1} = 89.43_{\text{SPL}}$$

Teniendo estos resultados de nivel de potencia, se puede saber qué nivel de potencia se necesita para cada altavoz dependiendo de la distancia y área que se desea cubrir.

Tabla 4.1 potencia de cada altavoz dependiendo de la distancia

DISTANCIA (m)	POTENCIA (W)	NIVEL DE PRESIÓN ACUSTICA (Db _{SPL})
1	8	130
6	256	110.76
15	4096	106.38
24	4096	102.28
33	4096	99.50
42	4096	97.40
51	4096	95.71
60	4096	94.29
70	4096	93.08
79	4096	92.01
88	4096	91.06
97	4096	90.20
108	4096	89.43

4.2.1.1 Ángulos del arreglo

Empleando las funciones trigonométricas se calculan los ángulos que corresponden a cada altavoz de nuestro arreglo, con el fin de sonorizar diferentes puntos del campo véase en el grafico 4.6 (enumerando de abajo hacia arriba), teniendo los siguientes resultados:

$$\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \dots \quad \text{Ec. 4.2}$$

Primer altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \dots = 24,3^\circ$

Segundo altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 14,2^\circ$

Tercer altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 10,4^\circ$

Cuarto altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 7,2^\circ$

Quinto altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 5,5^\circ$

Sexto altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 5,3^\circ$

Séptimo altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 5,2^\circ$

Octavo altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 4,2^\circ$

Noveno altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 3,6^\circ$

Decimo altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 3,5^\circ$

Onceavo altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 3,3^\circ$

Doceavo altavoz $\Theta_{-6dB} = \text{Sen}^{-1} \frac{10}{100} = 3,1^\circ$

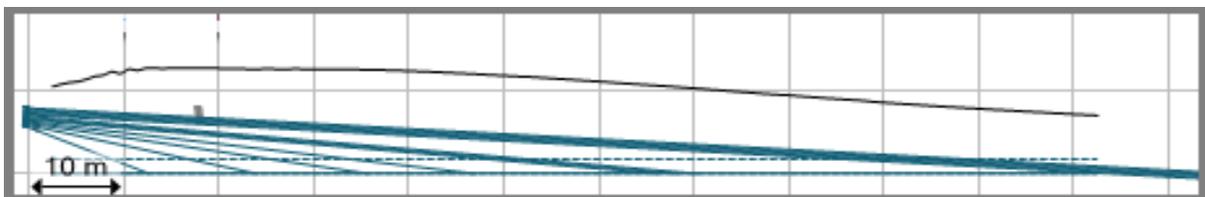


Gráfico 4.6 vista lateral

Estos resultados aplican para los arreglos L y R, posteriormente veremos que existe una simetría.

Al incorporar los datos calculados en el software, nos proporciona una simulación previa de nuestro arreglo véase en el grafico 4.7.

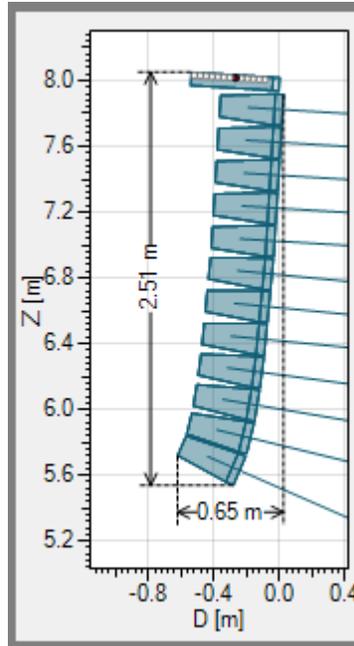


Grafico 4.7 arreglo lineal 1 y 2 (L y R)

Tabla 4.2 Ángulos de cada altavoz

	Tipo de Caja	Ganancia	Ángulo de la Instalación	Ángulo de Direccionamiento
	(Estructura)			3,5°
Caja 1	206L	0,0 dB	0°	3,5°
Caja 2	206L	0,0 dB	0°	3,5°
Caja 3	206L	0,0 dB	0°	3,5°
Caja 4	206L	0,0 dB	0°	3,5°
Caja 5	206L	0,0 dB	0°	3,5°
Caja 6	206L	0,0 dB	2°	5,5°
Caja 7	206L	0,0 dB	0°	5,5°
Caja 8	206L	0,0 dB	0°	5,5°
Caja 9	206L	0,0 dB	2°	7,5°
Caja 10	206L	0,0 dB	2°	9,5°
Caja 11	206L	0,0 dB	4°	13,5°
Caja 12	206L	0,0 dB	10°	23,5°

La orientación de nuestro arreglo es horizontal 0,0° y vertical 3,5°, con un ángulo restante vertical -0,3°.

4.2.1.2 Arreglo lineal para front fill

Los arreglos que están situados en frente del escenario (L y R) están colocados en el plano $X=6m$, $Y=4m$ para right(3) y $X=6m$, $Y=-4m$ para left(4), con respecto al centro de las dimensiones del campo esto (grafico 4.8).

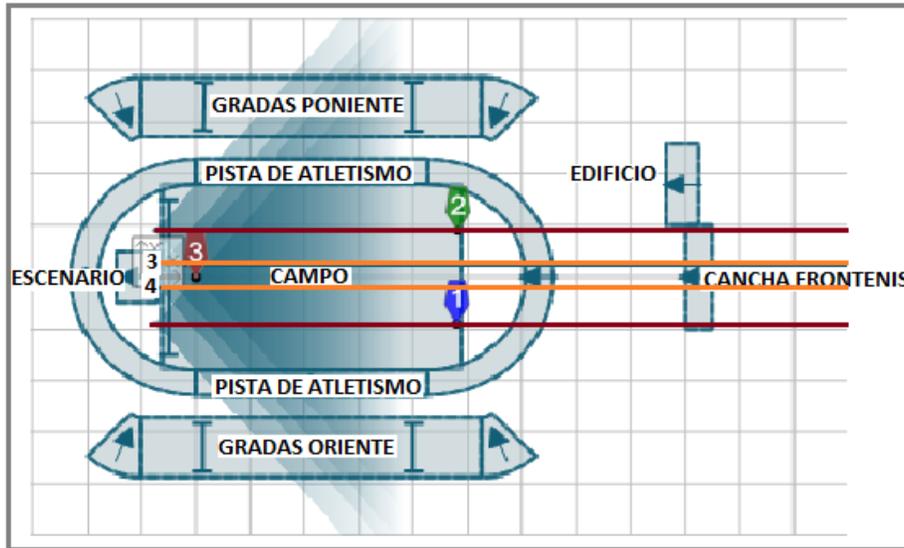


Grafico 4.8 vista superior colocación de arreglos

Estos 2 arreglos se colocaron ahí, puesto que al realizar la predicción (grafico 4.9) vemos que existe una carencia de presión justamente enfrente del escenario, esto se debe al tener una PA en L y R con una apertura de 90° .

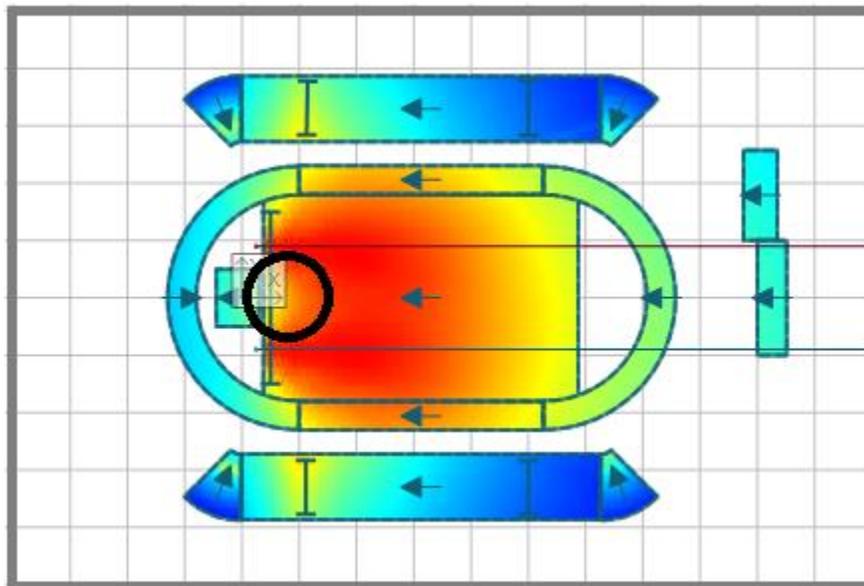


Grafico 4.9 Mapeo de los arreglos 1 y 2

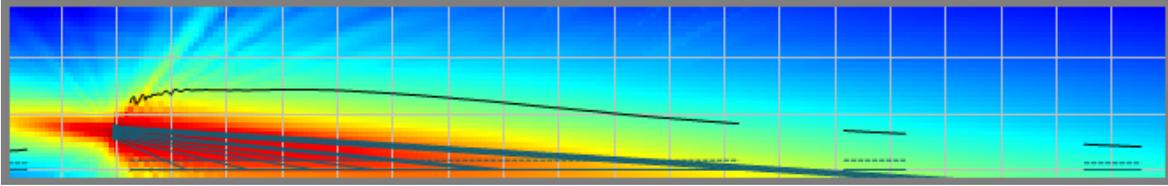


Gráfico 4.10 vista lateral del arreglo lineal 1 y 2

La orientación de nuestro arreglo (3 y 4) es horizontal $0,0^\circ$ y vertical $-4,4^\circ$, con un ángulo restante vertical $0,7^\circ$.

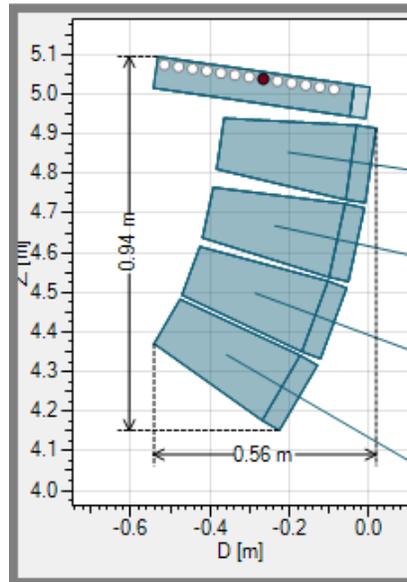


Gráfico 4.11 arreglo lineal 3 y 4 (L y R)

Cada altavoz está colocado en diferentes ángulos tabla 4.1, con el fin de sonorizar la parte que origina una carencia de SPL, partiendo de 1 metro del origen a 20 metros le largo véase en la tabla 4.1

Tabla 4.1 Ángulos de cada altavoz

	Tipo de Caja	Ganancia	Ángulo de la Instalación	Ángulo de Direccionamiento
	(Estructura)			$-4,4^\circ$
Caja 1	206L	0,0 dB	0°	$-4,4^\circ$
Caja 2	206L	0,0 dB	4°	$-8,4^\circ$
Caja 3	206L	0,0 dB	6°	$-14,4^\circ$
Caja 4	206L	0,0 dB	10°	$-24,4^\circ$

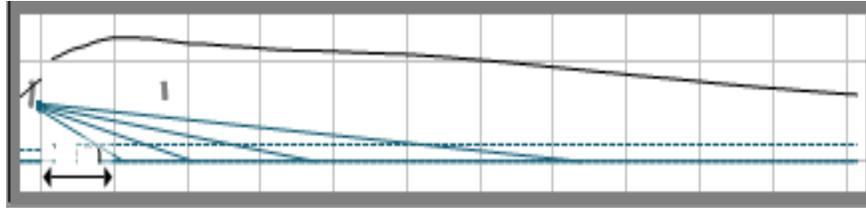


Grafico 4.12 vista lateral arreglo 3 y 4

4.2.2 ARREGLOS LINEALES PARA SONORIZACIÓN DE GRADAS

Se implementaron 2 arreglos lineales conformados con 8 altavoces, estos estarán situados en la área de butacas respectivamente (L y R) con un peso de 122.60 kg, estarán a una altura de 8m y cada arreglo se colocara en una estructura que resista 150kg por seguridad de nuestros espectadores.

El arreglo que estará dirigido las gradas oriente, esta colocados en un plano $X=23.00m$, $Y=54.00m$ para right(5) y el arreglo que esta dirigido a las gradas poniente $X= 23.00m$, $Y=-54.00m$ para left (6) con respecto al centro de las dimensiones del campo (grafico 4.13).

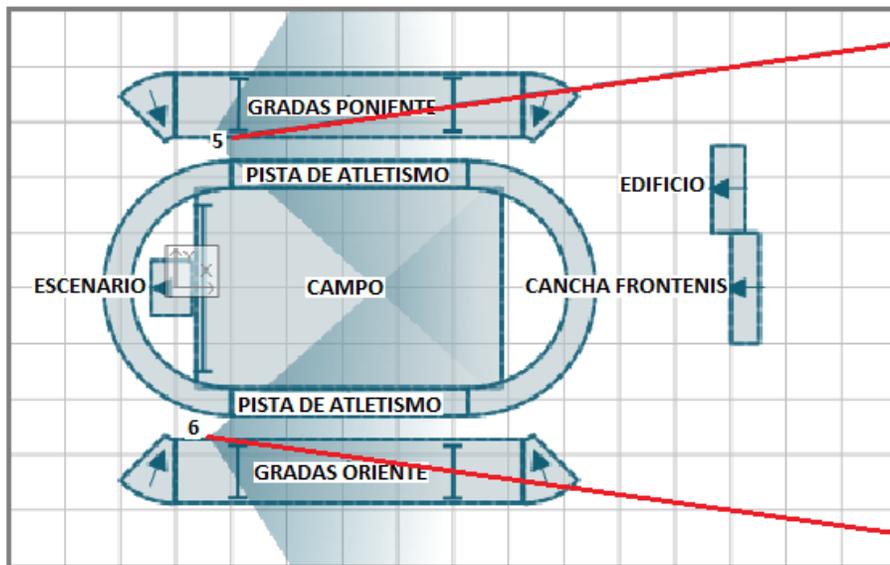


Grafico 4.13 vista superior arreglo 5 y 6

Para el arreglo dirigido a las butacas poniente, el ángulo horizontal $=9,0^\circ$ y vertical $=4,1^\circ$, con un ángulo restante vertical $= 4,1^\circ$.

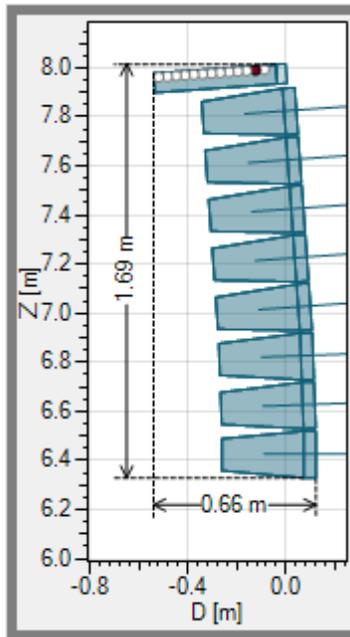


Gráfico 4.14 Arreglo lineal 5

Cada altavoz está colocado en diferentes ángulos, con el fin de sonorizar diferentes puntos de las butacas poniente, con una pendiente de 15m de altura véase en la tabla.1.1

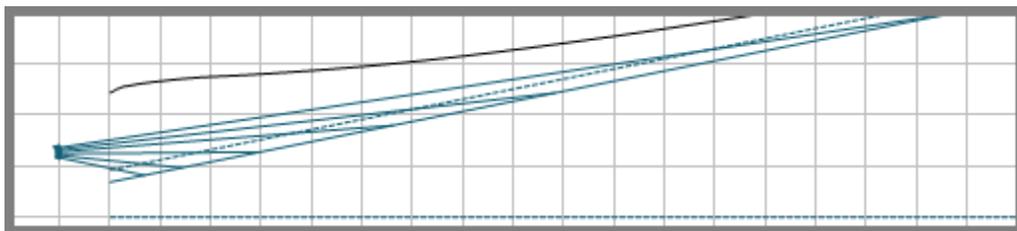


Gráfico 4.15 vista lateral

Tabla 4.3 Ángulos de cada altavoz

	Tipo de Caja	Ganancia	Ángulo de la Instalación	Ángulo de Direccionamiento
	(Estructura)			4,1°
Caja 1	206L	0,0 dB	0°	4,1°
Caja 2	206L	0,0 dB	0°	4,1°
Caja 3	206L	0,0 dB	0°	4,1°
Caja 4	206L	0,0 dB	0°	4,1°
Caja 5	206L	0,0 dB	0°	4,1°
Caja 6	206L	0,0 dB	2°	2,1°
Caja 7	206L	0,0 dB	0°	2,1°
Caja 8	206L	0,0 dB	2°	0,1°

Para el arreglo dirigido a las butacas oriente, el ángulo horizontal = $-9,0^{\circ}$ y vertical= $4,1^{\circ}$, con un ángulo restante vertical= $4,1^{\circ}$.

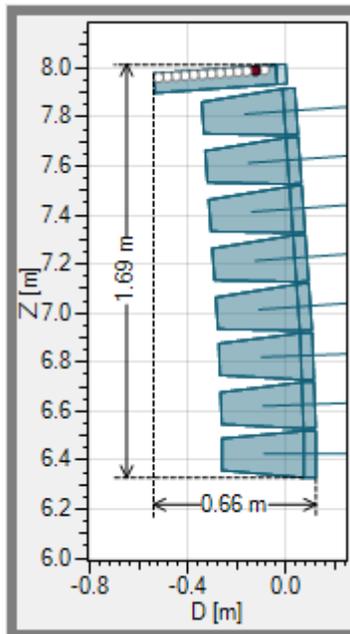


Gráfico 4.16 Arreglo lineal 6

Tabla 4.4 Ángulos de cada altavoz

	Tipo de Caja	Ganancia	Ángulo de la Instalación	Ángulo de Direccionamiento
	(Estructura)			$4,1^{\circ}$
Caja 1	206L	0,0 dB	0°	$4,1^{\circ}$
Caja 2	206L	0,0 dB	0°	$4,1^{\circ}$
Caja 3	206L	0,0 dB	0°	$4,1^{\circ}$
Caja 4	206L	0,0 dB	0°	$4,1^{\circ}$
Caja 5	206L	0,0 dB	0°	$4,1^{\circ}$
Caja 6	206L	0,0 dB	2°	$2,1^{\circ}$
Caja 7	206L	0,0 dB	0°	$2,1^{\circ}$
Caja 8	206L	0,0 dB	2°	$0,1^{\circ}$

4.2.3 BAJOS

Para la elección de los bajos se tomo en cuenta las características técnicas de los mitus 188S, debido al espacio que se desea sonorizar, se considera colocar 16 de estos, 8 en cada extremo del escenario como se muestra en el gráfico 4.18, todos a nivel de piso.



Grafico 4.17 bajo FBT mitus 118S



Grafico 4.18 colocación de bajos

Los bajos están situados a los extremos del escenario (L y R) están colocados en el plano $X=5m$, $Y=20m$ para right(1) y $X=5m$, $Y=-20m$ para left(2), con respecto al centro de las dimensiones del campo(grafico 4.19).

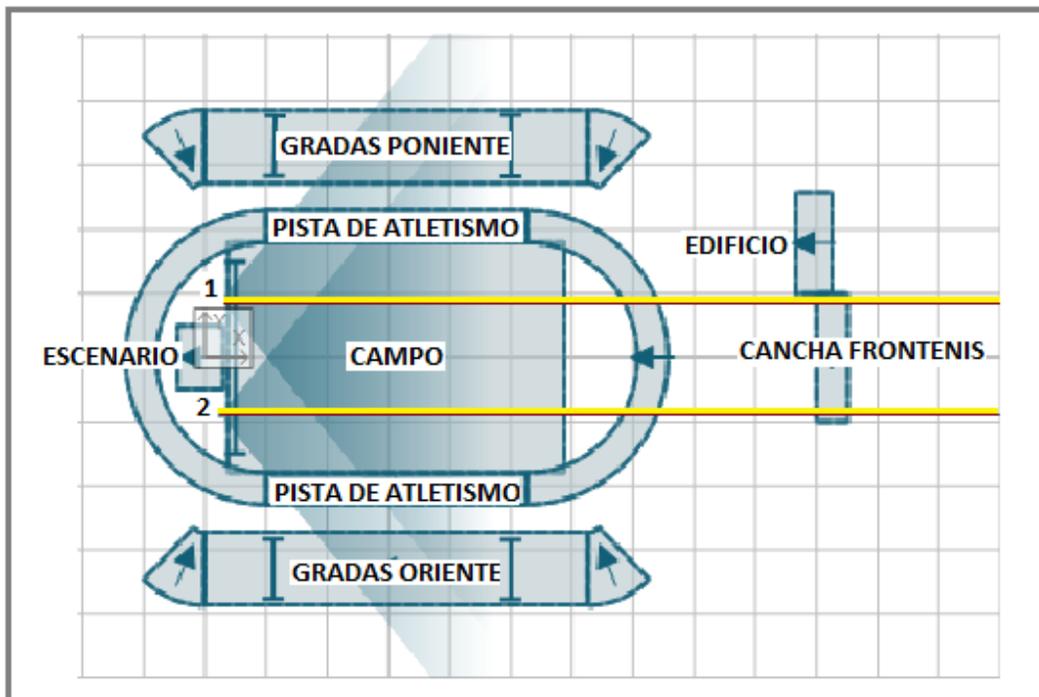


Grafico 4.19 vista superior colocación de bajos

4.3 SIMULACIÓN DE LOS ARREGLOS LINEALES EN EL ESTADIO WILFRIDO MASSIEU

En el siguiente grafico se muestra la simulación de los 6 arreglos mencionados anteriormente, en donde las graficas nos dan a conocer los niveles de presión acústica que ejerce el arreglo lineal con respecto de la distancia.

Las simulaciones se realizaron con los siguientes datos de entrada:

- Temperatura: 20,0°C
- Presión: Estándar (1010 hPa)
- Humedad: Estándar (60%)
- Mapeado: Banda Completa- Ponderación A
- Frecuencia 1000hz

Al realizar la simulación, se nota que existe una igualdad en los niveles de presión acústica, tanto en los arreglos lineales izquierdos y derechos (L y R), lo cual significa que existirá una simetría del sonido a la hora de sonorizar.

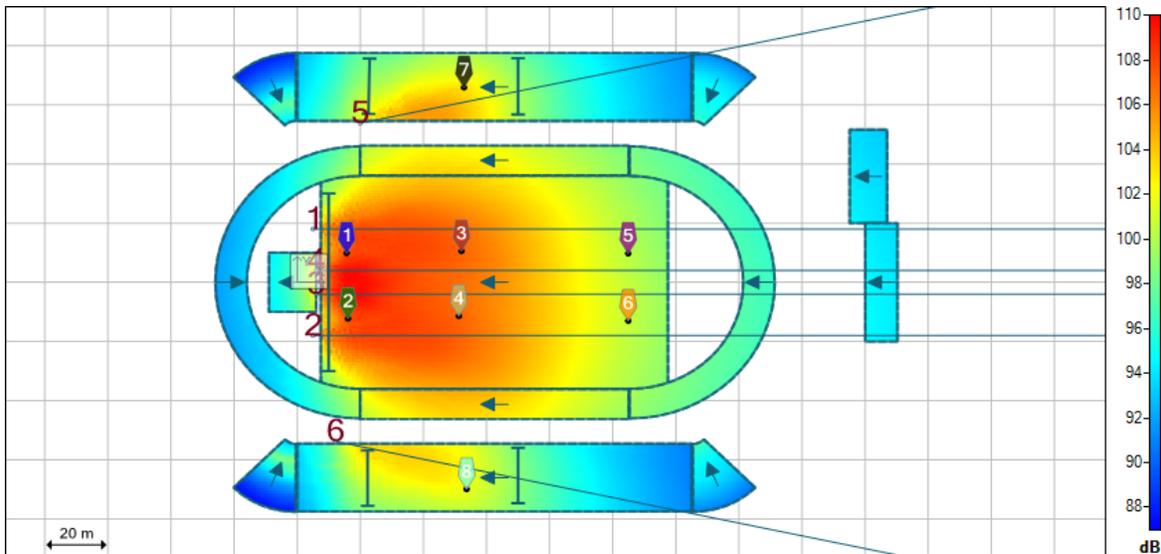


Grafico 4.20 vista superior

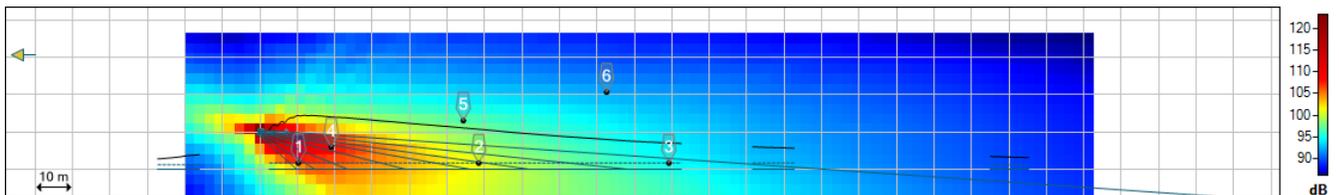


Grafico 4.21 vista lateral

Teniendo en cuenta la ley de los cuadrados inversos, podemos analizar la pérdida de presión acústica respecto a la distancia, partiendo del arreglo lineal (0.0m) hasta 110m del campo.

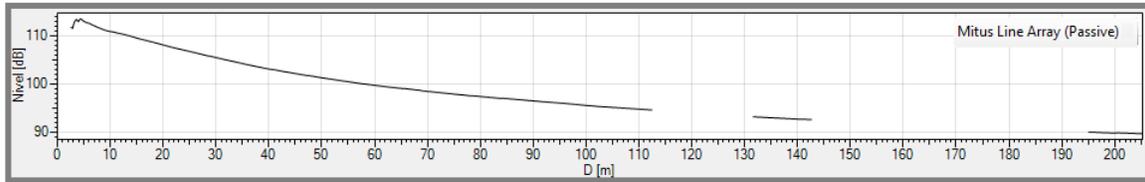


Grafico 4.22 comportamiento del arreglo lineal del nivel de presión acústica respecto a la distancia.

Tabla 4.5 fuentes de sonido

	Nombre	Tipo	Sistema	X	Y	Z	Hor	Ver
1	Mitus Line Array (Passive)	Line Array	Mitus Line Array (Passive)	5,00 m	18,00 m	8,00 m	0,0°	-3,5°
2	Mitus Line Array (Passive) 1	Line Array	Mitus Line Array (Passive)	5,00 m	-18,00 m	8,00 m	0,0°	-3,5°
3	Mitus Line Array (Passive) 2	Line Array	Mitus Line Array (Passive)	6,00 m	-4,00 m	6,00 m	0,0°	-4,4°
4	Mitus Line Array (Passive) 2	Line Array	Mitus Line Array (Passive)	6,00 m	4,00 m	6,00 m	0,0°	-4,5°
5	Mitus Line Array (Passive) 3	Line Array	Mitus Line Array (Passive)	23,00 m	54,00 m	8,00 m	9,0°	4,1°
6	Mitus Line Array (Passive) 3	Line Array	Mitus Line Array (Passive)	23,00 m	-54,00 m	8,00 m	-9,0°	4,1°

En el grafico 4.23 observamos que existe una óptima distribución de sonido en el campo, cumpliendo con los niveles auditivos para realizar un concierto de rock.

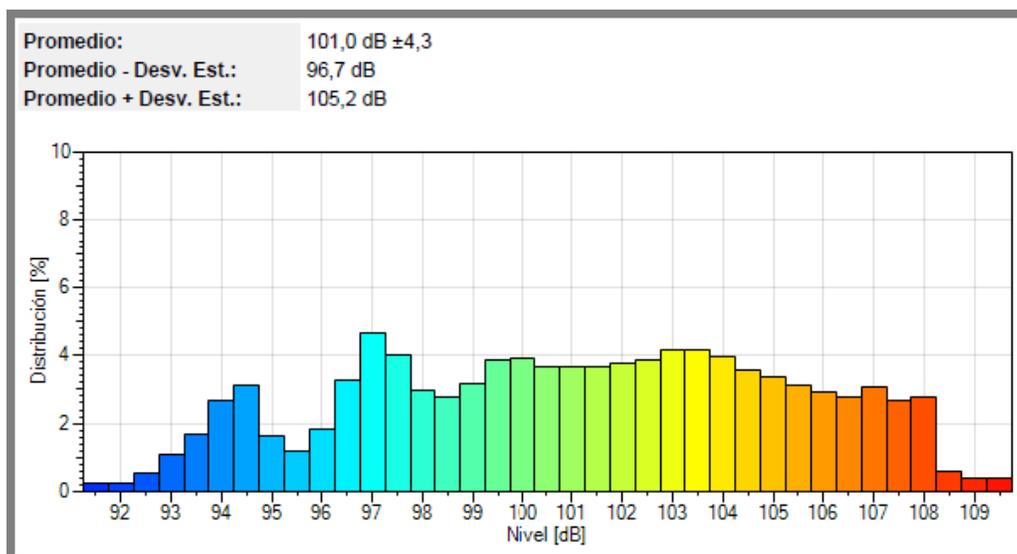


Grafico 4.23 Distribución

En la simulación del estadio se situaron 7 puntos de recepción del nivel de presión sonora, los cuales nos muestra la respuesta en frecuencia que tiene cada punto dependiendo de su distancia.

Como podemos ver en nuestros arreglos trabajan en frecuencias medias y altas, no varía mucho la pérdida de frecuencias en ciertas distancias.

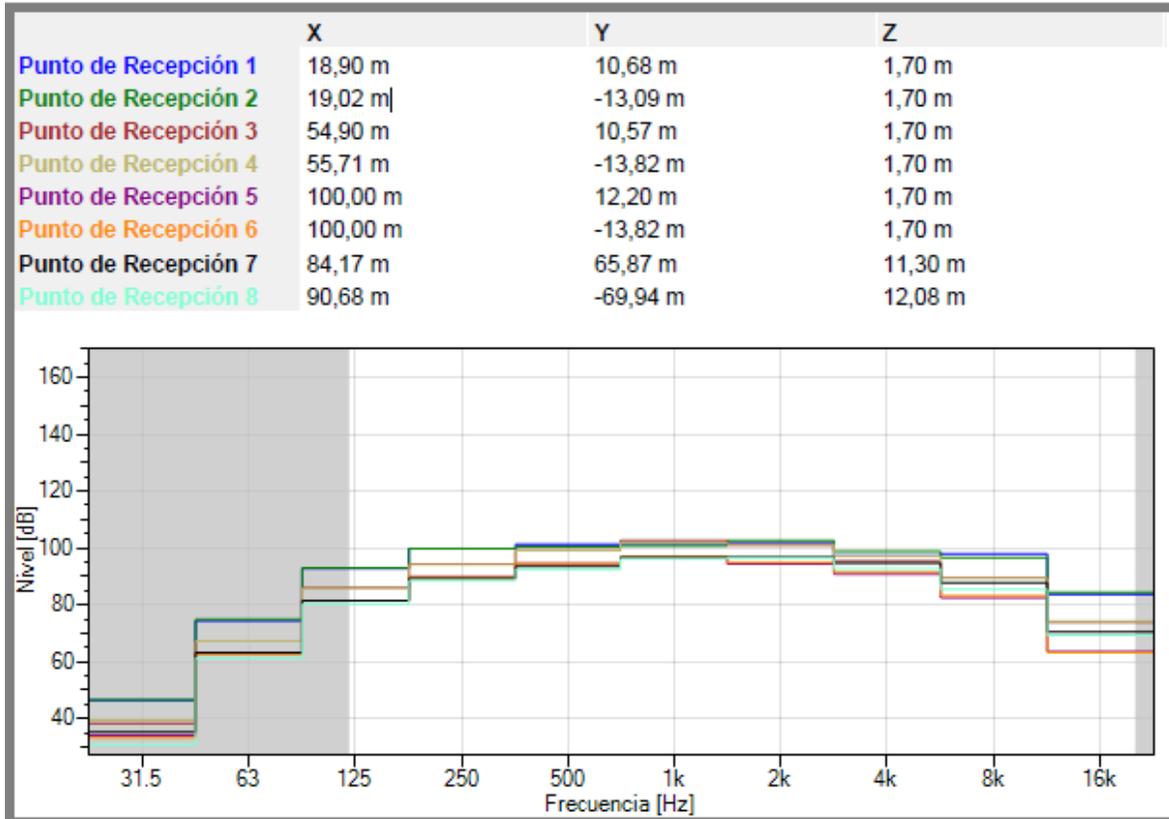


Grafico 4.24 puntos de recepción

4.4 ELECCIÓN DE AMPLIFICADORES

De acuerdo a las especificaciones que tiene los altavoces, tanto en potencia como impedancia, se selecciono el amplificador de potencia de la marca QSC GX Series el cual posee 2 salidas speakon y 2 entradas XLR.



Grafico 4.25 amplificador QSC GX

Muestro rack de potencia estará conformado con 33 amplificadores, los cuales estarán distribuidos de la siguiente manera:

- 16 para arreglos lineales para el campo
- 8 para arreglos lineales de butacas
- 4 para sistema de bajos
- 4 para sistema de monitores

4.5 ELECCIÓN DE CONSOLA

Debido a las necesidades del proyecto y el numero de micrófonos que se utiliza en una banda de rock, se eligió la consola de la marca YAMAHA modelo DM2000VCM como consola de sala, ya que posee una gran funcionalidad para poder controlar diversos canales y agruparlos en un matrix (auxiliar) , de esta forma llevar un orden de ecualización por cada instrumento. Debido a que se utilizaran una gran cantidad de altavoces, esta consola es apta para poder conectar el número de PA que requiere nuestro proyecto.



Grafico 4.26 Consola YAMAHA DM2000VCM

4.5.1 UBICACIÓN DE MESA DE CONTROL

Se va a colocar en una posición equidistante a los dos arreglos lineales que están en el escenario (L y R), formando un ángulo de 45° entre ellas, a una distancia de 55m partiendo del escenario (grafico 4.27), y va a tener una altura de 1.20m, para que el ingeniero en audio tenga una escucha correcta.

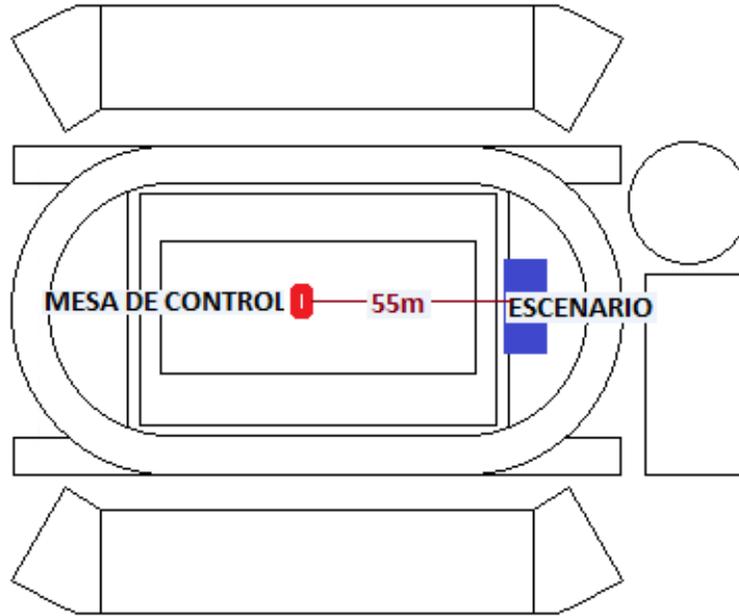


Grafico 4.27 ubicación de mesa de control

4.6 ELECCIÓN DE SNAKE

Se selecciono un snake de la marca C.B.I modelo MS40/32 – 200/50, el cual cuenta con 60metros de largo, 32 canales de entrada y 8 retornos, splitter de 15 metros, conectores Neutrick en todas las conexiones.



Grafico 4.28 Snake C.B.I

4.6.1 RECOMENDACIÓN PARA LA CONEXIÓN DEL EQUIPO

La conexión de todos los equipos que componen el control FOH es una ardua tarea que requiere especial atención y el seguimiento de una serie de pasos para evitar que se produzcan errores o averías en los dispositivos. Los pasos son los siguientes:

1. Asegurarse de que todos los amplificadores están apagados y desconectados.
2. Conectar la alimentación de las mesas
3. Esperar 10seg y conectar el rack de potencia
4. Conectar los amplificadores uno tras otro con un margen de 5 seg entre cada uno
5. Comprobar que funcionen correctamente los ventiladores de todos los equipos
6. Suministrar potencia eléctrica a los amplificadores con poco nivel. Si todo funciona bien, aumentar el nivel.

CONCLUSIÓN

Es importante llevar una planeación del proyecto para sonorizaciones en espacios al aire libre, ya que no basta solo con instalar un buen equipo de sonido, como pudimos observar intervienen varios factores y uno de ellos es la evaluación del recinto el cual implica saber las condiciones atmosféricas, para que exista una sonorización musical bastante uniforme en las áreas deseadas.

Teniendo en cuenta que el evento se realizara a las 18:00hrs propusimos un diseño electroacústico adecuado para el tiempo y el lugar, y concluimos que es diseño confiable lo comprobamos a través de la simulaciones que nos brinda el software (ease focus2) que son altamente efectivas, y observamos que existe una optima distribución del sonido y poca absorción por el aire en frecuencias medias y agudas, esto se debe que el aire que está cerca del suelo es fresco y el sonido tiende a inclinarse hacia abajo. El único inconveniente que observamos es la poca propagación del sonido en frecuencias graves a los últimos escuchas, partiendo del origen del altavoz a una distancia de 62m aproximadamente en línea recta, el público podrá escuchar y sentir las frecuencias graves, pero de la distancia de 62m a 108 el público no podrá escucharlas ni sentir las frecuencias graves tomando en cuenta la ley de los cuadrados inversos.

En cuanto a la escuela esta nos brindo de su apoyo para nuestro proyecto, nos abrieron las puertas del estadio y no solo eso nos brindaron los planos sin ningún problema, y de nuestra parte esperamos que con este proyecto motivar o por lo menos hacerles ver a los directivos que nuestra institución cuenta con espacios para llevar a cabo proyectos como el que proponemos y que en un futuro les faciliten mas la cosas a los próximos acústicos que pisen la ESIME Zacatenco a que puedan desarrollar sus proyectos y no queden solo de una manera teórica.

REFERENCIAS

- Studio de las características acústicas en espacios abiertos con refuerzo electroacustico, A. Pérez García, M.A Martin Bravo, J.A. Alonso Tuda. Universidad de Valladolid
- The sound Reinforcement Handbook, Gary Davis & Ralph Jones.
- Ingeniería del sonido, Sistemas del sonido en directo, Daniel López Feo Ed. Starbook 2009
- “electroacústica: altavoces y micrófonos”; PUEO, Basilio,pearson educación S.A. 2003.
- Acoustic Measurements, L. L. Beranek. New York: John Wiley & Sons. Inc, 1949.
- Acoustical engineering Dr. Harry F. Olson 1947
- The physics of musical instruments, Neville Horner Fletcher, Thomas D. Rossing 2da edición
- B. Bartlett, "A SCientific Explanation of Phasing (Flanging):" Journal Qf the AES.
- Comportamiento de un sistema de sonorización tipo “line array”, Asensio Rodríguez Ramírez, Juan Miguel Navarro Ruiz. Universidad Católica de Murcia 2006
- The Mastering Engineers Handbook, second edition Bobby Owsinski Ed. Focal Press
- <http://www.doctorproaudio.com/>
- <http://www.sea-acustica.es/>
- <http://www.dasaudio.com/>
- <http://www.fbt.com/>
- <http://www.community.com/>
- <http://www.sonido-zero.com/>
- <http://www.pa-linght.com/>
- <http://www.audiotechnick/>

ANEXOS

ANEXO A

FICHAS TÉCNICAS DE DISTINTOS TIPOS DE MICRÓFONOS

VOZ:



SHURE SM58	
Tipo	Condensador (polarización electrostática)
Patrón Polar	Supercardiode
Impedancia	150 ohmios (real de 100 ohms +/-20%)
Respuesta en Frecuencia	50 a 20,000 Hz
Sensibilidad	-52.5 dBV/Pa (2 mV) (1 Pa = 94 dB NPS)
Máximo NPS	140.5 dB (0.25% de THD, carga de 1000 ohms)
Relación señal a ruido	70.5 dB a 94 dB NPS (IEC 651)
Conector	XLR
Peso	207 gramos (7.6 onzas)
Requisitos de Energía	Requerimientos de Phantom Power: 11 a 52 VCC
Consumo de corriente	1.0 a 1.2 Ma

GUITARRA:



SHURE BETA 181	
Tipo	Condensador Electret
Patrón Polar	Cardioides, Supercardioides, Omnidireccional, Bidireccional
Impedancia	110 ohms
Respuesta en Frecuencia	20 a 20,000 Hz
Sensibilidad	Cardioides : -46.5 dBV/Pa (2.4 mV) Supercardioides: -49.5 dBV/Pa (2.5 mV) Omnidireccional: -52.0 dBV/Pa (2.6 mV) Bidireccional: -51.0 dBV/Pa (2.6 mV)
Máximo NPS	Cardioides : 151.5 dB SPL Supercardioides: 154.5 dB SPL Omnidireccional: 157.0 dB SPL Bidireccional: 156.0 dB SPL
Relación señal a ruido	Cardioides : 73.5 dB Supercardioides: 71.5 dB Omnidireccional: 70.5 dB Bidireccional: 71.0 dB
Conector	XLR
Peso	145 gramos (5.1 onzas)
Requisitos de Energía	11 a 52 VCC Phantom Power (IEC-61938)
Consumo de corriente	2.4 mA máximo

CONTRABAJO:



SHURE PG52	
Tipo	Dinámico (bobina móvil)
Patrón Polar	Cardioides (unidireccional)
Impedancia	300 ohmios
Respuesta en Frecuencia	30 a 13,000 Hz
Sensibilidad	-55 dBV/Pa (1.8 mV), 1 Pascal = 94 dB NPS
Conector	Macho tipo XLR
Peso	470 g (16.8 onzas)

MICRÓFONO PARA BATERIA

BOMBO



SHURE BETA 52	
Tipo	Dinámico (bobina móvil)
Patrón Polar	Supercardiode, simétrico al girar respecto al eje del micrófono
Impedancia	La impedancia nominal es de 150 ohms (real de 45 ohms) para conectar con entradas de micrófonos de baja impedancia nominal
Respuesta en Frecuencia	20 a 10,000 Hz
Sensibilidad	-64 dBV/Pa* (0.6 mV) *1 Pa = 94 dB NPS
Máximo NPS	174 dB a 1000 Hz (estimada)
Conector	macho tipo XLR
Peso	605 gramos (21.6 onzas)
Incluye	Adaptador para pedestal ajustable: Integrado, con cierre dinámico, ajustable a 180°, con rosca estándar de 5/8"-27

TAROLA Y TOMS



SHURE SM57	
Tipo	Dinámico
Patrón Polar	Cardioides (Unidireccional), simétrico al girar respecto al eje del micrófono
Impedancia	La impedancia nominal es de 150 ohms (real de 310 ohms) para conectar con entradas de micrófonos de baja impedancia nominal
Respuesta en Frecuencia	40 a 15,000 Hz
Sensibilidad	-56,0 dBV/Pa* (1,6 mV) (1 Pa = 94 dB NPS)
Conector	macho tipo XLR
Peso	284 gramos (10 onzas)

PLATILLOS Y HIT HAT



SHURE SM 81	
Tipo	Condensador permanentemente polarizado
Patrón Polar	Cardioides
Impedancia	150 ohmios (real)
Respuesta en Frecuencia	20 a 20,000 Hz
Sensibilidad	-37 dBV/Pa , 1 Pa = 94 dB NPS
Máximo NPS	Carga de 5000 ohmios (Atenuador activado): 145 (160, 170) dB Carga de 2500 ohmios (Atenuador activado): 139 (154, 164) dB Carga de 1000 ohmios (Atenuador activado): 134 (149, 159) dB
Relación señal a ruido	80 dB
Peso	100 gramos (3,5 onzas)
Consumo de corriente	4.65 mA típica a 48 VCC

ANEXO B

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ALTAVOCES, AMPLIFICADORES Y CONSOLAS

MITUS 206L

PRECISION COVERAGE
VERTICAL ARRAY

FEATURES

- High impact polypropylene gas-injected enclosure
- Recommended amplifier 500W RMS/16 Ohm LF and 150WRMS/16 Ohm HF
- 2 x 6.5" B&C neodymium woofers with 1.7" coil
- 1.4" exit B&C neodymium driver with 2.5" coil
- 100° horizontal waveguide
- Input panel with 2 x Neutrik speakon NL-4MDV in & link
- SPL capability: 129dB LF / 133dB HF
- Wide range of hardware accessories for flying and ground stacked configurations
- Completely Manufactured in Italy



PRODUCT DESCRIPTION

The FBT MITUS 206L two-way compact line array system shall incorporate 2 x 6.5" B&C neodymium woofers with 1.7" voice coil and 1.4" exit B&C neodymium driver with 2.5" voice coil. The modularity of the FBT MITUS 206L makes it extremely flexible for a wide range of applications, from a small 2 cabinet P.A. system to an elaborate line array system consisting of up to 12 MITUS 206L cabinets along with multiple FBT MITUS 212FS subs for large concert events. The FBT MITUS 206L shall meet the following performance criteria: Frequency response of 75Hz to 20kHz, Frequency sensitivity of 97dB LF / 108dB HF, Maximum SPL of 129dB for LF and 133dB for HF, Recommended power amplifier 500W RMS/16 Ohm LF and 150W RMS/16 Ohm HF. The waveguide, optimized by BEM finite element simulation, offers 100° horizontal dispersion; engineered to be perfectly integrated with the HF compression driver it allows the dispersion of a flat acoustic wave to over 18kHz. The system shall not include an internal passive crossover. The front shall be protected by a heavy duty metal grille with anti-resonance spacers and exclusive synthetic cloth to protect the drivers. Input connectors shall be parallel wired Neutrik NL4 speakon. Polypropylene gas-injected enclosure with integrated rigging hardware adjustable with 0° to 10° angle between cabinets at 2° step for flying and ground stacked configurations.

ELECTRICAL PERFORMANCE

System Type:	2-way
Recommended Amplifier	500W RMS LF / 150W HF
Long Term Power (AES)	250W LF / 70W HF
Short Term Power (IEC 268-5)	1000W LF / 300W HF
Nominal Impedance	16 Ohm LF / 16 Ohm HF
Frequency Response @ -6dB	75Hz - 20kHz
Sensitivity @ 1W, 1m	97dB LF / 108dB HF
Maximum SPL *	CONT. 125dB LF / 129dB HF PEAK 129dB LF / 133dB HF
Dispersion	100°x10° max - dependant upon n.° of elements
Crossover Frequency	1.2 kHz
Recommended HP filter	65Hz-24dB oct.

PHYSICAL

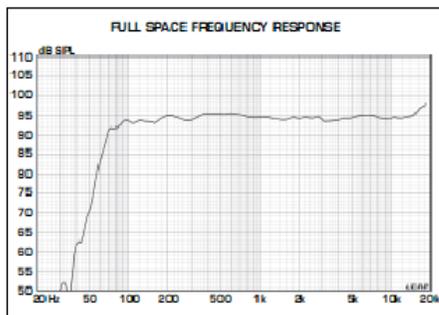
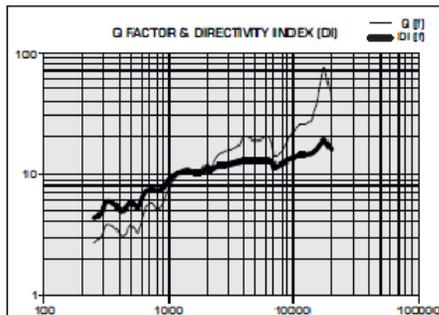
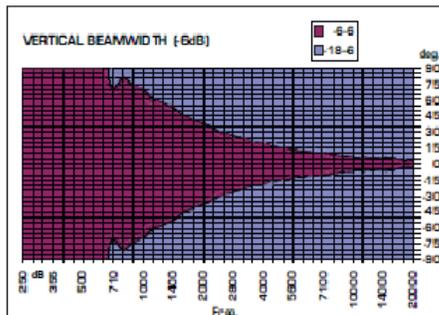
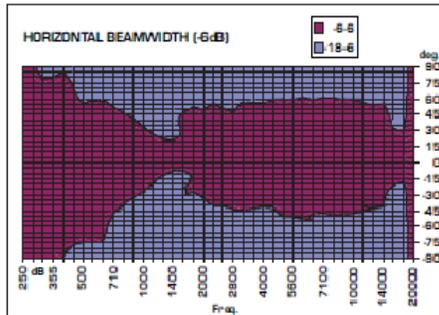
Low Frequency Woofer	2 x 6.5" - 1.7" coil
High Frequency Driver	1 x 1.4" - 2.5" coil
Input Connectors	2 x Speakon NL4 in & thru
Net Dimensions (WxHxD)	22.6" x 8.7" x 15.1" 574 x 220 x 383mm
Shipping Dimensions (WxHxD)	25.98" x 11.02" x 18.11" 660 x 280 x 460mm
Net Weight	29.8 lbs / 13.5kg
Shipping Weight	33.5 lbs / 15.2kg
Enclosure Material	polypropylene gas-injected

* CONT. SPL: free space, based on recommended amp rating and LF transducer average sensitivity data, 125ms time average
PEAK SPL: free space, based on short term applicable power rating and system peak sensitivity, 10ms time average



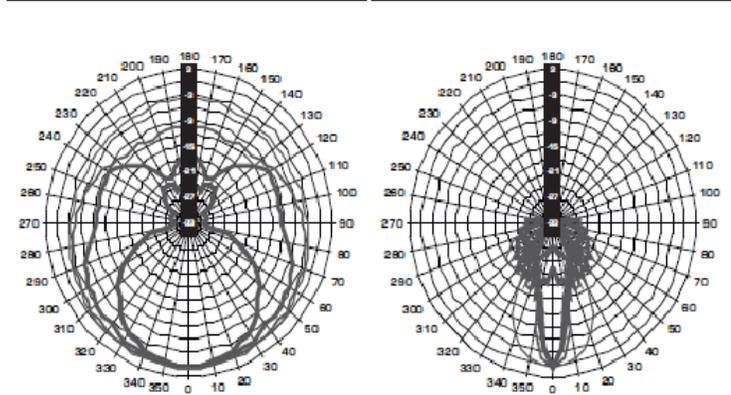
FBT Elettronica s.p.a. - Via Paolo Soprani 1- Zona Ind.le Squartabue - 62019 RECANATI - ITALY
Tel. 071 750591 - Fax 071 7505920 - e.mail: info@fbt.it - www.fbt.it

DIAGRAMS



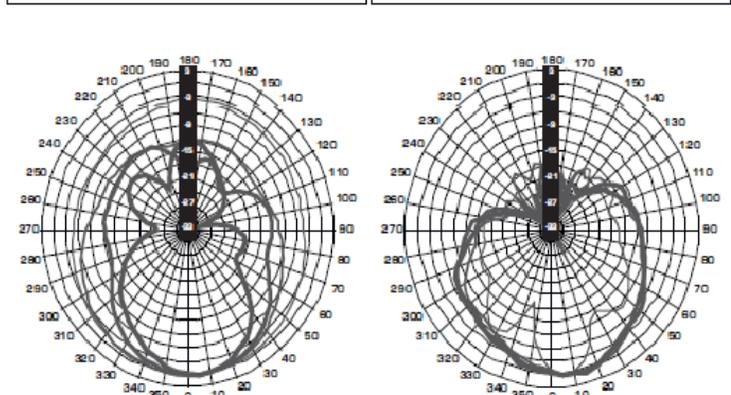
VERTICAL POLAR DIAGRAM **VERTICAL POLAR DIAGRAM**

Legend: 250, 500, 1000, 2000 4000, 8000, 12500, 16000



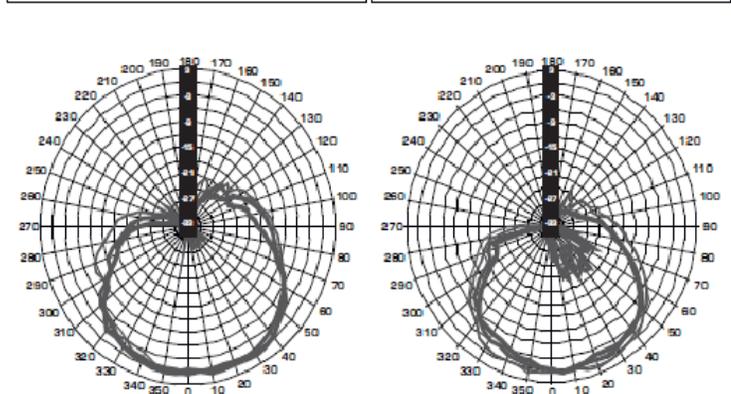
HORIZONTAL POLAR DIAGRAM **HORIZONTAL POLAR DIAGRAM**

Legend: 250, 500, 1000, 2000 1400, 2000, 2500, 3150



HORIZONTAL POLAR DIAGRAM **HORIZONTAL POLAR DIAGRAM**

Legend: 4000, 5000, 6300, 8000 9000, 10000, 12500, 14000



SUBLine 185

Sound Reinforcement Subwoofer
1200W RMS - 136dB SPL

- Neutrik Speakon NL - 4MDV connectors IN & LINK OUT
- External digital processor required: FBT DLM26 Digital Loudspeaker Management



Model	SUBLine 185	
Configuration	way	1 reflex
Recommended amplifier	W rms	1200
Long term power	W	600
Short term power IEC 268-5	W	2400
Nominal impedance	Ohm	4
Frequency response	@-6dB	33hz - 400hz
Low frequency woofer	inch	18 - 3 coil
High frequency driver	inch	-
Sensitivity (@1W/1m)	dB	98,5
Maximum SPL c ont/peak (Bi-Amp)	dB	133 / 136 half-space
Dispersion	H x V	omnidirectional
Crossover frequency	kHz	external active
Recommended HP filter		28hz - 24dboct
Input connectors		2 x Speakon NL4 in & throu
Net dimensions (WxHxD)	mm inch	510x629x650 20.07x24.76x25.59
Net weight	kg/lb	39 / 85.98
Transport dimensions(WxHxD)	mm inch	700x790x800 27.55x31.10x31.49
Transport weight	kg/lb	50 / 110.23



SERIE DE AMPLIFICADORES DE POTENCIA GX

Amplificadores profesionales de potencia

BIENVENIDO

Gracias por adquirir un amplificador de QSC Audio. La serie GX es la última de una larga línea de amplificadores resistentes y de bajo costo, diseñados para producir los mejores resultados a una gran variedad de usuarios. En la mayoría de los casos, puede enchufar y reproducir sin sorpresas, pero para obtener resultados óptimos, recomendamos que revise la guía del usuario adjunta.

DESEMBALAJE

Confirme que el amplificador no haya sufrido daños visibles durante el envío. Confirme que el amplificador tenga el cable de CA y la clasificación de voltaje correctos para su región (consulte la placa con el número de serie en el panel posterior). Es buena idea guardar la caja en el caso de que sea necesario devolver el amplificador, al menos hasta el momento de haberlo probado.

ASISTENCIA Y SERVICIO TÉCNICO

QSC Audio Products mantiene una red internacional de distribuidores y centros de servicio. Estas agencias locales podrán responder sus preguntas y solucionar cualquier problema.

SITIO WEB DE QSC

Nuestro sitio web, www.qscaudio.com, se mantiene en la fábrica y está disponible en varios idiomas. Visítelo frecuentemente para leer los anuncios nuevos, ver las preguntas típicas y enterarse de otra información para el usuario.

PRECAUCIONES IMPORTANTES DE SEGURIDAD

Los productos de QSC están diseñados para su operación segura, y agencias reconocidas de seguridad de los productos certifican que cumplen con todas normas habituales para este tipo de producto. Sin embargo, dentro de este amplificador existen voltajes peligrosos y niveles de potencia. Se solicita al usuario leer las precauciones en este manual. Si el producto se ha caído, abollado, mojado o parece tener piezas sueltas en su interior, se aumentará el riesgo de sufrir descargas eléctricas. Desenchufe el cable de CA y lleve el producto al personal de servicio calificado para su inspección y reparaciones.

CLASIFICACIONES DE POTENCIA

Vatios a un recorte del 0.1%, ambos canales excitados

Modelo	8 ohmios	4 ohmios	2 ohmios*
GX3	300	425	200
GX5	500	700	350

*NOTA: No se recomienda una carga de 2 ohmios para uso a alta potencia. Para evitar la limitación de protección, utilícelo sólo a niveles bajos.



CARACTERÍSTICAS

Niveles de potencia equiparados a los altavoces más populares usados por los artistas.

Optimizado para un máximo espacio libre del mundo real en sistemas de altavoces de 4Ω y 8Ω.

Entradas: Conectores XLR, TRS de 1/4" y de entrada de sonido compatibles con cualquier fuente.

Salidas: La combinación Speakon® acepta enchufes de 1/4" (TS) o enchufes Speakon de 2 polos y de 4 polos (sólo conecta 2 polos). Los bornes de conexión aceptan todos los demás sistemas de cableado de altavoces.

El chasis de profundidad mínima (sólo 10.1" / 257 mm) cabe en bastidores para equipo de efectos, que son compactos y económicos.

Liviano – menos de 26 lbs (12.5 kg).

Controles de ganancia con retenes para ajustar y equiparar la sensibilidad.

GuardRail automáticamente protege el amplificador y los altavoces contra daños debido al aumento de la temperatura o a la sobreexcitación sin interrumpir el espectáculo.

Los indicadores LED del panel frontal supervisan la potencia, la señal y el recorte.

Cruce de subwoofer / satelital incorporado.



SERIE DE AMPLIFICADORES DE POTENCIA GX



ESPECIFICACIONES

	GX3	GX5
LAS ESPECIFICACIONES ESTÁN SUJETAS A CAMBIAR SIN PREVIO AVISO.		
POTENCIA DE SALIDA, 1 kHz, 0,1 % de recorte		
8Ω, ambos canales excitados	300 W	500 W
8Ω, un solo canal excitado	350 W	600 W
4Ω, ambos canales excitados	425 W	700 W
4Ω, un solo canal excitado	500 W	850 W
2Ω, ambos canales excitados, 1% de recorte	200 W	350 W
SEÑAL A RUIDO (20 Hz – 20 kHz)	100 dB	
SENSIBILIDAD DE ENTRADA	1.2 Vrms	
GANANCIA DE VOLTAJE A 8Ω	32.2 dB	34.4 dB
CIRCUITO DE SALIDA	Clase B	Clase H de 2 niveles
REQUISITOS DE POTENCIA (1/8 de potencia, ruido rosado a 4Ω 120 V CA)	6.3 A	6 A
DISTORSIÓN (1 dB por debajo de la potencia nominal, 20 – 20 kHz)	8Ω, menos del 0.05% 4Ω, menos del 0.1%	
RESPUESTA DE FRECUENCIA	20 – 20kHz, +0, -1dB	
ESPACIO LIBRE DINÁMICO, 4Ω	2dB	
FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO	100	
IMPEDANCIA DE ENTRADA	Mayor que 20K ohmios (equilibrado o no equilibrado)	
NIVEL DE ENTRADA MÁXIMA	+24 dB (16 Vrms)	
CONECTORES DE ENTRADA, cada canal	XLR de 3 patillas y TRS de 1/4", equilibrados, paralelos Sonido, desequilibrado	
CONECTORES DE SALIDA, cada canal	Speakon®, 1/4", bornes de conexión	
PROTECCIÓN DEL AMPLIFICADOR Y DE LA CARGA	Protección contra cortocircuito, circuito abierto, térmica y de RF. Carga protegida contra fallas de CC	
CONTROLES E INDICADORES, PANEL FRONTAL	Controles de ganancia, 21 retenes Indicadores LED rojos de recorte, proporcional, 0.1% del umbral de THD. Indicadores LED verdes de señal, umbral -35 dB Indicador LED azul de encendido, CA encendido.	
CONTROLES, PANEL POSTERIOR	Intervalo completo / conmutador de cruce 100 Hz, LP de tercer orden (sub), HP de segundo orden HP (superior).	
DIMENSIONES (HWD)	3.5" (2RU) x 19" x 10.1" (89 mm x 483 mm x 257 mm)	
PESO – Envío / Neto	30 / 25 lbs (13.5 / 11.5 kg)	31 / 26 lbs (14 / 12 kg)
APROBACIONES DE AGENCIAS	Cumplimiento con UL, CE, RoHS / WEEE	



YAMAHA DM2000VCM

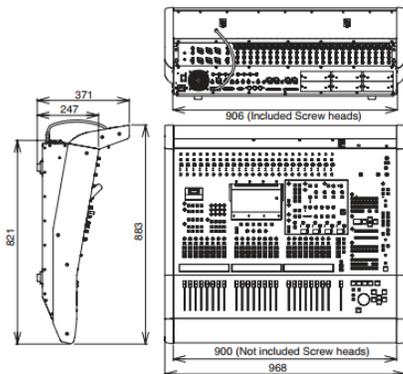
GENERAL SPECIFICATIONS

Internal processing	32bit (Accumulator=58bit)
Number of scene memories	99
Sampling frequency rate	Internal: 44.1kHz, 48kHz, 88.2kHz, 96kHz External: Normal rate 44.1kHz (-10%) to 48kHz (+6%) Double rate 88.2kHz (-10%) to 96kHz (+6%)
Signal Delay	Less than 2.3 ms CH INPUT to STEREO OUT (@fs=48 kHz) Less than 1.2 ms CH INPUT to STEREO OUT (@fs=96 kHz)
Total harmonic distortion *1 CH INPUT to STEREO OUT Input Gain=Min.	Less than 0.05%, 20Hz to 20kHz @+14dB into 600Ω Less than 0.01%, 1kHz @+18dB into 600Ω (@fs=48kHz) Less than 0.05%, 20Hz to 40kHz @+14dB into 600Ω Less than 0.01%, 1kHz @+18dB into 600Ω (@fs=96kHz)
Frequency response CH INPUT to STEREO OUT	20Hz - 20kHz, 0.5, -1.5dB, @+4dB into 600Ω (@fs=48kHz) 20Hz - 40kHz, 0.5, -1.5dB, @+4dB into 600Ω (@fs=96kHz)
Dynamic range (maximum level to noise level)	110dB typ, DA Converter (STEREO OUT) 108dB typ, AD+DA (to STEREO OUT) (@fs=48kHz) 106dB typ, AD+DA (to STEREO OUT) (@fs=96kHz)
Hum & noise level *2 (20Hz to 20kHz) Rs=150ohms Input Gain=Max Input Pad=0dB Input Sensitivity=-60dB	-128dBu Equivalent Input Noise -92dBu residual output noise. STEREO OUT STEREO OUT off STEREO OUT -92dBu(96dB S/N) STEREO OUT STEREO fader at nominal level and all CH INPUT faders at minimum level -64dBu(68dB S/N) STEREO OUT STEREO fader at nominal level and one CH INPUT fader at nominal level
Crosstalk (@1kHz) Input GAIN=min	-80dB adjacent input channels (CH1-24) -80dB input to output
Power requirements	Japan: AC100V 50/60Hz, 300W North America: AC120V, 60Hz, 300W Other Areas: AC220-240V, 50/60Hz, 300W
Dimensions (W x H x D)	DM2000: 906 x 257 x 821mm (35.7" x 10.2" x 32.3") With MB & SP: 968 x 371 x 883mm (38.1" x 14.6" x 34.8")
Weight	DM2000: 43.0kg (94.8lbs) With MB & SP: 51.6kg (113.8lbs)

*1. Total Harmonic Distortion is measured with a 6dB/octave filter @80kHz

*2. Hum&Noise are measured with 6dB/octave filter @12.7kHz; equivalent to a 20kHz filter with infinite dB/octave attenuation.

DIMENSIONS



unit : mm

ANALOG INPUT SPECIFICATIONS

Input terminal	PAD	GAIN	Actual load impedance	For use with nominal	Input level			Connector
					Sensitivity	Nominal	Max. before clip	
CH INPUT A/B 1-24	0	-60dB	3kΩ	50-600Ω Mics & 600Ω Lines	-70dBu	-60dBu	-46dBu	A: XLR3-31 type (Balanced) B: TRS Phone jack (Balanced)
	26	-16dB			0dB	+10dBu	+24dBu	
INSERT IN 1-24			10kΩ	600Ω Lines	-6dBu	+4dBu	+18dBu	TRS Phone jack (Balanced)
2TR IN ANALOG1(L,R)			10kΩ	600Ω Lines	+4dBu	+4dBu	+18dBu	TRS Phone jack (Balanced)
2TR IN ANALOG2(L,R)			10kΩ	600Ω Lines	-10dBu	-10dBu	+4dBu	RCA pin jack (Unbalanced)

ANALOG OUTPUT SPECIFICATIONS

Output terminals	Actual source impedance	For use with nominal	GAIN SW	Output terminals		Connectors
				Nominal	Max. before Clip	
STEREO OUT (L,R)	600Ω	10kΩ Lines	—	-10dBV	+4dBV	RCA pin jack (Unbalanced)
	150Ω	600Ω Lines	—	+4dBu	+18dBu	XLR3-32 type (Balanced)
STUDIO MONITOR OUT(L,R)	150Ω	10kΩ Lines	—	+4dBu	+18dBu	TRS Phone jack (Balanced)
C-R MONITOR OUT LARGE(L,R)	150Ω	600Ω Lines	—	+4dBu	+18dBu	XLR3-32 type (Balanced)
C-R MONITOR OUT SMALL(L,R)	150Ω	600Ω Lines	—	+4dBu	+18dBu	XLR3-32 type (Balanced)
OMNI OUT 1-8	150Ω	10kΩ Lines	+18dBu (default)	+4dBu	+18dBu	TRS Phone jack (Balanced)
			+4dBu	-10dBu	+4dBu	
INSERT OUT 1-24	600Ω	10kΩ Lines	—	+4dBu	+18dBu	TRS Phone jack (Balanced)
PHONES	100Ω	8Ω Lines	—	4mW	25mW	ST Phone jack (Unbalanced)
		40Ω Lines	—	12mW	75mW	

DIGITAL INPUT SPECIFICATIONS

Terminal	Format	Data length	Level	Connector	
2TR IN DIGITAL	1	AES/EBU	24bit	RS422	XLR3-31 type (Balanced)
	2	AES/EBU	24bit	RS422	XLR3-31 type (Balanced)
	3	IEC-60958	24bit	0.5Vpp/75Ω	RCA pin jack
CASCADE IN	—	—	RS422	D-sub Half Pitch Connector 68P (female)	

DIGITAL OUTPUT SPECIFICATIONS

Terminal	Format	Data length	Level	Connector	
2TR OUT DIGITAL	1	AES/EBU (Professional use)	24bit	RS422	XLR3-31 type (Balanced)
	2	AES/EBU (Professional use)	24bit	RS422	XLR3-31 type (Balanced)
	3	IEC-60958 (Consumer Use)	24bit	0.5Vpp/75Ω	RCA pin jack
CASCADE OUT	—	—	RS422	D-sub Half Pitch Connector 68P (female)	

0dB=0.775Vrms; 0dBV=1.00Vrms