

RAE

1. TIPO DE DOCUMENTO: Trabajo de Grado para optar por el título de INGENIERO DE SONIDO

2. TÍTULO: Creación e implementación de sonido 3D para una producción de audio con fines publicitarios

3. AUTOR (ES): Natalia del Pilar Farfán León, Laura Nataly Villa Arrieta

4. LUGAR: Bogotá D.C

5. FECHA: Junio de 2014

6. PALABRAS CLAVES: Sonido 3d, ambiophonics, ambiofonía, estereofonía, sistemas envolventes, audio publicitario, ambiófono, ambiophone, grabación ambiofónica, sonido surround publicidad, ambiopolo.

7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO: El objetivo principal de este proyecto es Implementar sonido 3D a través del sistema ambiofónico con el fin de evaluar su impacto en una producción de audio con fines publicitarios, diseñando una cuña publicitaria basada en una combinación espacial de los elementos narrativos voz, música, efectos y silencio, formalizándose en los formatos sonoros, estéreo y ambiofónico. Construir un ambiófono para el registro de audio requerido en la cuña publicitaria. Mezclar y procesar las señales registradas, mediante el algoritmo RACE anteriormente calibrado, con el fin de eliminar la diafonía acústica y obtener realismo virtual.

Seleccionar y adecuar un espacio que cumpla con las características de reproducción e implementar el material ambiofónico obtenido. Realizar el arreglo de altavoces para un ambiopolo frontal y uno posterior de ambiencia por convolución y finalmente diseñar una encuesta referida a los contenidos publicitarios elaborados a la población de estudiantes de la Universidad de San Buenaventura para evaluar el comportamiento del sistema y la percepción subjetiva que dicho sistema ofrece.

8. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: la línea de investigación de la Universidad de San Buenaventura: Tecnologías actuales y sociedad. Campo temático del programa: procesamiento de señales digitales y analógicas

9. METODOLOGÍA: Es de carácter empírico analítico de investigación, inicialmente se obtuvieron las bases teóricas adecuadas que permiten establecer un planteamiento coherente para el desarrollo de la investigación y e implementar el sonido 3D a una producción de audio con fines publicitarios.

10. CONCLUSIONES:

- Se implementó sonido 3D a través del sistema ambiofónico mediante el algoritmo RACE y se demuestra que impacta de manera positiva al receptor generando nuevas experiencias que le facilitan recordar el mensaje publicitario, superando las limitaciones de espacialidad del sistema convencional estereofónico, además la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad de San Buenaventura determinó que el sistema ambiofónico consigue una mayor estimulación sensorial gracias a su espacialidad, una mayor efectividad para captar la atención, un mayor impacto, recuperación y mejor integración perceptiva del mensaje. Gracias a su espacialidad, dota de mayor credibilidad al mensaje consiguiendo un mayor realismo y una mayor intensidad expresiva.
- El mensaje publicitario reproducido en el sistema ambiofónico supero en todos los aspectos de naturalidad, profundidad, definición de centros y extremos frente al sistema estereofónico, alejándose este, de trasladar a sus contenidos la naturalidad de nuestro entorno sonoro cotidiano. Se desaprovechan tecnologías como el sistema ambiofónico capaz de captar las sensaciones de los entornos sonoros para utilizarlas como refuerzo expresivo y generar un mayor grado de identificación que facilita la estructuración del mensaje y la recuperación de la información.

**CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SONIDO 3D A TRAVÉS DEL SISTEMA
AMBIOFÓNICO PARA UNA PRODUCCIÓN DE AUDIO CON FINES
PUBLICITARIOS**

**NATALIA DEL PILAR FARFÁN LEÓN
LAURA NATALY VILLA ARRIETA**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA DE SONIDO
BOGOTA D.C
2014**

**CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SONIDO 3D A TRAVÉS DEL SISTEMA
AMBIOFÓNICO PARA UNA PRODUCCIÓN DE AUDIO CON FINES
PUBLICITARIOS**

**NATALIA DEL PILAR FARFÁN LEÓN
LAURA NATALY VILLA ARRIETA**

**Trabajo presentado como requisito para optar por el título de profesional
en Ingeniería de Sonido
Director: Marcelo Herrera Martínez**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA DE SONIDO
BOGOTA D.C
2014**

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, Abril 05 de 2014

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las personas que directa o indirectamente, participaron en el desarrollo de este proyecto entre ellas estudiantes y profesionales de diferentes áreas cuyos conceptos, ideas y aportes resultaron de gran ayuda para la culminación del mismo.

Un especial agradecimiento a la Orquesta Filarmónica de Bogotá (FOB) por permitirnos grabar uno de sus conciertos en el auditorio León De Greiff de la Universidad Nacional de Colombia y también al profesor Marcelo Herrera, tutor de este proyecto de grado, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua del mismo.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias y amigos por su confianza y apoyo incondicional durante nuestra carrera universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 Antecedentes.....	10
1.2 Descripción y formulación del problema.....	17
1.3 Justificación.....	18
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo General.....	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
1.5 Alcances y limitaciones.....	19
1.5.1 Alcances.....	19
1.5.2 Limitaciones.....	20
2 METODOLOGÍA.....	21
2.1 Enfoque de la investigación.....	21
2.2 Técnicas de recolección de información.....	21
2.3 Variables.....	22
2.3.1 Variables independientes.....	22
2.3.2 Variables dependientes.....	22
2.4 Hipótesis.....	22
3 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL.....	23
3.1 Comportamiento y respuesta del oído humano.....	23
3.2 Procesamiento digital de señales.....	25
3.2.1 Convolución y respuesta al impulso.....	25
3.2.2 Sonido ambiente por convolución.....	30
3.2.3 Filtro de peine.....	32
3.3 Localización espacial del sonido.....	34
3.3.1 Indicios Binaurales.....	35
3.3.2 Indicios espectrales monoaurales.....	36
3.3.3 Función de transferencia anatómica (HRTF).....	37
3.4 Limitaciones acústicas en el sistema estéreo.....	38
3.4.1 El triángulo estéreo.....	39
3.4.2 Diafonía acústica.....	40

3.5	Ambiofonía.....	42
3.5.1	¿Qué es realismo en una reproducción sonora?	42
3.5.2	Sistema Ambiofónico	43
3.5.3	Sistema Ambiofónico básico: un ambiopolo	44
3.5.4	Grabación Ambiofónica	46
3.5.5	Procesador RACE	49
3.5.6	Sala de reproducción	54
3.5.7	Altavoces frontales	59
3.6	Publicidad.....	60
3.6.1	El audio en la publicidad	60
3.6.2	Características particulares de una cuña publicitaria en el sistema ambiofónico	61
3.6.3	Duración del mensaje	62
3.6.4	Concreción y Claridad comunicativa del mensaje publicitario	62
3.6.5	Comprensión e integración del mensaje	63
3.6.6	Cuña publicitaria	63
3.6.7	Sensorialidad: estimulación, excitación y sensación del mensaje publicitario.....	64
3.6.8	Percepción.....	66
3.7	Técnicas de medición de la eficacia publicitaria.....	69
3.8	Encuesta	70
3.9	Muestreo	71
4	MARCO NORMATIVO	73
5	DESARROLLO INGENIERIL	75
5.1	Diagrama de flujo del proyecto.....	75
5.2	Diseño y Construcción del Ambiófono	76
5.3	Diseño de la cuña publicitaria.....	84
5.4	Grabación, edición y mezcla.....	86
5.5	Reproducción del sistema ambiofónico	93
5.5.1	Espacialidad del sistema ambiofónico frente al sistema estereofónico y 5.1	93
5.5.2	Medición del recinto	5
5.5.3	Calibración del algoritmo RACE	6
5.5.4	Reproducción del sistema.....	11

5.6	Encuesta	12
5.6.1	Método de evaluación.....	12
5.6.2	Diseño experimental – Encuesta-.....	13
5.6.3	Variables	14
5.6.4	Muestra	14
5.7	Experimento cuantitativo y cualitativo	15
5.8	Formato de encuesta	15
6	ANÁLISIS DE DATOS	17
6.1.1	Tiempo de reverberación sin tratamiento acústico	17
6.1.2	Tiempo de reverberación del recinto tratado	21
6.1.3	Tabulación y resultados	22
7	CONCLUSIONES.....	38
8	RECOMENDACIONES.....	42
9	BIBLIOGRAFIA.....	43
10	ANEXOS	45

Lista de figuras

Fig.1. Sistema lineal continuo e invariable en el tiempo	26
Fig.2. Función delta de Dirac o función impulso unitario	27
Fig.3. Representación de la función delta de Dirac o función impulso unitario.....	27
Fig.4. Diagrama de bloques – Sonido ambiente por convolución	31
Fig.5. Diferencia Interaural de Intensidad	35
Fig.6. Diferencia Interaural de Tiempo.....	36
Fig.7. Cono de confusión	36
Fig.8. Funciones del pabellón auditivo, según Batteau (1967).....	37
Fig.9. Triangulo estéreo	39
Fig.10. Diafonía acústica (Crosstalk).	40
Fig.11. Ambipolo con barrera acústica para la eliminación de la diafonía acústica entre altavoces.....	45
Fig.12. Reproducción de un sistema ambiofónico básico, ambipolo.....	46
Fig.13. Grabación Ambiofónica.....	47
Fig.14. Ambiófono, dos micrófonos omnidireccionales.....	48
Fig.15. Diagrama de bloques RACE	51
Fig.16. Reflexión de ondas sonoras al incidir en diferentes superficies de un recinto.....	56
Fig.17. Incidencia del sonido en una superficie	57
Fig.18. Anatomía de la cabeza.....	77
Fig.19. Ambiófono	79
Fig.20. Diseño de ambiófono, Vista frontal	79
Fig.21. Ambiófono Vista Lateral y posterior	80
Fig.22. SonoacusticsWaves de 35mm.....	81
Fig.23. Diseño de paneles para el ambiófono	82
Fig.24. Foto, diseño final del Ambiófono	83
Fig.25. Auditorio León de Greiff Universidad Nacional	86
Fig.26. Planta General Auditorio León de Greiff	87
Fig.27. Disposición Orquesta Filarmónica.....	88
Fig.28. Ambiófono en grabación de la Orquesta filarmónica de Bogotá.....	89
Fig.29. Cuadro comparativo de la evaluación subjetiva de los sistemas de audio ..	2
Fig.30. Grafica comparativa de la evaluación subjetiva de los sistemas de audio...	3
Fig.31. Localización en un sistema panambiofónico	4
Fig.32. Localización de una mezcla estereofónica	4
Fig.33. Localización de una mezcla estereofónica	5
Fig.34. Panambiófono, 4 canales de altavoces.....	12
Fig.35. Planta, Recinto de medición.....	17
Fig.36. Vista cenital del recinto de medición.....	18
Fig.37. Vista lateral del recinto de medición	18
Fig.38. Medición del Recinto con acondicionamiento acústico	21
Fig.39. Acondicionamiento acústico del recinto	21

Lista de tablas

Tabla 1. Tabla resumen de parámetros de algoritmo RACE	53
Tabla 2: Coeficiente de absorción para cada banda de frecuencia del material sonoacustics waves	81
Tabla 3: Guion para el sistema de audio ambiofónico	85
Tabla 4: Guion para el sistema de audio estereofónico.....	85
Tabla 5: Mezcla Ambiofónica	91
Tabla 6: Mezcla Estereofónica.....	92
Tabla 7: Tabla de Tiempo de reverberación en los puntos de medición	19
Tabla 8: Tabla de Tiempo de reverberación en los puntos de medición	22

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Respuesta al Impulso	28
Ecuación 2: Filtro caracterizado por su respuesta al impulso.....	28
Ecuación 3: Diferencia Interaural de Intensidad.....	35
Ecuación 4: Diferencia Interaural de Tiempo.....	35
Ecuación 5: Función de Transferencia	37
Ecuación 6: Relación Trigonométrica	40
Ecuación 7: Tamaño Muestral.....	71
Ecuación 8: Tamaño de la muestra.....	14
Ecuación 9: Desviación estándar	20
Ecuación 10: Coeficiente de variación.....	20

Lista de Graficas

Grafica 1 : Curvas isofónicas.....	23
Grafica 2: Respuesta del oído externo.	24
Grafica 3: Filtro de peine, respuesta en frecuencia resultante una serie de angostos valles por cancelación.	33
Grafica 4: Curva de valoración de ruido de fondo NC.....	59
Grafica 5: Coeficiente de Absorción, Sonoacustics Waves de 35mm.....	82
Grafica 6: Atributos de la cuña publicitaria.....	29
Grafica 7: Evaluación de los aspectos recordados, primer y segundo instrumento de medición	30

Glosario

- Surround: sonido envolvente o sonido 3D, se refiere al uso de múltiples canales de audio para provocar efectos envolventes a la audiencia.
- RACE: Recursive Ambiophonics Crosstalk Eliminator (Eliminación Ambiofónica Recursiva de Diafonía).
- Crosstalk: significa diafonía acústica.
- Crosstalk Cancellation (XTC): cancelador de diafonía acústica (Crosstalk).
- Ambiopolo: Un ambiopolo está formado por un par de altavoces, situados en un ángulo entre ellos de unos 20° a 30°, a los cuales se les incorpora cancelación de diafonía (Crosstalk canceller - XTC), generalmente mediante tratamiento DSP.
- Ambiophonics: El sistema Ambiophonics más simple está formado por un solo ambiopolo, siendo la presencia de XTC (aportado por el algoritmo RACE) su característica principal.
- Panorambiophonics: el sistema está formado por dos ambiopolos, uno delantero y otro trasero, reproduciendo audio procesado por RACE, de forma que se podrían cubrir cerca de los 360° máximos disponibles con buena precisión de foco en localización virtual. Este sistema recibe el nombre de Panambio.
- Ambiófono: simulación de cabeza humana con 2 micrófonos de grabación compatible con el sistema estéreo para la grabación ambiofónica.
- Ambiovolver: El sistema está formado por un ambiopolo frontal y numerosos altavoces de ambiente (surround). Para los altavoces de ambiente la señal emitida se genera por convolución de la principal. Este sistema anexo al ambiopolo es lo que en Ambiophonics se conoce como Ambiovolver.
- Flanger (flanging): es el efecto de audio que produce un sonido metalizado oscilante, sobre todo en frecuencias medias y altas. El efecto flanger se obtiene duplicando la onda sonora original; una de las ondas se mantiene limpia de procesado, la segunda se desfasa moduladamente, aumentando o disminuyendo su retraso con una oscilación determinada.
- Phaser (phasing): es un procesamiento digital de audio que produce un efecto de sonido similar al flanger. La señal se dobla y luego se le aplica un retraso. Al sumarla con la señal original se produce un efecto phasing demodulación entre una señal y la otra. La diferencia principal con el flanger, es que las cancelaciones de fase de phaser son exponenciales (1, 2, 4, 8, 16, etc) y las del flanger no (1, 2, 3, 4, 5, etc).
- Cabeza dummy: es un prototipo de cabeza binaural el cual hace posible tener una idea más amplia de cómo sería el comportamiento del oído humano, este prototipo permite apreciar la percepción humana del sonido.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la espacialidad en el sonido es una preocupación para muchos audiófilos e interesados en el campo del sonido que surge desde tiempo atrás con el fin de crear, reconstruir o imitar un entorno sonoro natural que proporcione la sensación y estimulación que éste consigue en el ser humano, sin embargo las formas más sofisticadas de la espacialidad en el sonido a menudo se limitan a los que tienen acceso a importantes recursos técnicos.

Los recientes avances tecnológicos han incrementado el acceso a sistemas de alta calidad, audio multicanal, estaciones de trabajo y nuevas aplicaciones para la espacialidad: realidad virtual, computación multimedia, películas y videojuegos que utilizan el sonido envolvente de alguna manera.

Todos estos factores han llevado a un renovado interés en las técnicas de espacialidad del sonido, ofreciendo un enorme potencial para el desarrollo acelerado del campo.

Es el caso del sistema ambiofónico que se puede considerar en la grabación y reproducción de un escenario frontal de música o teatro como el reemplazo del sonido estereofónico, 5.1 y demás sistemas multicanal que no corrigen la información cruzada presente en la reproducción. Dicho sistema sumerge al oyente en un espacio acústico real y proporciona la sensación de estar compartiendo con los intérpretes o ejecutantes en un escenario situado justo en frente, creando la ilusión de estar allí y ofreciendo un realismo palpable, incluso desde grabaciones estándar de dos canales tales como LPs, CDs, DVDs, SACD ó a través de un ambiófono, si de mayor profundidad y realismo se trata.

La búsqueda que comprende la recreación de sensaciones espaciales próximas a la realidad es, sin lugar a dudas, uno de los principales objetivos de la tecnología ambiofónica que entrega a uno o dos oyentes en casa una réplica realista de la experiencia en una sala de conciertos ya que se ajusta a las características individuales del pabellón auricular, minimizando así, la correlación interaural, generando reflexiones tempranas y campos reverberantes de respuestas al impulso reales, eliminando el filtro de peine debido a la diafonía entre altavoces y usando un tratamiento adecuado de la sala de escucha con el fin de que no se perjudique la ilusión del oyente.

Por otra parte, una publicidad de audio al no estar sometida a un referente físico visual, favorece una mayor libertad para estimular y excitar sensorialmente al individuo receptor. Sin duda, es un medio que favorece la creación y evocación de personajes, objetos y escenarios al precisar la participación activa del receptor, lo que la sitúa en una posición de privilegio para la excitación sensorial a través de sus contenidos.

Sin embargo, la limitación espacial que imponen los estándares tecnológicos de emisión actuales -sistemas mono y estéreo-, le impiden conseguir una sensación de espacialidad comparable al entorno natural, lo que disminuye de forma notable la integración perceptiva del mensaje, ya que no es comparable la sensación producida por un mensaje sonoro construido con un sistema de representación espacial de eje frontal de 60 grados como el sistema estéreo convencional, frente a la sensación producida por el mismo sonido pero recreado en un campo sonoro con carácter circundante de 180 o 360 grados.

Considerando que el éxito del mensaje publicitario se ve influido tanto por los aspectos de la forma sonora como por el carácter emocional de los contenidos y que uno podría realzar o atenuar la acción de los otros, es imprescindible reiterar la necesidad de estimular la imaginación del oyente, provocar un vínculo emocional con el mismo y, por supuesto, conseguir reforzar el factor memoria-recuerdo. No obstante, a pesar de asumir que es un medio ventajoso desde un punto de vista comunicativo por su facilidad para estimular sensorialmente y por su extraordinaria capacidad para movilizar la imaginación, una gran mayoría de los creativos parecen priorizar la sensorialidad básicamente a través del texto, relegando e incluso olvidando la capacidad expresiva que ofrece el resto de los elementos sonoros y, en especial, el propio tratamiento de la forma sonora, es decir, el valor añadido que hoy día es capaz de aportar la tecnología. Es oportuno mencionar el estancamiento que experimenta el sonido en la publicidad, consecuencia de un escaso proceso evolutivo a nivel tecnológico. El sonido queda, así, relegado a un papel secundario sin tener en cuenta que el vínculo tecnología-expresividad, es un factor principal capaz de dotar al mensaje de una identidad y capacidad comunicativa significantes.

Por lo tanto, el citado estancamiento tecnológico y la escasa creatividad y eficacia publicitaria que sufre el medio nos lleva a un estudio fundamentado en la aplicación de una novedosa tecnología de sonido, cuyo objetivo prioritario en este caso, consiste en dotar al mensaje publicitario de un mayor realismo, credibilidad, efecto recuerdo y versatilidad.

Con el fin de facilitar la construcción de un nuevo concepto de mensaje publicitario, proponemos la aplicación del sistema Ambiofónico que brinda la posibilidad de recrear un entorno global, donde el oyente pueda sentirse inmerso en una ambientación espacial cotidiana sin someterse a un único eje frontal de 120° o 60° en el mejor de los casos, teniendo en cuenta que el ser humano posee una escucha omnidireccional capaz de recibir información de los 360°.

Por tanto, el objetivo principal del presente proyecto es resaltar que una producción publicitaria con el sistema ambiofónico puede tener un mayor impacto sensorial, siendo claramente capaz de lograr una mayor eficacia publicitaria frente a los sistemas mono y estéreo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El sonido envolvente es un avance tecnológico que tiene como objetivo, recrear, en la medida de lo posible, un ambiente sonoro que se aproxime al concepto espacial envolvente de un entorno real. Es innegable que estos sistemas dotan a la expresión sonora de un mayor realismo, ya que puede representar un paisaje sonoro más definido y proporcionar una escucha más natural.

La preocupación por la espacialidad del sonido no es exclusiva de nuestros días. Existen antecedentes en el siglo XVI, donde los cantos de la tradición poli coral se interpretaban desde dos o más lugares diferentes en busca de nuevas sensaciones. En los siglos XVIII y XIX, compositores como Beethoven, Berlioz y Gustav Mahler, escribieron música utilizando la movilidad de la orquesta para crear ilusiones de la espacialidad sonora.

La primera grabación registrada usando múltiples canales de audio para dar un efecto de espacialidad ocurrió hace más de un siglo con los experimentos de Clement Ader quien uso varios conjuntos de transmisores y receptores telefónicos para transmitir el sonido de acontecimientos remotos en la exposición de electricidad de Paris en 1881, principalmente con el fin de mejorar la transmisión telefónica de las óperas de aquellos tiempos. Sin embargo, ningún trabajo adicional se realizó en audio multicanal hasta principios del siglo XX, cuando en la década de 1920 se desarrollaron los primeros auriculares estereofónicos, un sistema binaural desarrollado por Harvey Fletcher y su equipo de *Bell Telephone Laboratories*. Ya que las señales binaurales no son aptas para la reproducción a través de altavoces, se hizo necesario trabajar en el desarrollo de otros métodos que fueran apropiados para más de un oyente.

Así, *Bell Telephone Laboratories*, estudia la espacialidad sonora desarrollando un sistema que emplea una cortina de micrófonos frente al escenario o fuente de sonido y alimenta a una cortina similar de altavoces, con la intención de recrear el frente de onda de sonido original, sugiriendo que se puede producir una réplica exacta y realista de un evento musical y los oyentes podrían sentarse en cualquier lugar detrás de esta cortina, mover sus cabezas y aun así escuchar un campo sonoro realista. Como sabemos, para lograr esto se requiere de un gran número de canales e incluso si fuera económicamente viable, no proporciona ni precisión ni realismo ya que tal cortina actúa como un lente y cambia la dirección o el enfoque de las ondas sonoras que inciden sobre la misma ya que al igual que las ondas de luz, las ondas sonoras tienen un componente direccional que se pierde fácilmente en esta disposición, ya sea en el micrófono, el altavoz o ambos lugares. Así, cada altavoz representaría una nueva fuente de sonido con una

direccionalidad no controlada que podría desviar el sonido y causar que otros sonidos incidan sobre la cabeza en ángulos extraños.¹

Posteriores investigaciones emitieron obtener resultados similares con solo tres micrófonos dispuestos en un mismo frente de 180 ° dispuestos en izquierda, centro y derecha y alimentando altavoces similarmente ubicados. Dichas investigaciones fueron soportadas altamente por Leopold Stokowki quien colaboro en 1932 con la compañía para la obtención de grabaciones estereofónicas de su orquesta.

Por esas fechas Alan Blumleinen el Reino Unido, trabajaba en un sistema de grabación basado en crear una ilusión del campo de sonido original por medio de un par de micrófonos bidireccionales situados en el mismo punto y con un ángulo de 90° entre sus ejes, capturando la información en solo dos canales de audio y que ahora es ampliamente considerado como una de las mejores maneras de capturar un evento de audio para ser reproducido en dos altavoces. Estas técnicas estéreo se utilizaron poco en los próximos años, principalmente como resultado de las limitaciones tecnológicas de los sistemas de grabación a pesar de la llegada de las grabadoras multipista.

El siguiente desarrollo apareció en 1940 con el film de *Walt Disney* “Fantasía” que utilizó las ideas de Blumlein y de nuevo la participación de Leopold Stokowski para lograr un sonido estereofónico, siendo una sensación para aquellos que pudieron ver este film en los pocos cines del mundo equipados con el avanzado sistema de sonido. Fue la primera experiencia cinematográfica con concepto de sonido envolvente con tres vías de sonido tras la pantalla. Se desarrolló una grabadora especial de nueve canales, basado en nueve grabadoras ópticas diferentes y sincronizadas. La orquesta fue grabada con treinta y tres micrófonos que fueron mezclados por secciones en seis de los canales. El séptimo canal contenía una mezcla mono de los primeros seis canales, el octavo canal grababa el sonido desde un micrófono distante y el noveno canal contenía una pista de metrónomo.

Para la presentación en el cine, una versión de tres canales de los ocho originales fue reproducida a partir de una grabadora de cuatro canales ópticos que estaban sincronizados con la película. La idea era que esto se reproduciría a través de noventa altavoces repartidos detrás de la pantalla y alrededor del auditorio, aunque la presión financiera que esto suponía llevó a que el proyecto fuera raramente puesto en práctica.

En la banda sonora, se operó un sistema de conmutación que enviaba sonidos seleccionados a los altavoces de los lados y la parte trasera, pudiéndose considerar como el primer uso de la especialización electrónica en el ámbito musical.

¹SANCHEZ Manuel, Sonido Envolvente 5.1: Una posible solución a la crisis publicitaria radiofónica en España, 2008

Así, con la llegada de las primeras películas estéreo en los años 50, los cinéfilos pasaron a escuchar cuatro canales como mínimo, llegando incluso hasta siete y los compositores involucrados con las nuevas formas de música electrónica (incluyendo música concreta y escuelas de música electrónica) en Europa se interesaron en la posibilidad de utilizar el posicionamiento y movimiento en el sonido. *Gesang Der Jiing-linge* y Karlheinz Stockhausen emplearon cinco altavoces, cuatro posicionados alrededor de la audiencia y uno encima. Los altavoces alrededor de la audiencia se alimentaron de una cinta de cuatro canales y el quinto fue proporcionado por una cinta mono que fue manualmente sincronizada con la cinta de cuatro canales.²

Cinco años antes, Jacques Poullin estuvo trabajando en París en el sistema "*Potentiometred Space*" para distribuir el sonido a través de cuatro altavoces, generalmente dos en frente de la audiencia, otro encima de ella y uno en la parte de atrás.

Uno de los ejemplos más significativos en el enfoque espacial en una reproducción musical fue compuesto durante 1950: Edgar Varese's *Poeme Electronique* y fue presentado a más de dos millones de personas. Utilizó una tecnología compleja y engorrosa, involucrando quince grabadoras y cuatrocientos altavoces y con la ayuda de Philip Corporation, fue un gran éxito. Sin embargo, como con todos los trabajos de este periodo (e incluso hasta la década de 1970), se carecía de un sistema de control sencillo y el apoyo de una teoría global sobre la localización del sonido.

Muchos intentos se hicieron para diseñar sistemas de control de movimiento durante este periodo, incluyendo sistemas como el desarrollado por la West Deutscher Rundfunk en Cologne y usado por Karlheinz Stockhausen's *Kontakte* (1960). Este usaba un altavoz rotatorio, altamente direccional para distribuir el sonido entre los micrófonos. Las salidas de los micrófonos eran luego grabadas y reproducidas por altavoces fijos.

Las cosas dieron un gran vuelco en los 70 con la llegada de Dolby Estéreo, que comprimía de forma convincente cuatro canales en el espacio que ocupaban con anterioridad las dos pistas estéreo en la película de 35mm, mediante una técnica denominada matizado, obteniendo un sistema de excelente calidad de audio en cuatro canales y de muy bajo precio por copia, un procesador específico separaba entonces la información del canal central y posterior. El nuevo sistema, creado en 1975, es además totalmente compatible con los cines que solo poseen reproducción monoaural, siendo hoy uno de los sistemas más populares usados por su buen sonido y calidad en salas de cine analógicas. Este sistema es llamado Dolby Pro Logic en equipos Home Theatre para el hogar que a diferencia de los

²BONELLO Oscar, *La aventura del sonido y la música*, 2012

primeros modelos domésticos que separaban tan solo la información del canal posterior, añadía el canal central de dialogo y decodificaba los cuatro canales con el fin de crear mayor espacialidad de imagen de la fuente sonora transmitida, obteniéndose así cinco canales de grabación y posiciones de reproducción: izquierda, derecha, frente, atrás y centro. Adiciona un subwoofer de baja frecuencia (LFE) para añadir mayor realismo y permitir al oyente sentir realmente los sonidos y efectos.³

La adición del subwoofer para crear una experiencia más realista es el siguiente paso hacia el desarrollo del sonido holofónico, una técnica de especialización sonora y un paso más allá del sonido envolvente.

Fue desarrollado en 1980 por el argentino Hugo Zuccarelli, y se basa en la reconstrucción física de un campo acústico. Se deriva del principio de Huygens que fundamentalmente expresa que cuando una onda se propaga, cada frente de onda puede ser asimilada como una distribución de una fuente secundaria. En otras palabras, la onda que se propaga desde un frente de onda dado, puede considerarse como si fuera emitida desde fuentes secundarias alrededor del frente de onda. Como consecuencia, la fuente secundaria puede ser sustituida por la fuente primaria, que origina la onda, con el fin de reproducir el campo.⁴

El sonido holofónico se produce al grabar el patrón de interferencia generado cuando la señal de grabación original se combina con una señal de referencia digital inaudible. Las ondas del sonido holofónico estimulan nuestros cerebros y los inducen a reproducir un sonido tridimensional mucho más realístico y verdadero dentro de nosotros, simulando de ese modo otras respuestas sensoriales que nuestro cerebro produce para acompañar el sonido (como olores, sabores y otras sensaciones). Para conseguir que el cerebro sea capaz de adivinar la posición de la fuente de sonido, se graban las secuencias de cada oído independientemente empleando una cabeza de dummy equipada con dos micrófonos omnidireccionales situados a la altura de cada oreja. Luego, ambas grabaciones se re combinan usando un algoritmo llamado Cetera y el resultado se almacena en dos canales independientes para ser reproducidos en estéreo. Se supone que esta técnica imita la forma en que nuestro cerebro procesa el sonido, es decir la escucha binaural. No ha tenido relevancia comercial ya que el efecto sólo se puede apreciar usando auriculares y aunque Hugo Zuccarelli ha inventado los altavoces holofónicos, con los que ya no es necesario el uso de auriculares, estos no atraen los intereses de los comerciantes de sistemas de sonido.

En años recientes, un gran número de sistemas que ofrecen la manipulación espacial del sonido han aparecido y la aplicación de computadoras ha sido de gran beneficio, como las diversas formas de Dolby Surround, Ambisonics, Roland

³ MALHAM David, MYATT Anthony, 3D Sound spatialization using Ambisonic Techniques, 1995

⁴ NICOL Rozenn, EMERIT Marc, 3D Sound reproduction over an extensive listening area: A hybrid method derived from holophony and ambisonic, AES 16th International Conference

RSS y Q-Sound e incluso herramientas más especializadas como BEAST, un sistema de sonido especialmente creado para música electroacústica que utiliza más de cien canales de altavoces dispuestos en pares e incluye altavoces de ultra baja frecuencia (bins) y altavoces de alta frecuencia (tweeter trees) que pueden ser suspendidos encima de una audiencia⁵.

A partir de 1992 Laboratorios Dolby crea Dolby digital originalmente conocido como AC-3 o codificación de audio de tercera generación, una tecnología de compresión de datos, que consta de seis canales de audio de los cuales, cinco son destinados para un pleno rendimiento de frecuencias y un subwoofer específico de baja frecuencia.

Estos seis canales independientes de sonido tienen una configuración 5.1, hoy en día reconocida por varios grupos del sector como la solución que mejor satisface los requisitos para la representación cinematográfica. Fue implementado en el cine ofreciendo sonido multicanal al formato de 35 mm y una vez convertido en estándar, fue cuestión de tiempo que se aplicara en los equipos domésticos de Laser Disc.

La aplicación de la tecnología Dolby Digital al cine fue un trampolín para su desarrollo en los formatos de consumo, siendo utilizado en los laser discs en 1995, seguidos por los sistemas DVD, la televisión digital, la radio digital y una gran variedad de aplicaciones multimedia. En Europa es utilizado por 90 cadenas de televisión, 3 cadenas de radio, y por todos los canales de alta definición en el aire. La tecnología Dolby está en unos 1.7 billones de productos licenciados.

En 1993 es lanzado el sistema DTS (Digital Theater System) por la compañía Digital Theater Sytem Inc, que consiste en la compresión y grabación digital de sonido multicanal en CD-ROM imprimiendo un código de tiempo sobre una película para sincronizarlo. Es uno de los principales proveedores de sonido digital para películas pero a pesar de su extraordinaria calidad -consecuencia de unos algoritmos con un menor grado de compresión-, DTS no está tan extendido en la industria cinematográfica como en el ámbito de la electrónica de consumo y el entretenimiento, en el que dispone de un mercado de más de 280 millones de productos - principalmente en salas domésticas, sistemas de audio para coches, PCs, consolas de juego, en software para producciones musicales 5.1, DVD-Video, DVD-Audio y DVD-ROM- frente a las aproximadamente 23.000 licencias en salas cinematográficas. En 1994, Sony Corporation rompió con la línea seguida por otras compañías y tomó un camino diferente: desarrolló un sistema de sonido digital exclusivo para la gran pantalla retomando los cinco altavoces frontales que se usaron en el Todd-AO de 70 mm y que se desecharon en los años 70.

El sistema de sonido Sony Dynamic Digital Sound (SDDS) fue presentado a la industria mundial cinematográfica como el único formato efectivo de 8 canales.

⁵ Birmingham Electroacoustic Sound Theatre, <http://birminghamelectroacousticsoundthea.blogspot.com/>

Proporciona un reparto único de 5 canales tras la pantalla -similares a los del formato inicial de 70mm- acompañados por un sub-woofer (sub graves) y por 2 canales surround estéreo. Esta configuración fue diseñada para crear un ambiente cinematográfico que no pudiera ser imitado por un sistema de "cine en casa" de 5.1 canales.

A partir de 1999 salieron al mercado nuevos formatos que añadían un canal central de surround. Este canal está codificado matricialmente en las bandas sonoras de 5.1 canales y se reproduce mediante los altavoces de la parte trasera de la sala. Permite un sonido envolvente preciso, y consigue espectaculares efectos de giros de 360°. Estos formatos de Extended Surround han sido desarrollados tanto por Dolby como por DTS Technology.

En el 2000 aparece el Dolby Surround Pro Logic un formato que supone un salto cualitativo dentro del panorama tecnológico del audio doméstico, debido a su capacidad para convertir a formato 5.1, cualquier fuente de sonido estéreo o Dolby Surround. Se trata de un sistema basado en una codificación matricial fija y decodificación matricial adaptativa que supone un avance dentro del sonido multicanal analógico, aunque no consigue la autenticidad de los sistemas 5.1 discretos. Es una simulación psicoacústica de 5.1 conseguida por efecto de la utilización de contrafases de los canales principales para producir los canales de sonido envolvente (*surround*) y es compatible con todos los formatos de dos canales, ya que es capaz de auto procesar una señal estéreo no codificada y convertirla en una señal envolvente.

En 2005, aparece el MPEG-1(Moving Picture Experts Group) Capa de Audio III Surround más comúnmente conocido comoMP3 Surround desarrollado por Fraunhofer IIS en colaboración con Agere Systems, un avance que posibilita la transmisión y almacenamiento de datos con sonido multicanal 5.1 a un nivel de compresión apenas un 10% mayor que la señal estéreo. Este sistema todavía es una novedad, por lo que no podemos aportar información detallada sobre su posible implantación en el mercado.

Debido a que el sistema multicanal es basado en el sistema estéreo presenta el mismo problema que este, una importante distorsión conocida desde sus primeros tiempos como la diafonía acústica. Un oyente no escucha un solo altavoz por cada oído, sino los dos por ambos oídos. En cada oído se escuchará el altavoz cruzado con ILD e ITD correspondientes a la ubicación física del altavoz, lo que producirá una distorsión causada por dos cruces de señal, la propia fuente de sonido con un "sombreado" superpuesto a la señal principal, la cual se ubicará con unas ILD e ITD extrañas. Es lo que se conoce como "filtro comb" o "filtro de peine" y afecta tanto al timbre como a la precisión de la localización de la fuente sonora.

A raíz de este problema Angelo Farina, Ralph Glasgal, Enrico Armelloni, Anders Torger en su instituto de ambiofonía proponen un nuevo sistema llamado

Ambiophonics con el fin de corregir y mejorar el sistema estéreo convencional y el sistema surround.

A nivel internacional durante las conferencias entre 2001 y 2010 estos autores han presentado diversos estudios y artículos de comparación de técnicas y respuestas de estos sistemas, entre los cuales cabe resaltar la 24.º conferencia AES de audio multicanal en Nueva York en el 2003 en la cual exponen el sistema de grabación y reproducción del sistema ambiofónico, la 123.º convención de 2007 en la cual Ralph Glasgal expone la localización de 360° a través de procesamiento 4X.RACE, implementado como un plug-in VST que reproduce correctamente todos los datos de ITD e ILD al contrario de la mayoría de sistemas estándar de dos o varios canales.

En la 16.º conferencia AES de reproducción de sonido espacial en marzo de 1999 Rozenn Nicol y Mark Emerit escriben un artículo sobre dos métodos de reproducción de sonido 3D para la videoconferencia comparando holofonía y Ambisonic concluyendo que la codificación Ambisonic espacial es más eficiente, aunque inviable.

A nivel nacional, en Colombia se presenta la comercialización de este tipo de sistemas pero no una investigación o desarrollo profundo respecto al tema.

Por otra parte a nivel local en la Universidad de San Buenaventura Bogotá se han planteado proyectos centrados en la comparación de sistemas 5.1, 7.1 con el sistema estéreo.

Durante el año 2007 se realizaron proyectos que incluían diseños sonoros y aplicaciones de la técnica binaural y surround en producciones audiovisuales.

En el año 2009 se desarrolló el empleo de técnicas de grabación para emulación de tridimensionalidad basado en las diferentes técnicas de microfónica estereofónicas como la configuración Jecklin Disk (estéreo apantallado) y/o ORTF (Oficina de radiodifusión y televisión francesa), para realizar las capturas, además de la implementación de un algoritmo para la simulación del plano vertical, complemento del horizontal dado por las técnicas estereofónicas.

Los avances e investigaciones sobre los sistemas que ofrecen la manipulación espacial del sonido continúan, sin embargo continúa siendo un campo poco experimentado con una amplia proyección en diversas aplicaciones.

1.2 Descripción y formulación del problema

Los seres humanos poseen la capacidad natural de percibir sonidos en tres dimensiones (3-D), pudiendo reconocer la localización de las fuentes sonoras lo cual se convierte en una gran ayuda para la supervivencia y ubicación.

Dado que la mayoría de nosotros estamos familiarizados con el sonido de la música en vivo en un auditorio, pronto nos damos cuenta de que falta algo en nuestros sistemas estéreos convencionales y esto es, un campo de sonido completo y una consistencia psicoacústica.

Dicha ausencia se debe a los sistemas de reproducción convencionales como el estéreo, 5.1, 7.1 y otros, que distorsionan las señales de localización que usa el oído y el cerebro para ubicar un sonido creando nuevas y falsas señales. El resultado es una distorsión que degrada la imagen horizontal y la profundidad del sonido directo y ambiente, minimiza la claridad de los instrumentos, el color del sonido y reduce en gran medida el tamaño y la profundidad del escenario.

Como solución a dichos problemas, se crea el sistema ambiofónico que puede reducir esta distorsión a niveles realmente bajos teniendo como resultado que el oyente podrá ahora escuchar, lo que los micrófonos en realidad capturaron, obteniendo así, una imagen tridimensional sólida y clara con profundidad y localización horizontal, un sonido menos coloreado con mayor claridad y tonalidad y un escenario más amplio de al menos 150° en comparación con los 60° del triángulo estéreo.

La ambiofonía presenta ventajas y alcances desde los puntos de vista teóricos y prácticos y su conocimiento está abierto al dominio público. Sin embargo, ha sido poco experimentada a nivel mundial pero con resultados muy satisfactorios, brindando una mejor percepción espacial y localización psicoacústica de fuentes lo que genera nuevas experiencias auditivas y un avance importante en los dispositivos de procesamiento de señal, tanto en hogares como en estudios especializados. Por ende, es importante conocer su comportamiento y examinar sus beneficios y ventajas ante otros sistemas de audio lo que permitirá cambiar la manera de procesar cualquier tipo de material de audio en sus diferentes etapas, desde la grabación hasta la masterización.

En el campo publicitario, una aplicación de este tipo representa innovación y puede llegar a convertirse en una estrategia importante de mercado ya que brinda al consumidor una experiencia diferente al recibir determinada información relacionada con el consumo de bienes y/o servicios y posibilita un mayor rendimiento comunicativo de sus mensajes gracias a diferentes factores como la ampliación del entorno espacial o campo sonoro, la multiplicidad de ejes referenciales de acción hasta el punto de obtener un entorno similar al real o

cotidiano y también un mayor impacto sensorial traducible en un efecto recuerdo más duradero. En definitiva, un mensaje publicitario más comunicativo y eficaz.

Luego:

¿Cómo crear e implementar sonido 3D a través del Sistema Ambiofónico en una producción de audio con fines publicitarios brindando así realidad virtual al receptor?

1.3 Justificación

Continuamente el mercado del entretenimiento y de la publicidad busca innovar con nuevas aplicaciones para transmitir mensajes que atraigan a usuarios y consumidores a vivir nuevas experiencias con atributos cada vez más reales. Debido a esto, identificamos la necesidad de llevar la aplicación del sonido en tercera dimensión con una metodología que busca corregir las falencias del sistema estéreo y surround.

Esta metodología ha sido poco experimentada e investigada en Colombia y el desarrollo de este tipo de tecnología con sus diversas aplicaciones se presenta de forma reducida en el ámbito comercial pero consideramos que posee un alto potencial en el mercado publicitario.

Por esta razón es importante dar a conocer diferentes sistemas y aplicaciones promoviendo el salto tecnológico de técnicas más complejas aplicadas a la publicidad que sigue anclada en procesos de emisión que no permiten la construcción de mensajes realizados con sonido envolvente, basando su producción y emisión en los sistemas monofónico y estereofónico quizás mucho más limitados creativamente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Implementar sonido 3D a través del sistema ambiofónico con el fin de evaluar su impacto en una producción de audio con fines publicitarios.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar una cuña publicitaria basada en una combinación espacial de los elementos narrativos voz, música, efectos y silencio, formalizándose en los formatos sonoros, estéreo y ambiofónico.
- Construir un ambiófono para el registro de audio requerido en la cuña publicitaria.
- Mezclar y procesar las señales registradas, mediante el algoritmo RACE anteriormente calibrado, con el fin de eliminar la diafonía acústica y obtener realismo virtual.
- Seleccionar y adecuar un espacio que cumpla con las características de reproducción e implementar el material ambiofónico obtenido.
- Realizar el arreglo de altavoces para un ambiopolo frontal y uno posterior de ambiencia por convolución.
- Diseñar una encuesta referida a los contenidos publicitarios elaborados a la población de estudiantes de la Universidad de San Buenaventura para evaluar el comportamiento del sistema y la percepción subjetiva que dicho sistema ofrece.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

- Establecer un punto de partida en el desarrollo de sonido tridimensional enfocado hacia un ámbito publicitario, con el fin de lograr una percepción más eficaz y mayor acogida por parte del usuario en el momento de ofrecer bienes y/o servicios.
- Se pretende contribuir a la futura modelación, simulación, transformación de sonidos a modo de crear patrones de sonido que logren crear los efectos acústicos precisos que sirvan como punto inicial en el desarrollo de aplicaciones como la expuesta en este proyecto.
- Aunque no es la intención establecer un objetivo económico en el presente proyecto, se contempla la posibilidad de que las conclusiones y sus posteriores manifestaciones prácticas, puedan suscitar interés suficiente a medios, agencias y anunciantes, como para afianzar desde la propia industria, un nuevo concepto de estrategia comunicativa que provoque un

mayor rendimiento de la publicidad, y que derive, a su vez, en un aumento de la rentabilidad inversora, repercutible tanto al propio anunciante como a la cadena productiva tal como agencias, productoras, emisoras, etc.

- Establecer el planteamiento íntegro de los distintos procesos necesarios para la puesta en marcha de un nuevo concepto tecnológico- creativo en el medio publicitario e intentar conseguir que las partes integrantes del sector profesional relacionado con la publicidad conozcan mejor las nuevas posibilidades aquí planteadas y se interesen por ellas, quizás realizando un mayor esfuerzo económico en pro de las nuevas tecnologías para poder experimentar y afianzar nuevas fórmulas de comunicación más efectivas, eficaces y rentables.

1.5.2 Limitaciones

- Debido a las características técnicas del sistema de reproducción implementado, la difusión del mensaje a un gran número de personas, constituye una limitante.
- Las características de acondicionamiento acústico de la sala para un comportamiento ideal del sistema en la reproducción, debido al costo de los materiales que deben ser empleados con el fin de lograr un RT60 aproximado a 0.3 segundos.
- La implementación de sistemas ambiofónicos más avanzados que utilicen un mayor número de altavoces por la no accesibilidad a procesadores de señal multicanal.

2 METODOLOGÍA

2.1 Enfoque de la investigación

La investigación maneja un enfoque Empírico-Analítico ya que se pretende transformar las señales sonoras mediante el uso de algoritmos matemáticos implementados en entornos virtuales de procesamiento digital de señales, implicando así el estudio teórico y práctico de conceptos, procesos y análisis que conforman el área de la electrónica analógica y su relación con señales y sistemas para su implementación en un ambiente digital.

De acuerdo con las líneas de investigación de la Universidad de San Buenaventura, el proyecto está enfocado en Tecnologías actuales y sociedad, ya que se pretende brindar al usuario una mejor experiencia por medio de un sistema determinado, buscando cambiar los sistemas de reproducción habituales con un nuevo método que parte de una tecnología específica como la técnica binaural.

El campo temático en el cual está ubicado este proyecto es el de Audio y acústica y perteneciente a la sub línea de investigación: Procesamiento de señales digitales y analógicas ya que hace uso de algoritmos implementados en entornos virtuales de procesamiento de señal para este caso el algoritmo RACE.

2.2 Técnicas de recolección de información

Debido a que se trata de un método empírico analítico de investigación, inicialmente se obtuvieron las bases teóricas adecuadas que permiten establecer un planteamiento coherente para el desarrollo de la investigación, esto mediante recursos bibliográficos (literatura especializada, artículos académicos, etc.), que involucran información relacionada con la publicidad, la grabación, la reproducción y los parámetros necesarios de la sala de implementación del sistema ambiofónico y estereofónico, además del funcionamiento del algoritmo RACE para el correcto procesamiento de señales.

Para la medición de tiempo de reverberación en el recinto de implementación de los sistemas de audio (medición de tiempo de reverberación antes y después del acondicionamiento acústico), se utilizó un dodecaedro como fuente omnidireccional 01dBOMNI-12, un micrófono de medición ECM 8000 de *Behringer*, una interfaz de audio *M- Audio Firewire 410* y el *software Adobe Audition 3.0 (Versión Demo)* para la captura y posterior procesamiento con el *plugin Aurora 1.2*.

La implementación de los sistemas se realizó en el estudio 5.1 de la Universidad de San Buenaventura con cuatro altavoces Adam A8x, interfaz de Audio *M- Audio*

Firewire 410 y el software *Pro Tools HD* de la universidad San Buenaventura para la reproducción del audio publicitario sin y con procesamiento con el algoritmo RACE.

En cuanto a la evaluación subjetiva, se realizó una encuesta dirigida a la población de estudiantes de la Universidad de San Buenaventura evaluando el impacto publicitario y la percepción auditiva para precisar las diferencias entre los sistemas estéreo y ambiofónico.

2.3 Variables

2.3.1 Variables independientes

- Diseño y construcción del ambiófono.
- Operación del algoritmo RACE.
- Adecuación del lugar de implementación del sistema.
- Sistema de altavoces, uso y ubicación.
- Material de audio empleado para la implementación del algoritmo.

2.3.2 Variables dependientes

- Impacto de la publicidad sobre el usuario
- Percepción de espacialidad y involucramiento.

2.4 Hipótesis

La implementación del sistema ambiofónico impacta en el receptor generando nuevas experiencias en la percepción del sonido (espacialidad, profundidad y involucramiento) ya que supera las limitaciones de otros sistemas de audio convencional. El receptor, recuerda el mensaje y las características innovadoras del sistema lo que probablemente determine su deseo de compra de un producto o servicio.

3 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

3.1 Comportamiento y respuesta del oído humano

Con el fin de producir un campo de sonido similar al de una sala de conciertos o cualquier otro espacio en casa, es necesario saber lo que el oído requiere para aceptar un campo de sonido como real. Sabiendo esto, es posible entonces buscar maneras para lograr dicho objetivo en un espacio pequeño y con un bajo presupuesto, sin comprometer la realidad de la ilusión auditiva.

Los estudios promediados entre gran cantidad de personas han producido las curvas que se muestran en la figura 5.

En esta gráfica, el número que acompaña a cada curva representa el nivel de intensidad (unidades en *fonios*), que es numéricamente igual al nivel de presión sonora en dB a 1000 Hz.

Grafica 1 : Curvas isofónicas

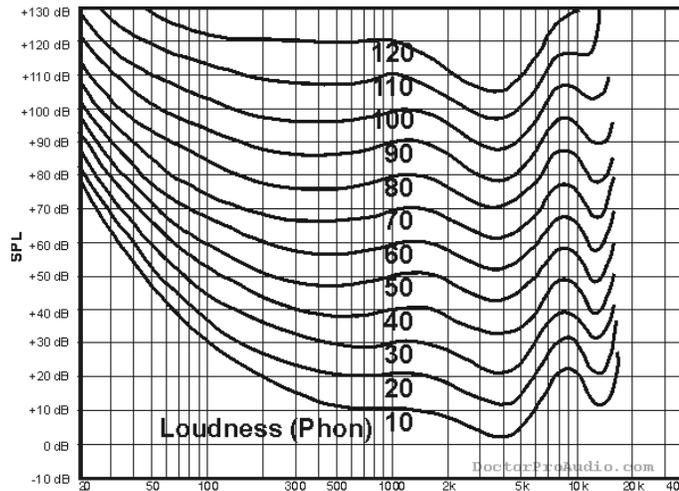


Imagen tomada de: http://www.kemisa.es/circuito_loudness.php

En la curva podemos ver que el oído es más sensible a sonidos de frecuencias entre 2000Hz y 4000Hz, rango en el que se sitúa el habla. La curva superior corresponde a 120 fones e indica el umbral a partir del cual los sonidos que se encuentren por encima de este nivel provocan dolor.

En general, las únicas partes del mecanismo de audición que conciernen al sistema Ambiofónico son el pabellón auditivo y la existencia de dos oídos separados por la cabeza. Es claro que el pabellón auditivo está diseñado para modificar la respuesta en frecuencia de las ondas sonoras en función de la

dirección en la que proviene el sonido⁶ y que no hay dos individuos con un pabellón auditivo idéntico.

Grafica 2: Respuesta del oído externo.

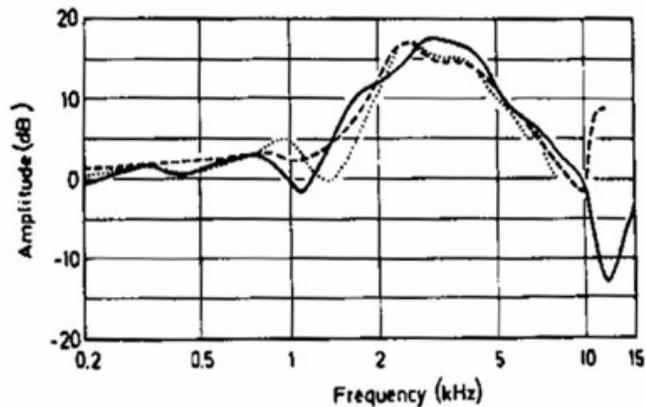


Imagen tomada de: Wiener y Ross (1946) línea punteada; Shaw (1974) línea por segmentos; Mehrgardt (1977), línea completa.

En el plano horizontal, un sonido proveniente directamente del frente medido con un micrófono miniatura insertado en el canal auditivo, la respuesta en frecuencia es esencialmente plana hasta 1000 Hz. Un amplio pico de 11 dB se alcanza en aproximadamente 3000 Hz después de lo cual la respuesta cae a menos 10 dB en 10 kHz y luego comienza aumentar de nuevo.

Para un sonido lateral llegando al oído más cercano, ocurre un aumento de la respuesta en frecuencia que empieza desde los 200Hz, alcanza 15 dB_{SPL} en 2,5kHz, luego baja a 1 dB_{SPL} en 5kHz, sube de nuevo a 12 dB_{SPL} en unos 7kHz y finalmente baja a 4 dB_{SPL} en unos 10kHz.

La respuesta también varía si el sonido proviene del frente o detrás, lo cual demuestra que los humanos somos sensibles a la dirección de emisión incluso si escuchamos con un solo oído.⁷

Para sonidos provenientes de atrás, el pabellón auditivo causa una pendiente de 23 dB entre 2,5 kHz y 10 kHz y para sonidos provenientes de arriba o abajo también se presentan otras respuestas en frecuencia radicalmente diferentes.

Lo que todo esto significa en una reproducción realista es que sin importar que sonido se genere es indispensable que llegue a la posición del oyente desde la

⁶GLASGAL, Ralph. Ambiphonics 2nd edition. 2001

⁷GLASGAL, Ralph. Ambiphonics 2nd edition.2001

dirección apropiada y en vez de ecualizar o imitar reflexiones para modificar la respuesta en frecuencia del pabellón auditivo para cada persona, se pueden colocar altavoces de ambiente alrededor del oyente y alimentarlos con las señales apropiadas, tal como se describirá.

Incluso si el ser humano tuviera un solo pabellón auditivo, podría percibir la diferencia entre un evento en vivo y una grabación en estéreo, pero es el oyente con dos pabellones el que disfrutara mejor el sistema ambiofónico. Dos oídos pueden mejorar la experiencia en una sala de conciertos solo si hay diferencias entre los sonidos que llegan a cada oído, por lo menos la mayor parte del tiempo ya que la única forma de comparar el sonido que llega a un oído con el sonido que llega al otro, es por medio de las diferencias en tiempo e intensidad y los diferentes patrones que posee cada pabellón auditivo.

Es evidente, ya que la distancia entre los oídos es relativamente pequeña, que a muy baja frecuencia no habrá una diferencia significativa en la intensidad independientemente de donde se origine pero a muy altas frecuencias, la cabeza actuara como una barrera efectiva para los sonidos provenientes del lado y las diferencias de intensidad serán un factor importante en la dirección del sonido.

En frecuencias bajas el cerebro empieza a utilizar las diferencias de tiempo para localizar el sonido pero en frecuencias de 500 a 1500 Hz ambos, ILD e ITD desempeñan un papel importante hasta que solo los patrones del pabellón auditivo interesan a medida que la frecuencia aumenta.

Existe otra característica relevante del mecanismo de audición binaural que se relaciona con la intensidad y el tiempo de llegada. Esta es la capacidad que posee el sistema oído-cerebro para centrarse en una fuente de sonido particular entre muchas otras, si así se desea. La relevancia en el sistema ambiofónico es que si se puede generar un escenario y un campo de sonido lo suficientemente real para engañar al cerebro, la capacidad de enfoque aparece. En un concierto en vivo, las distracciones tales como tos, ruido subterráneo entre otras son mucho menos molestas ya que el oyente se puede centrar en el escenario y la música. Así mismo en casa, las distracciones como el siseo de la cinta, el zumbido, los defectos del amplificador y los ruidos domésticos son más fáciles de omitir si se está inmerso en la atmosfera del sistema ambiofónico.

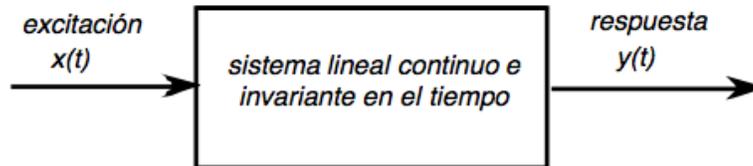
3.2 Procesamiento digital de señales

3.2.1 Convolución y respuesta al impulso

El proceso de convolución aparece en forma natural cuando se trata de determinar la respuesta de un sistema lineal e invariante en el tiempo a una excitación particular.

Se considera un sistema continuo, lineal e invariante en el tiempo donde la entrada, conocida comúnmente como excitación, está representada por la señal $x(t)$ y la salida, conocida como respuesta, está representada por $y(t)$, como se muestra en la Figura 1.

Fig.1. Sistema lineal continuo e invariable en el tiempo



Si a un sistema se le aplica una excitación $x_1(t)$, la respuesta que se obtiene se denominará $y_1(t)$. Si se le aplica otra excitación $x_2(t)$, se obtiene otra respuesta que se denominará $y_2(t)$. Si el sistema es lineal, debe satisfacer lo siguiente:

Excitación	Respuesta
$x_1(t)$	$y_1(t)$
$x_2(t)$	$y_2(t)$
$ax_1(t) + bx_2(t)$	$ay_1(t) + by_2(t)$

Lo cual significa que, si la excitación se multiplica por una constante, la respuesta también se multiplicará por la misma constante. Además, si se le aplica la suma de dos excitaciones diferentes, la respuesta será la suma de las respuestas a cada una de las excitaciones aplicadas de forma independiente.

Un sistema es invariante en el tiempo si satisface lo siguiente:

Excitación	Respuesta
$x_1(t)$	$y_1(t)$
$x_1(t - t_0)$	$y_1(t - t_0)$

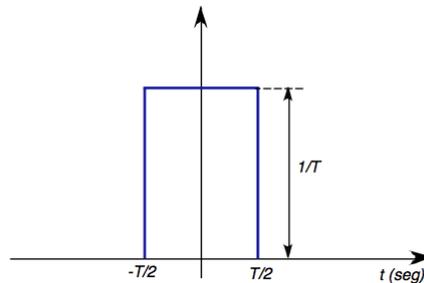
Lo cual significa que, si se aplica al sistema una excitación particular $x_1(t)$ y se obtiene la respuesta $y_1(t)$; entonces, si se aplica la misma excitación un tiempo después, se obtiene la misma respuesta, desplazada el mismo tiempo que se desplazó la excitación.

Lo anterior implica físicamente que las características del sistema no cambian en el tiempo. Su respuesta cambia dependiendo de la excitación que se le aplique y la dinámica interna del sistema mismo, pero la forma en que responde a una excitación particular es siempre la misma, independiente del instante de tiempo en que se le aplique.

Una forma de describir un sistema lineal continuo e invariante en el tiempo es especificar su respuesta al impulso o función delta de Dirac.

Esta función es una abstracción matemática creada por el físico inglés Paul Dirac y es el límite cuando T tiende a cero del pulso rectangular mostrado en la Figura 2.

Fig.2. Función delta de Dirac o función impulso unitario

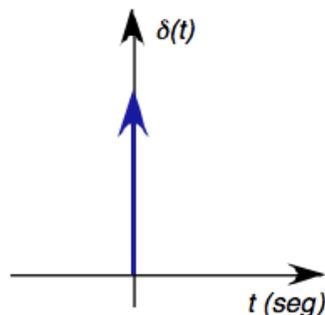


Cuando T tiende a cero se tiene un pulso rectangular con las siguientes características:

- Su duración tiende a cero
- Su amplitud tiende a infinito
- Su área permanece constante y es igual a 1

La representación matemática para esta función es $\delta(t)$ y se dibuja como una flecha vertical donde su altura es proporcional al área bajo el impulso tal como se muestra en la Figura 3.

Fig.3. Representación de la función delta de Dirac o función impulso unitario



Suponiendo que un sistema lineal continuo e invariante en el tiempo no tiene energía almacenada internamente y se le aplica la excitación $x(t)=s(t)$, es decir, se la aplica como excitación un impulso unitario en tiempo cero con condiciones iniciales cero para el sistema. El impulso posee una respuesta plana en

frecuencia, y su utilización nos permite evaluar el comportamiento de un sistema, tanto en los aspectos temporales como espectrales por su brevedad, y porque posee energía en todas las frecuencias del rango audible.

La respuesta del sistema para este caso se conoce como respuesta al impulso y se denomina $h(t)$. Entonces, la respuesta del sistema (lineal e invariante en el tiempo) a una excitación general es la convolución de su respuesta al impulso y la excitación aplicada.

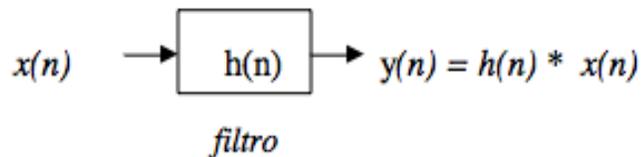
Ecuación 1: Respuesta al Impulso

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) h(t - \tau) d\tau$$

Donde la integral representa la convolución de la respuesta al impulso y la excitación aplicada y es llamada una integral de convolución.⁸

Así, si registramos un sonido impulsivo en un determinado ambiente el recinto responderá a ese estímulo con múltiples reflexiones y una coloración espectral particular.

Ecuación 2: Filtro caracterizado por su respuesta al impulso



Donde $h(n)$ es la respuesta al impulso, es decir la señal que egresa del filtro al ingresar un impulso, y el símbolo $*$ representa a la operación de convolución.

Efectuando la convolución entre la respuesta al impulso de la sala y otra señal, grabada de un instrumento musical aire libre por ejemplo, obtendremos un resultado similar al del instrumento ejecutando es ese ambiente.

Teoría de convolución discreta:

Otra propiedad de la transformada de z es la teoría de convolución discreta. Si se tienen las secuencia $\{u_k\}$ y $\{g_k\}$, la convolución discreta de estas secuencias es

$$\{y_k\} = \{u_k\} * \{g_k\}$$

Donde

⁸OLVERA Jorge, Archivo de Instituto Tecnológico y de estudios Superiores de Monterrey, Convolución

$$y_k = \sum_{j=0}^{j=\infty} u_{k-j} \cdot g_j = \sum_{i=0}^{i=\infty} u_i \cdot g_{k-i}$$

Si la transformada en z de la secuencia, $\{u_k\}$ es $u(z)$ y la de la secuencia, $\{g_k\}$ es $g(z)$, la transformada en z de la secuencia, $\{y_k\}$ viene dada por el producto

$$y(z) = u(z) \cdot g(z)$$

En efecto, considerando el producto, $u(z) \cdot g(z)$, se puede escribir la ecuación

$$\begin{aligned} u(z) \cdot g(z) &= (u_0 + u_1 z^{-1} + u_2 z^{-2} + \dots)(g_0 + g_1 z^{-1} + g_2 z^{-2} + \dots) \\ &= u_0 g_0 + (u_0 g_1 + u_1 g_0) z^{-1} + (u_0 g_2 + u_1 g_1 + u_2 g_0) z^{-2} + \dots \\ &= y_0 + y_1 z^{-1} + y_2 z^{-2} + \dots = y(z) \end{aligned}$$

Igualando coeficientes se obtiene

$$y_0 = u_0 g_0$$

$$y_1 = u_0 g_1 + u_1 g_0$$

$$y_2 = u_0 g_2 + u_1 g_1 + u_2 g_0$$

·
·
·

$$y_k = u_0 g_k + u_1 g_{k-1} + u_2 g_{k-2} + \dots + u_{k-1} g_1 + u_k g_0$$

Por lo tanto

$$y_k = \sum_{i=0}^{i=\infty} u_i g_{k-i}$$

En el caso general de secuencia que es diferente de cero para k , tanto positiva como negativa, se tiene que

$$y_k = \sum_{i=-\infty}^{i=\infty} u_i g_{k-i}$$

Aplicando la transformada en z se obtiene la ecuación

$$y(z) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} \sum_{i=-\infty}^{i=\infty} u_i g_{k-i} z^{-k} = \sum_{i=-\infty}^{i=\infty} u_i z^{-i} \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} g_{k-i} z^{-(k-i)}$$

Por lo tanto

$$y(z) = u(z) \cdot g(z)$$

3.2.2 Sonido ambiente por convolución

El análisis de Fourier es una función periódica y se refiere a la extracción de series de senos y cosenos que cuando se superponen, reproducen la función original. Este análisis se puede expresar como series de Fourier. La transformada rápida de Fourier (TRF) es un método matemático para la transformación de una función del tiempo en una función de la frecuencia. A veces se describe como la transformación del dominio del tiempo al dominio de frecuencia.

Convolución

Se le llama convolución a la operación matemática utilizada en los sistemas lineales para describir la relación que existe entre tres señales de interés: la señal de entrada, a respuesta al impulso y la señal de salida.

Una vez definidos los conceptos de convolución y FFT se explica la manera en la cual se logra la reverberación por convolución: cuando una señal de entrada $x[n]$ es introducida en un sistema lineal con respuesta al impulso $h[n]$, el resultado de la convolución de ambas será la señal $y[n]$.

La respuesta al impulso es la señal que se produce al aplicar un impulso unitario o función *delta* a un sistema determinada. De esta manera, es posible saber cómo reacciona dicho sistema ante cualquier impulso.

La convolución también se puede llevar a cabo en el dominio en frecuencia, ya una de sus propiedades es la de ser equivalente a la multiplicación compleja en el dominio en frecuencia.

$$Y(f)=X(f).H(f)$$

Sin embargo, para poder hacer uso de esta propiedad, es necesario utilizar la FFT, la cual se define a continuación:

La FFT es un algoritmo para llevar a cabo de manera eficaz la transformada discreta de Fourier (DFT) la cual es una herramienta matemática que permite transformar una señal digital del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia y de este modo conocer su espectro. Cuando se lleva a cabo la FFT, se obtiene una secuencia de números complejos de longitud $N/2+1$ que costa de dos señales la salida, las cuales contiene información de las magnitudes de los componentes cosenoidales y senoidales, es decir, la parte real e imaginaria, generalmente el número de muestras de una señal está dado por la variable N en potencia de 2, debido a que la información digital siempre es almacenada en direccionamiento binario.

La rutina de FFT es basada en la DFT compleja, ya que se utiliza una serie de números complejos de tamaño N en las señales de tamaño N en la salida, cuyo espectro real estará definido desde 0 hasta $N/2$, es decir, los componentes de frecuencia positiva. De esta manera, al incluir las frecuencia negativas se tratara de un dominio en la frecuencia periódica.

Para llevar a cabo este procesamiento de ambiencia por convolución, es necesario multiplicar la señal en el dominio de la frecuencia haciendo uso de la FFT como se mencionó anteriormente. Una vez que se obtienen los resultados de la multiplicación compleja, se convertirán de nuevo al dominio del tiempo haciendo uso de la transformada inversa de Fourier IFFT como se muestra en el siguiente diagrama⁹.

Fig.4. Diagrama de bloques – Sonido ambiente por convolución

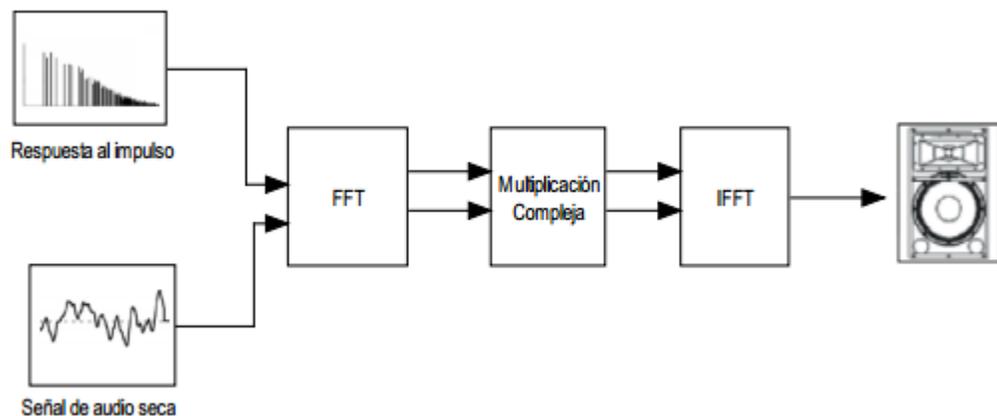


Imagen tomada de: Teyssier Ramírez, L. A. 2009. Reverberación por convolución utilizando un fpga, cap 2.

Una vez obtenida la respuesta al impulso de una sala, esta nos proporcionará toda la información necesaria en tiempo y frecuencia con el fin de conocer las modificaciones que tuvo la señal inicial generadas por el recinto. Con esta información se podrá realizar la convolución entre la respuesta al impulso obtenida y una señal cualquiera, lo que dará como resultado una señal con las características que tendría en caso de ser ejecutada en dicho ambiente. En este caso, se evalúa la sala como si se tratara de un filtro.

El problema existente al usar tres, cuatro o cinco micrófonos en la parte posterior de la sala y luego grabar dichas señales con el fin de capturar la ambiencia propia de lugar, es que inevitablemente estos micrófonos captan sonido directo que al momento de ser reproducido por los altavoces posteriores o laterales causan diafonía acústica, confusión de ángulo en el pabellón auditivo y filtros de peine.

⁹ Teyssier Ramírez, L. A. 2009. Reverberación por convolución utilizando un fpga, cap 2.

Además, la grabación de ambiente no es realmente rentable o necesaria ya que la firma o condiciones acústicas de un determinado lugar no cambian con cada medición, por lo tanto para que invertir tiempo en estas grabaciones de un ambiente estático una y otra vez. Es mucho más rentable y efectivo medir la respuesta al impulso desde el mejor asiento en el escenario (o varios) y en diversos puntos de la sala izquierda, derecha y centro, según las normas establecidas para la medición de respuestas al impulso e incluir estos datos en el software de convolución para obtener la ambiencia propia de la sala.

El uso de la ambiencia por convolución obviara la necesidad de grabaciones DTS o Dolby Digital multicanal al menos en lo que concierne a la música, ya que en el caso del cine donde la escena está cambiando frecuentemente, este método no es tan confiable.

A diferencia de los altavoces frontales, el sonido ambiente debe y puede venir de tantos altavoces como sea posible y según nuestra sala permita de acuerdo a su tamaño. La diafonía acústica y los filtros de peine no son problema con las fuentes de sonido ambiente si las señales no están correlacionadas (correlacionadas en tiempo, amplitud, respuesta en frecuencia, duración, etc.) que normalmente es el caso tanto en salas de concierto cómo en los buenos software o hardware de convolución. Con el avance tecnológico, existen suficientes respuestas al impulso almacenadas de las mejores salas de concierto en el mundo, disponibles en internet donde el usuario puede seleccionar la silla y el escenario que pretende simular.

Ya que las reflexiones tempranas generadas en la audiencia están dadas por la grabación y reproducción por los altavoces frontales, estas no necesitan ser generadas y por supuesto son naturales y provienen de la dirección correcta. Para el ambiente generado por los lados, arriba y parte posterior, utilizando el canal izquierdo y canal derecho para generar reflexiones tempranas, se obtiene la diversidad suficiente en los patrones de reflexiones tempranas para superar el umbral del cerebro en cuanto a lo que es real.

3.2.3 Filtro de peine

El filtro *comb* o filtro de peine es la principal causa de coloración o modificación del sonido que percibimos cuando éste sufre reflexiones o cuando se emite desde dos o más altavoces ubicados a diferentes distancias de nuestra posición. La adición acústica de dos señales similares pero separadas ligeramente en tiempo produce una señal combinada que exhibe evidentes efectos de cancelación y refuerzo en bandas de frecuencia regulares y predecibles. Cuando el resultado de esta interacción acústica es mostrado en la pantalla de un analizador de espectro de alta resolución, el arreglo resultante de picos y valles tiene la apariencia de un peine, de ahí su nombre. Sin embargo, la imagen de un peine -con sus dientes

espaciados en forma regular- es poco precisa; para nuestros oídos el espacio entre picos y nulos no se percibe regular en absoluto. En cambio, cuando se observa la gráfica en escala logarítmica, la imagen se relaciona mejor con lo que se escucha: una serie de amplios picos que se aproximan cada vez más entre sí al aumentar la frecuencia. Las causas reales del filtrado de peine se explican de forma superficial en la gran mayoría de los textos de audio y son generalmente confusas. Para cualquier ingeniero de sonido es familiar el efecto audible de los filtros de peine, el cual se emplea para generar efectos tales como el “*phasing*” y el “*flanging*”. Aunque puede ser útil en situaciones controladas, el filtrado de peine no deseado puede tener un efecto devastador cuando aparece en un sistema sonoro. El control adecuado de los efectos del filtrado de peine incrementa la efectividad de un sistema sonoro logrando que los altavoces interactúen adecuadamente, en vez de cancelarse mutuamente, y reduciendo los efectos de condiciones acústicas desfavorables.¹⁰

Grafica 3: Filtro de peine, respuesta en frecuencia resultante una serie de angostos valles por cancelación.

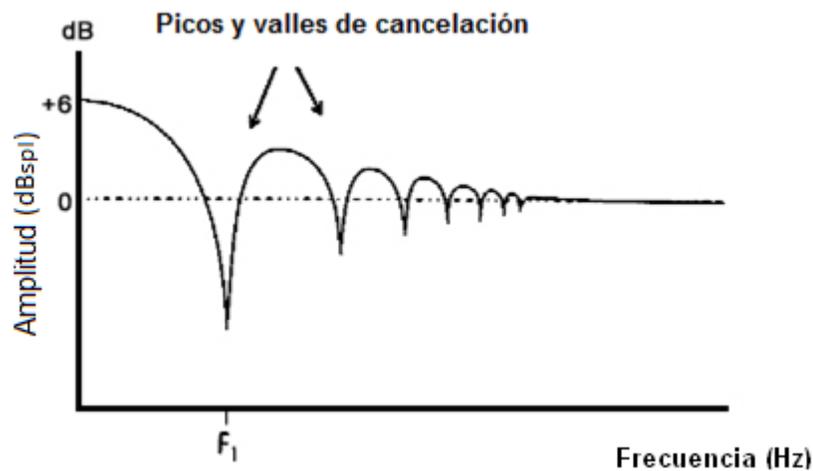


Imagen tomada de: (<http://unicist.org/ucu-102/cancelacion-por-pared-detras-del-altavoz/>)

Considerando un sistema estéreo convencional reproduciendo un solista localizado justo en frente, ambos altavoces producirán señales similares. El oído izquierdo oye el altavoz izquierdo y cerca de 0.22 ms después escucha el altavoz derecho ocasionándose filtro de peine en el oído izquierdo y como resultado un cambio en la respuesta en frecuencia en el altavoz izquierdo. Lo mismo ocurre en el oído derecho cuando oye el altavoz derecho y 0.22 ms después escucha el altavoz izquierdo.

¹⁰Roberto Velazco, Descripción del efecto causado por las reflexiones del sonido en los muros de un recinto, Filtros de peine

Con los sistemas 5.1 o 7.1 se presenta el mismo problema, los tres altavoces se encuentran a distancias ligeramente diferentes del oído izquierdo y suponiendo que los tres altavoces están reproduciendo a un solista en el centro del escenario, el oído izquierdo primero escuchara el altavoz izquierdo, un instante después escuchara el altavoz central y por ultimo escuchara el altavoz derecho lo que a su vez, ocurre en el oído derecho resultando en una confusión acústica y generando más que un cambio audible en frecuencia, que el cerebro perciba a la fuente de sonido como irreal, sin profundidad ni presencia o ligeramente difusa.¹¹

3.3 Localización espacial del sonido

Con el fin de comprender como el sistema estéreo distorsiona la localización de fuentes y como el sistema Ambiofónico lo corrige, es necesario entender como el cerebro y el oído humano localiza el sonido.

La psicofísica, al tratar el problema de la localización espacial del sonido, se ha concentrado principalmente en las modificaciones que ocurren en las señales que llegan a nuestros oídos en relación a la dirección y a la distancia del evento sonoro. Los pabellones auditivos, la cabeza, el cuello y el torso actúan de forma combinada, recibiendo los estímulos del campo acústico y transformándolos en su recorrido al oído medio a través de los tímpanos. Cualquier modificación de las características de la señal acústica, relacionada con la posición de la fuente, se convierte en un indicio potencial para la localización.

Suele dividirse a los indicios en dos grupos: temporales (cuando su representación en el dominio del tiempo resulta más pertinente para su análisis) y espectrales (su representación es más significativa en el dominio de la frecuencia). También es posible clasificarlos como binaurales (basados en la comparación de las diferencias percibidas por cada oído) y monoaurales (aquellos que percibidos por un único oído, resultan relevantes para la localización).

Investigaciones posteriores aportaron un indicio monoaural de importancia, expresado a través de las modificaciones espectrales de un evento sonoro en relación a su posición. Estas transformaciones se deben principalmente a la acción del pabellón auditivo, que actúa como un filtro lineal que afecta fundamentalmente a las altas frecuencias, este filtro produce una distorsión en la señal en relación al ángulo de incidencia y la distancia codificando así la información con atributos temporales y espectrales que permite identificar la posición de la fuente.

¹¹LEVENTHAL Les, GLASGAL Ralph, Understanding and Installing an Ambiohonic System, Enero 2009

3.3.1 Indicios Binaurales

3.3.1.1 Diferencia Interaural de Intensidad (ILD)

La diferencia interaural de nivel es la variación de nivel de presión sonora que llega a ambos oídos, la cual se debe a las reflexiones y a la sombra acústica que produce la cabeza, lo cual disminuye la presión sonora que llega al oído opuesto del origen de dicho sonido.

Esta dada por:

Ecuación 3: Diferencia Interaural de Intensidad

$$\Delta A = \log_{10} A_L - \log_{10} A_R$$

Que representa la intensidad de la señal que llega al oído izquierdo y derecho en la misma frecuencia.

Fig.5. Diferencia Interaural de Intensidad

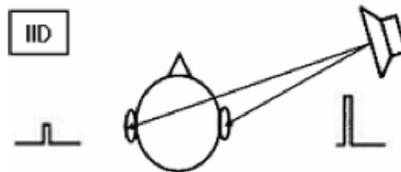


Imagen tomada de : (www.hitl.washington.edu/publications/r-98-23/ch2.html,2013)

3.3.1.2 Diferencia Interaural de Tiempo (ITD)

La diferencia interaural de tiempo hace referencia a qué tan rápido llega el sonido a un oído con respecto al otro debido a la separación física entre ambos oídos. Esta diferencia también se emplea como señal de localización azimutal.

Esta dada por:

Ecuación 4: Diferencia Interaural de Tiempo

$$\Delta T = T_L - T_R$$

Donde T_L y T_R son los retardos en la propagación de la fuente hacia los dos oídos a una frecuencia en particular.

Fig.6. Diferencia Interaural de Tiempo

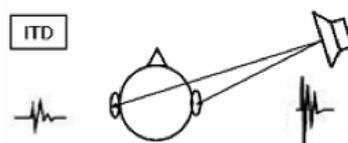


Imagen tomada de: (<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-98-23/ch2.html>, 2013)

Tanto la ITD como la ILD contribuyen conjuntamente a la lateralización del evento auditivo. Las evaluaciones interaurales, no obstante, poseen en sí mismas algunas limitaciones. Cuando la fuente se ubica en el plano medio las diferencias son nulas, y en otros casos la diferencia interaural es la misma para varias posiciones lo da lugar al cono de confusión o confusión frente-detrás.

Fig.7. Cono de confusión

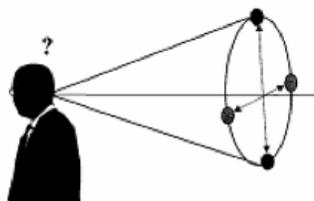


Imagen tomada de: : (http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/ACD/projects/dynamic_info.php, 2013)

En el cual la resta de las distancias entre cualquier punto ubicado en su superficie, y los puntos que representan a los oídos, es constante. Estas ambigüedades generan divergencias en la localización, que es preciso resolver a partir de otros mecanismos.

3.3.2 Indicios espectrales monoaurales

Aun las más pequeñas alteraciones de las señales que llegan a los canales auditivos pueden producir notables alteraciones en la imagen espacial. Acústicamente hablando, el pabellón auditivo se comporta como un filtro lineal que afecta fundamentalmente a las altas frecuencias. Produce una distorsión en la señal, en relación al ángulo de incidencia y a la distancia, codificándola con atributos temporales y espectrales. El efecto acústico del pabellón se basa en los fenómenos físicos de reflexión, difracción, dispersión, sombra acústica, interferencia y resonancia, y contribuye tanto a la correcta discriminación entre frente y atrás, como a la detección del grado de elevación de la fuente.

Fig.8. Funciones del pabellón auditivo, según Batteau (1967)

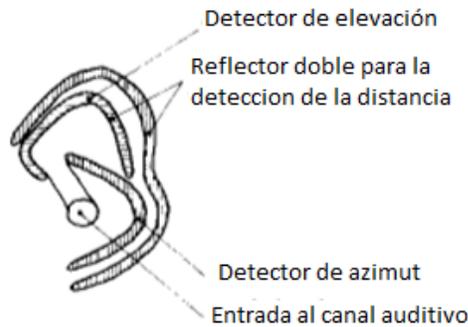


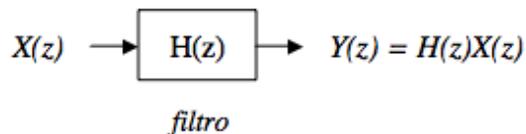
Imagen tomada de: Pablo Catta, Localización espacial del sonido, lenguaje sonoro II
Sin embargo, estudios han determinado que las diferencias temporales percibidas monoauralmente no son relevantes para la detección de la posición de la fuente y que los indicios espectrales percibidos monoauralmente son los menos confiables y parecen depender del conocimiento previo de las características de la fuente.

Cuando el sistema perceptual reconoce diferencias interaurales, determina la ubicación de la emisión del estímulo dando un valor más importante a estas diferencias que a los indicios espectrales.

3.3.3 Función de transferencia anatómica (HRTF)

El oído externo actúa como un filtro, y como tal puede ser definido a partir de su función de transferencia $H(z)$. Esta describe la relación entre la entrada y la salida.

Ecuación 5: Función de Transferencia



Se puede definir a la función de transferencia como la relación entre el espectro de Fourier de la señal de salida y el de la señal de entrada. Ella nos informa en qué medida varía la amplitud y la fase de cada una de las componentes de la señal que ingresa al filtro.

Las funciones de transferencia del oído, reconocidas universalmente a través de la sigla HRTF (Head Related Transfer Functions), dependen de la frecuencia, de la distancia de la fuente, del ángulo de azimut y del ángulo de elevación.

Desde un punto de vista práctico, obtenemos las HRTF de un sujeto o una cabeza artificial ubicando micrófono en los conductos auditivos y midiendo las respuestas al impulso para diferentes direcciones de la fuente. Estas respuestas, conocidas como HRIR (Head Related Impulse Response) son posteriormente transformadas al dominio de la frecuencia con la Transformada Discreta de Fourier y conforman las HRTF medidas para posiciones particulares de la fuente. La representación gráfica de la magnitud de una HRTF nos permite apreciar como varia la amplitud en función de la frecuencia para un posición dada de la fuente, una vez que la señal ingreso en el conducto auditivo. Por otra parte, la comparación de varias HRTF nos da una idea de las transformaciones espectrales que tienen lugar al cambiar la posición del estímulo.¹²

Las señales de localización resultado del filtro producido por el torso, la cabeza y el pabellón auditivo, nos permiten distinguir el punto de llegada correcto del sonido gracias a las diferencias tonales inducidas por las asimetrías de la cabeza y orejas principalmente. Así, una misma fuente de sonido se percibe con distinto timbre según la tengamos al frente, a los lados o detrás o bien se encuentre a cierta altura por encima, o por debajo, del plano horizontal.¹³

3.4 Limitaciones acústicas en el sistema estéreo

Como se ha mencionado anteriormente y como la gran mayoría en la industria ha reconocido, al reproducir una grabación de dos canales a través de dos altavoces que forman 60° o 90°, se produce una diafonía acústica que afecta tanto a bajas como a altas frecuencias.

Al presentar dicha distorsión, el sistema estéreo comprime el ancho del escenario inadvertidamente y produce múltiples picos y valles en la respuesta en frecuencia de cada oído, desde 1500 Hz en adelante, conocido como filtro comb o filtro de peine.

El oído rara vez percibe este filtro de peine como un cambio en el timbre pero si puede percibir estos picos y valles como una forma extraña del funcionamiento del pabellón auditivo creando confusión en el mecanismo del cerebro para localizar diferentes transientes.

Mientras esta diafonía exista, el oído humano no percibe el sonido natural de la fuente y por tanto genera en el receptor una ubicación falsa o sombreada de la misma.

¹²CETTA Pablo, Lenguaje Sonoro, Localización espacial del sonido.

¹³BO-KUG Seo, IL-HYUN Ryu, HYUNG-TAI Cha, Implementation of 3D sound using grouped HRTF, Agosto 2008

3.4.1 El triángulo estéreo

El término estéreo proviene del griego *stéreos*, que significa 'sólido', y aunque se refiere exclusivamente a sistemas de dos canales el término se puede aplicar a cualquier sistema de audio que usa más de un canal.

El sonido estereofónico, comúnmente llamado estéreo, es la reproducción de sonido, usando dos o más canales independientes de audio, a través de una configuración simétrica de bocinas (triángulo estéreo), de tal forma, que se crea una impresión placentera de sonido proveniente de varias direcciones horizontales, como en la audición natural.

El sonido estereofónico intenta crear la ilusión (imagen sonora) del posicionamiento en el campo auditivo de varios instrumentos en la grabación original. La meta del ingeniero es crear una "imagen" con la información de dicho posicionamiento.

Fig.9. Triángulo estéreo

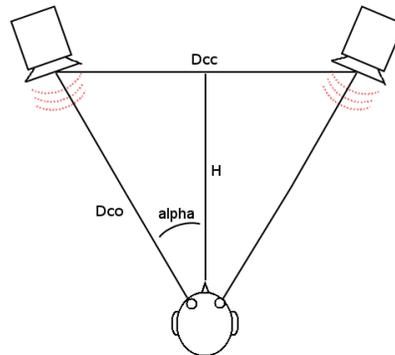


imagen tomada de: (www.drconpendrive.com/drcop/docs/ambiophonics/ambiophonics.html, 2013)

Un sistema estéreo emite dos señales distintas desde dos altavoces situados uno a cada lado del oyente. Esta diferencia entre señales es lo que da lugar al fenómeno psicoacústico de la localización virtual, su funcionamiento óptimo se dispone ubicando las cajas a la misma distancia entre ellas que la que les aleja del oyente y con un ángulo de 30° a cada lado. Es decir, formando entre los altavoces y el oyente un triángulo equilátero ($D_{co}=D_{cc}$).

Un parámetro de uso habitual en estéreo es el ángulo entre cajas: se define como el ángulo que, en la posición del oyente, se abre entre una caja y otra. Siguiendo el esquema, este ángulo sería $2 \cdot \alpha$. El triángulo equilátero de la disposición nominal en estéreo proporciona un ángulo entre cajas de 60° .

Para conocer cuál es el ángulo entre cajas de su sistema, la relación trigonométrica es:

Ecuación 6: Relación Trigonométrica

$$\alpha = \arctan\left(\frac{D_{cc}}{2H}\right)$$

Siendo H la distancia del oyente al eje que une los frontales de ambas cajas. Hay que recordar que todas estas medidas se realizan tomando como referencia el eje central frontal de cada caja.

3.4.2 Diafonía acústica

La diafonía es un fenómeno acústico que se presenta en sistemas estéreo y sistemas más complejos tales como 5.1, 7.1, entre otros, producido por la escucha de altavoces por ambos oídos, es decir, un oyente no escucha un solo altavoz por cada oído, sino ambos por ambos oídos.

En cada oído se escuchara el altavoz cruzado con un ILD e ITD correspondiente a la ubicación física del altavoz.

Fig.10. Diafonía acústica (Crosstalk).

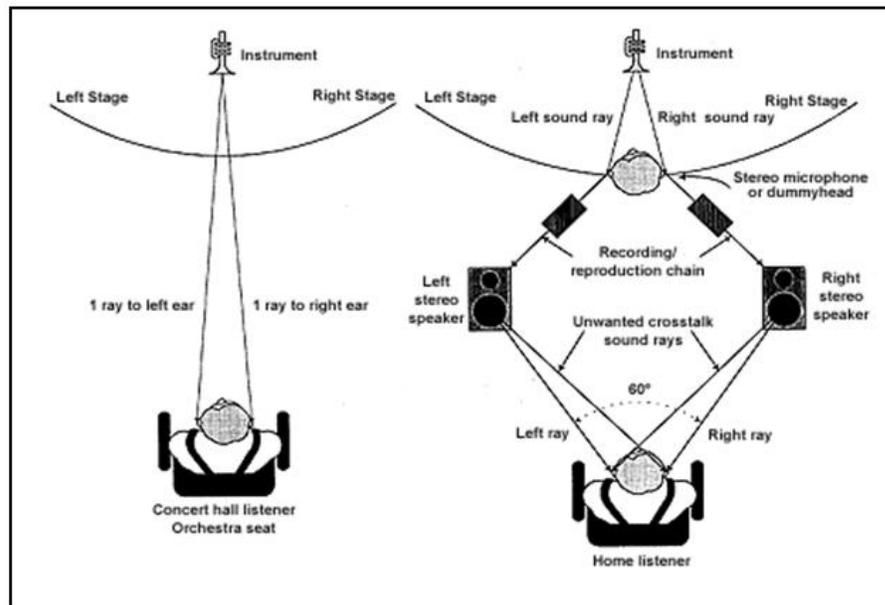


Imagen tomada de: Ralph Glasgal, The Synthesis of Concert-Hall Sound Fields in the Home.

Al escuchar un instrumento directamente en frente, ambos oídos escuchan dicho instrumento. El sonido en el oído izquierdo es similar pero no exacto al sonido que

incide en el oído derecho. Dicho instrumento está produciendo dos versiones o dos presentaciones, una para el oído izquierdo y una para el oído derecho las cuales son fusionadas por el sistema oído-cerebro y convertidas en una sola imagen.

Lo mismo no ocurre con una grabación estereofónica en la cual el mismo instrumento estará localizado en frente del oyente, proporcionalmente dividido entre los dos altavoces, lo cual se logra haciendo que los dos canales de grabación tengan una sonoridad similar y lleguen al mismo tiempo a ambos oídos.

El problema radica en que el oído izquierdo escucha ambos altavoces al igual que el oído derecho y las cuatro versiones que ahora se presentan no son exactas en nivel, tiempo de arribo o respuesta en frecuencia lo cual será un problema para el sistema oído-cerebro que no evoluciono hasta tal punto de fusionar cuatro versiones en una sola imagen.

Los sistemas 5.1 y 7.1 tienen incluso una mayor diafonía acústica que los sistemas estéreo convencionales ya que usan tres altavoces frontales: izquierda, derecha y centro. Así el oído izquierdo escucha tres altavoces al igual que el oído derecho siendo un total de seis diferentes versiones del mismo instrumento, por tanto al recibir esta información el cerebro no logra percibir una ubicación precisa en el plano horizontal .

La diafonía acústica es responsable de la imprecisión con la que se percibe en estéreo el canal central virtual ya que produce sombras incorrectas de la cabeza lo cual reduce la semejanza de la imagen y da un balance tonal con menos energía en frecuencias medias y altas. También es responsable de que una escena sonora virtual no sobrepase de modo claro los límites del ángulo entre cajas de altavoces.

Según un artículo propuesto para la reunión de la AES en 1986 por Timothy Bock y Don Keele Jr ¹⁴ , la diferencia interaural afecta la reproducción estéreo principalmente en dos aspectos: su efecto en las imágenes sonoras y su efecto sobre la respuesta en frecuencia.

Si el tiempo y fase de llegada a cada oído pudiesen ser tratados independientemente, el ángulo de percepción espacial podría llegar a los 180 grados e incluso a los 360 grados.

Keele JR relaciona las reflexiones tempranas de un escenario con este fenómeno afirmando que “las grabaciones en estéreo en las cuales se han controlado y

¹⁴KEELE JR, Don B. “The effects of interaural crosstalk on stereo reproduction and minimizing interaural crosstalk in nearfield monitoring by the use of a physical barrier”.1986.p.8-9

reducido las reflexiones tempranas, son realmente capaces de acercarse al comportamiento ideal que tienen en el espacio original”¹⁵.

Desafortunadamente la diafonía acústica presente en estos sistemas, también genera efectos de comb filter o filtro de peine el cual es responsable de otra distorsión sonora del sistema estéreo: "apaga" el ambiente (reverberación) disponible en la grabación, dado que dicha ambiencia es, de modo básico, una serie de ecos retardados del sonido y la diafonía se tiende a percibir de la misma forma pero a un nivel comparativamente muy alto, lo que a su vez afecta la sensación de profundidad que está relacionada con la variación temporal de la curva de intensidad recibida (en este caso grabada).

3.5 Ambiofonía

3.5.1 ¿Qué es realismo en una reproducción sonora?

El realismo se entiende como la generación de un campo sonoro fiel y realista de una puesta de sonido en vivo como conciertos, juegos y películas, suficiente para satisfacer la necesidad de ubicación y percepción auditiva de un ser humano, es decir se trata de simular un espacio que podría existir físicamente proyectando las fuentes sonoras hacia el oyente y facilitando su ubicación como si se estuviera en un evento en vivo.

Dado que la mayoría de los seres humanos están familiarizados con la percepción sonora de un evento en vivo, al comparar esta percepción con un sistema estéreo es fácil percibir que falta la integridad y consistencia de un campo sonoro psicoacústico, es decir la ubicación, profundidad, distancia y color particular de cada fuente sonora en un espacio determinado. Entonces podemos afirmar que solo se puede lograr realismo si todos los mecanismos de la audición se satisfacen simultáneamente sin contradicciones.

Los seres humanos tenemos dos canales auditivos que nos permiten lograr el realismo en la reproducción. Así, solo tendríamos que proporcionar la misma presión sonora a la entrada del canal auditivo de un oyente en particular, incluso en presencia de movimientos de la cabeza, que él hubiera experimentado estando presente en la sesión de grabación. Esta proposición requiere que todo aquello que se reproduzca, ya sea sonido directo o ambiente, provenga lo más cerca posible de la dirección correcta a fin de alcanzar el conducto auditivo sobre un camino que atraviese las estructuras normales del pabellón de la oreja y diferentes partes de la cabeza.

¹⁵KEELE JR, Don B. "The effects of interaural crosstalk on stereo reproduction and minimizing interaural crosstalk in nearfield monitoring by the use of a physical barrier". 1986.p.8-9

Por tanto, sólo son necesarios dos canales grabados para la reproducción realista de música frontal, de tal forma que al reproducir la grabación, se elimine la información cruzada que presenta un sistema estéreo tal y como lo propone el sistema Ambiofónico.

3.5.2 Sistema Ambiofónico

El término ambiofonía hace referencia a una tecnología binaural que combina principios psicoacústicos con las normas básicas del buen diseño de un espacio musical, para crear campos de sonido creíbles tales como salas de conciertos o salas dedicadas a la reproducción de audio en el hogar, con el fin de brindar una mejor percepción espacial y una exacta localización de fuentes para un escenario determinado.

El objetivo principal del sistema Ambiofónico es redefinir la reproducción estéreo tal como la conocemos, ofreciendo soluciones a las limitantes presentes en la reproducción estéreo tradicional cuando se trata de recrear la escena que se grabó originalmente.

El Señor Glasgal resume su método de la siguiente manera: “La ambiofonía mueve al oyente al mismo espacio de los músicos al acomodarse a las características individuales del pabellón auditivo, minimizando la correlación interaural en las posiciones de audición, abandonando el tradicional triángulo equilátero estéreo, generando reflexiones tempranas y campos reverberantes de respuestas al impulso almacenadas y eliminando la información cruzada de los altavoces frontales para simular salas de conciertos o diversos espacios en el lugar en el que se desee reproducir”.¹⁶

Este sistema emplea el procesamiento digital de señales (DSP) y un arreglo de altavoces directamente al frente del oyente con el fin de mejorar la reproducción en estéreo y sistemas 5.1 para música, videojuegos o aplicaciones de estudio.

El sistema Ambiofónico elimina la diafonía acústica y sus efectos nocivos, utiliza la convolución para crear ambientes reales, proporcionando así, imágenes auditivas excepcionalmente reales en la reproducción de dos canales como LPs, CDs, 5.1 Dolby digital entre otros. Esto, gracias a que las grabaciones de dos canales no contienen en sí, la diafonía acústica que es producida por los altavoces en el usual triángulo estéreo.

A partir del estudio de principios acústicos y psicoacústicos involucrados en el proceso normal de audición en salas y teatros, se pueden deducir los elementos principales que el sistema Ambiofónico utiliza para su reproducción. Entre estos se incluyen el ambiopolo, un par de altavoces frontales libres de diafonía, altavoces

¹⁶ GLASGAL, Ralph. “Ambiophonics 2nd edition” Introduction. 2001.

de sonido envolvente (*surround*), de ambiencia dados por la convolución de respuestas al impulso, correcciones de sala para no distorsionar el campo de sonido y el ambiófono un arreglo de micrófonos concebidos para la grabación y reproducción de una manera más óptima.

La teoría más básica del sistema Ambiofónico tiene por objeto permitir que dos canales previamente grabados sean reproducidos sin las bien conocidas limitaciones del triángulo estéreo con el uso de dos altavoces (ambiopolo) y altavoces de sonido envolvente (*surround*) por convolución.

Versiones más avanzadas tienen en cuenta sistemas 5.1, 6.0, 7.1, Dolby/THX en sus arreglos de altavoces tales como el sistema Panoramiofónico que utiliza cuatro canales como los que contienen los SACD o DVD-A para proporcionar un escenario de 360° para películas o conciertos con un escenario sumamente amplio con 360° de ambiencia y un Panoramiofónico diseñado para realizar la grabación, óptima en la reproducción por cuatro altavoces (dos ambiopolos) y el sistema Periambiofónico que adiciona al sistema anterior un tercer ambiopolo elevado para proporcionar un escenario completo en todas las dimensiones, incluyendo altura, útil para películas, realidad virtual, juegos y demás que se acerquen mucho más a la experiencia en vivo.¹⁷

3.5.3 Sistema Ambiofónico básico: un ambiopolo

La forma más simple del sistema ambiofónico está dada para la reproducción de CDs, LPs, MP3, casetes y demás material estéreo normal.

En estéreo el escenario frontal es creado entre los altavoces, en el sistema ambiofónico el escenario frontal es creado desde los altavoces hacia fuera, por lo tanto es mucho más amplio.

Un ambiopolo consta de un par de altavoces, que forman un ángulo de entre 20° a 30° con el oyente, a los cuales se les incorpora cancelación de diafonía (Crosstalk canceller en inglés - XTC), generalmente mediante tratamiento DSP.

¹⁷ GLASGAL Ralph, Surround Ambiphonics recording and reproduction, Junio 2003

Fig.11. Ambipolo con barrera acústica para la eliminación de la diafonía acústica entre altavoces

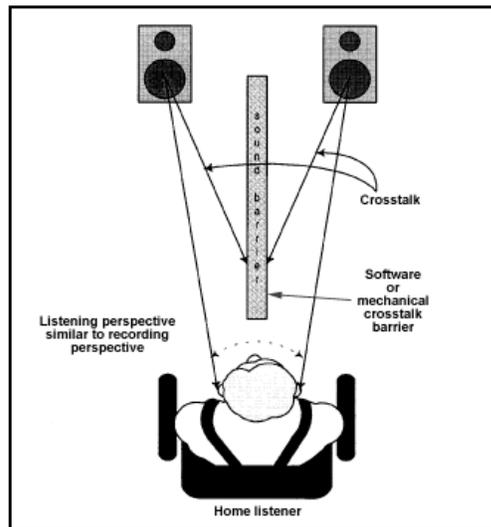


Imagen tomada de: Ralph Glasgal and Robin Miller, True-To-Life Sound Reproduction Using Recursive Ambiphonic Crosstalk Elimination Julio 2011

La barrera física puede sustituirse por procesamiento digital (software). El sistema Ambiofónico propone, como algoritmo XTC, lo que denominan Recursive Ambiphonics Crosstalk Eliminator (RACE), un desarrollo propio, al que Ambiphonics Institute proporciona acceso libre desde su página web.

Las cajas de altavoces están llamativamente próximas entre sí ya que al acercarlas, el filtro de peine se produce a frecuencias cada vez mayores, con lo cual la percepción de enfoque de la imagen central virtual mejora. Cuanto más amplio sea el ángulo entre cajas, la localización central empeora. Esta proximidad entre cajas no supone una pérdida de la amplitud de la escena; al contrario, la propia barrera física hace que, a efectos prácticos, los altavoces sean sonoramente ilocalizables, con lo cual toda la localización es virtual y está construida a partir de las señales binaurales (ITD, ILD, paneo) contenidas en la grabación.

El oyente puede sentarse en cualquier lugar a lo largo de la línea entre los altavoces, puede levantarse o reclinarse, mover la cabeza, etc. pero en general, el ambipolo solo tiene capacidad para uno o dos oyentes, uno detrás de otro para mejores resultados.

Fig.12.Reproducción de un sistema ambiofónico básico, ambiopolo

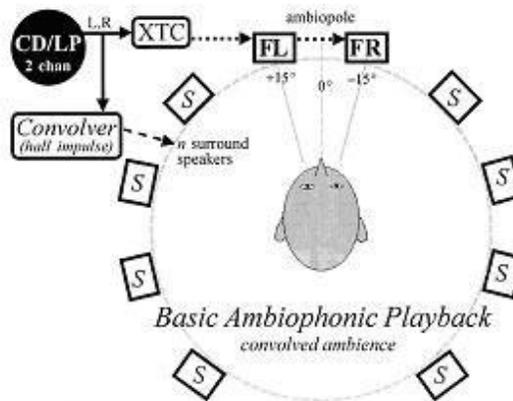


Imagen tomada de: Ralf Glasgal, ambiobook, Capítulo 9, 2012

Los altavoces surround son alimentados por señales de ambiencia calculadas por convolución, lo cual en términos del sistema Ambiofónico se ha denominado Ambiovolver. Existen diferentes respuestas al impulso almacenadas, de diferentes salas, iglesias y auditorios alrededor del mundo que se pueden seleccionar de acuerdo a la grabación o simplemente utilizar la respuesta al impulso del lugar en el cual se grabó originalmente.

El ambiovolver genera las reflexiones apropiadas según los altavoces a utilizar y los alimenta con el fin de simular las propiedades acústicas de un espacio o sala de conciertos determinada. Así, los niveles, la respuesta en frecuencia y la direccionalidad del campo reverberante se mantiene.

3.5.4 Grabación Ambiofónica

Aunque el método ambiofónico se adapta al material estéreo actual y por tanto a las técnicas de grabación estéreo convencionales, el sistema ha de trabajar mejor en grabaciones hechas con la técnica ORTF o par espaciado, ya que estas proporcionan una espacialidad importante y cercana a los requerimientos del método de Glasgal. Sin embargo, ninguna funciona de manera óptima ya que se omiten muchas variables que van en contra del resultado deseado.

Para obtener un material de audio realmente óptimo en el método de ambiofonía, se debe partir del concepto de la grabación binaural. En este tipo de grabación se utiliza una cabeza binaural que posee las dimensiones y densidad de una cabeza humana promedio y en la posición de los tímpanos se ubican micrófonos, con el propósito de obtener la misma captura que tiene un sistema auditivo humano.

En estas cabezas se hace un oído externo similar al del ser humano y aquí nos encontramos con la primera diferencia entre la binauralidad y la ambiofonía: para

el método binaural se hace un oído externo falso (asumiendo que al usar audífonos el sonido es directo y el oído externo propio no afectará al momento de la reproducción) y posteriormente se utiliza la denominada HRTF (Head Related Transfer Function) que luego es procesada por un algoritmo que genera material ideal para una reproducción en audífonos. El método funciona eficazmente, recrea un campo sonoro mucho más amplio y real que el estéreo en audífonos. Por otro lado, en el método de ambiofonía se busca grabar de una manera similar a la binaural pero sin un oído externo superficial por el hecho de que al tener que pasar el material a un espacio abierto, no hay forma de ignorar el oído externo del oyente en el lugar de reproducción, por tanto las sumas de dos oídos externos resultarían contraproducentes y afectarían al resultado obtenido.

Con el fin de obtener mayor exactitud en la reproducción ambiofónica, la grabación se hace por medio de un ambiófono que básicamente se trata de una esfera que simula una cabeza con dos micrófonos omnidireccionales ubicados donde los canales auditivos deberían estar y protegidos del sonido proveniente de la parte trasera, los lados o encima de la cabeza por medio de paneles.

Para empezar, el ambiófono debe capturar el sonido directo del escenario y las reflexiones leves generadas en la audiencia. Por ende, se deben rechazar las reflexiones frontales, laterales y superiores en el punto de grabación. Esto implica que el ambiófono debe ubicarse en un buen asiento en el escenario generalmente entre la primera y quinta fila para lograr capturar un margen amplio en el plano horizontal. Es opcional realizar grabaciones en otras ubicaciones tal como lo indica la Figura 16.

Fig.13. Grabación Ambiofónica

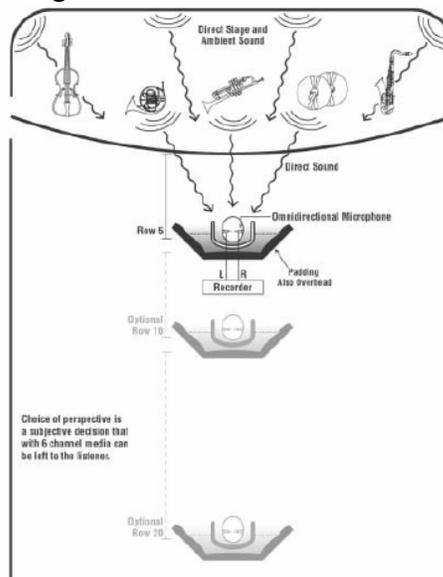


Imagen tomada de: Ralph Glasgal, Achieving Physiological Realism in Music Recording and Reproduction, Ambiphonics Institute, 4 Piermont Road Rockleigh, New Jersey 07647 USA.

Los micrófonos omnidireccionales binaurales se ubican de acuerdo a la medida de la cabeza humana pero sin un oído externo simulado. Para generar la impresión de que los sonidos que vienen de un extremo pasan por una cabeza humana (la denominada “sombra de la cabeza”), se debe crear una esfera con las mismas dimensiones de una cabeza normal, cuya superficie tendrá sujetos los micrófonos como se muestra en la Figura 17.

Fig.14.Ambiófono, dos micrófonos omnidireccionales



Imagen tomada de: GLASGAL, Ralph. “Surround Ambisonic Recording and Reproduction”.2003

Si únicamente se posicionara un micrófono en la quinta fila del escenario y se realizara la grabación para obtener una perspectiva similar a la que el oyente tuvo estando allí, no se obtendría una reproducción que otorgara dicha sensación, ya que normalmente el micrófono capturaría más sonido ambiente que sonido directo y este sonido ambiente reproducido en los altavoces frontales generaría la sensación de que los músicos estuvieran tocando en una caja. Por esta razón, el ambiófono posee paneles con material absorbente que minimizan la incidencia de reflexiones laterales, posteriores y superiores.

El ambiófono captura las señales binaurales de la parte frontal, incluyendo reflexiones tempranas y reverberación, sin ser la fuente principal de reverberación pero brindando una ambiencia deseable del frente que sumado a la reverberación de otras direcciones enfatizan el sonido ambiente.

En el momento de la reproducción con un ambiopolo, el sonido directo y el sonido ambiente provienen de la dirección correcta (el frente) y el ambiófono proporciona el nivel y retardo adecuados para tener una localización realista y una gran

espacialidad. Sin embargo hay un fallo en este método cuando existen fuentes en los lados extremos. Aunque la sombra de la cabeza es correcta, el pabellón auditivo está siendo irradiado por sonidos directamente en frente y a medida que el ángulo crece la escena puede no sobrepasar los 180°, lo cual no es un gran problema teniendo en cuenta que en conciertos o salas de opera raramente existen fuentes de sonido directo en los extremos. Así, con este método se podrá reproducir fielmente un escenario de 150° pudiendo llegar a simular los 180° pero con ciertas fallas en los extremos que pueden ser solucionadas con la adición de altavoces auxiliares ligados al ambiovolver, el cual convolución a la señal grabada por el ambiófono con la respuesta al impulso deseada restaurando en gran medida dicho problema.

Finalmente, cabe mencionar que el ancho de la escena producido por la combinación de ambiopolo/ambiófono es mucho más amplio de lo que el sistema estéreo o 5.1 pueden producir.

3.5.5 Procesador RACE

Como se dijo previamente, el dipolo estéreo no funciona eficazmente si no hay un modo de cancelación activa del crosstalk resultante entre los parlantes.

La Eliminación Ambiofónica Recursiva de Diafonía (Recursive Ambiohonic Crosstalk Elimination, RACE) consiste en un método de cancelación electrónica que sirve para sistemas de dos o más canales. Actualmente se puede utilizar como un plug-in VST y su función es la de simular la barrera física utilizada en los estudios de Dr. Keele¹⁸ con el fin de eliminar la diafonía acústica entre altavoces (ver anexo 1).

La idea principal de este algoritmo radica en que el sonido que llega a cada oído desde su altavoz cruzado (caja derecha a oído izquierdo y caja izquierda a oído derecho) se puede cancelar (al menos parcialmente) mediante una réplica emitida desde el altavoz directo (caja derecha a oído derecho y caja izquierda a oído izquierdo). Para que esta réplica cumpla su función, debe ser de polaridad invertida (para poderse cancelar entre sí con la señal original), adecuadamente retrasada en el tiempo (de modo que coincidan ambas en el oído en el instante correcto) y adecuadamente atenuada (para tener en cuenta el "efecto sombra" que la cabeza produce sobre el sonido que se cruza). Además, debido a que el "efecto sombra" de la cabeza es función de la frecuencia de la señal, el algoritmo RACE solo se aplica a una banda de frecuencias concreta, en torno a 250 Hz - 5 kHz, donde su efectividad es buena.

Este algoritmo además tiene en cuenta que la señal que cancela a su vez debe ser cancelada desde el canal opuesto, idea que llevada al infinito (o a efectos

¹⁸Extraído del trabajo de D. B. Keele Jr, the effects of interaural crosstalk 2420-a on stereo reproduction and minimizing interaural crosstalk in nearfield monitoring by the use of a physical barrier.

prácticos hasta niveles inaudibles) y da lugar a la necesidad de implementa un algoritmo recursivo.

Para lograr esta generación continua de señales, el algoritmo dispone de un círculo sin fin de retroalimentación (feedback) que ejecuta un proceso de retardo para canal independiente izquierdo y derecho(retardo de ping-pong) continuo.

Para generar la señal de cancelación, el RACE toma los canales L y R y utiliza un filtro pasa-bandas para trabajar de 250Hz a 5KHz. No es posible ni necesario cancelar el crosstalk en frecuencias superiores a los 5KHz ya que estas dependen de la localización del oído externo y no del ITD e ILD.

En el caso de las frecuencias bajas, el ILD sufre pocos cambios a medida que decrece la frecuencia específica y aumenta la longitud de onda ya que las dimensiones de la cabeza empiezan a ser insignificantes a partir de los 400Hz. Por lo tanto, cuando se llega a los 250 Hz, la diferencia es irrelevante. El bypass de frecuencias bajas lleva a una disminución moderada mientras que las sumas de bajos en el triángulo estéreo crean inconsistencia en reproducciones monofónicas con dos parlantes.

Cabe mencionar que este tipo de incongruencia del estéreo suele arreglarse por métodos como la matriz M/S (Mid/Side) en los cuales se busca operar un rango determinado de frecuencias en una parte específica de la imagen fantasma estéreo. Método con el cual se puede generar la sensación de que las frecuencias bajas provengan del centro lo cual da una percepción más agradable de audición, no obstante, retomando el sentido lógico del método de ambiofonía, lo ideal sería que este tipo de métodos no debieran emplearse aunque no por eso dejan de ser realmente útiles.

Como ya se ha citado, RACE requiere de implementación por DSP, pudiéndose definir de modo directo o mediante la generación de filtros FIR (dos por cada canal, directo y cruzado) y su aplicación por convolución.

Su diagrama de bloques se muestra a continuación:

Fig.15. Diagrama de bloques RACE

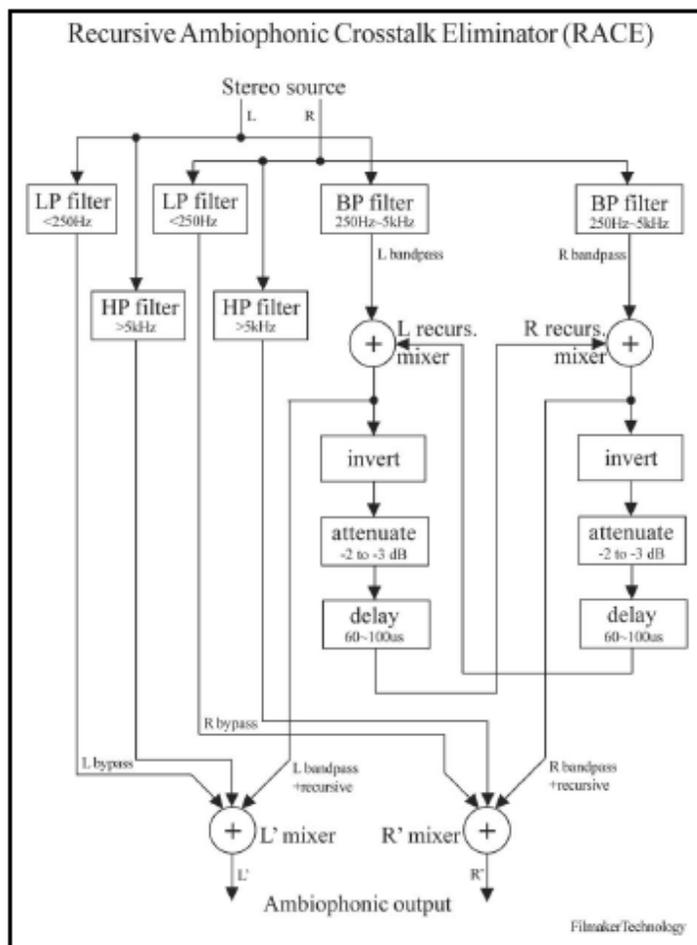


Imagen tomada de: Ralph Glasgal, 360° Localization via 4.x RACE Processing, 2007

Debido a que la eliminación de la diafonía requiere que la señal canceladora tenga la magnitud correcta y llegue al oído exactamente cuando la diafonía lo hace, se deben ajustar los valores adecuados de atenuación y retardo.

Para esto, RACE dispone de varios parámetros como se puede ver en el diagrama de bloques:

Para el canal izquierdo y derecho se realiza el mismo procesamiento de señal.

1. **Filtro Pasa Bajas menor a 250Hz (LP Filter):** de la señal de entrada este filtro permite el paso de frecuencias menores a 250Hz y una vez procesada la señal la envía al sumador de señales L' mixer o R' mixer.
2. **Filtro Pasa Altas mayor a 5000Hz (HP Filter):** de la señal de entrada este filtro permite el paso de frecuencias mayores a 5000Hz y una vez procesada la señal la envía al sumador de señales L' mixer o R' mixer.

3. **Filtro pasa banda de 250Hz a 5000Hz (BP Filter):** de la señal de entrada este filtro permite solamente el paso de frecuencias mayores a 250Hz y menores a 5000Hz. Como ya se ha citado, el algoritmo RACE ha de tener en cuenta que el "efecto sombra" es función de la frecuencia y solo se aplica a una banda de frecuencias concreta entre 250Hz y 5000Hz, siendo mínimo a frecuencias bajas (la diafonía en graves es total) y completo a frecuencias muy altas (la diafonía en altos agudos es nula siendo más influyentes en localización a estas frecuencias los cambios tonales debidos al ángulo de incidencia del sonido en los oídos - HRTF). Una vez procesada la señal se envía al sumador de señal recursiva L`recursive mixer o R`recursive mixer.
4. **Inversor (Invert):** Invierte la polaridad de la entrada de audio, esto se refiere a la inversión de fase o a un desplazamiento de fase de 180 grados, una vez procesada la señal se envía al atenuador.
5. **Atenuación (Attenuate):** es un parámetro configurable que representa la pérdida de nivel en dB_{SPL} entre el oído cercano y lejano a la fuente, debido a la trayectoria y a la absorción de la cara. Permite ajustarse en un rango de $-1.5 dB_{SPL}$ a $-4 dB_{SPL}$. Una atenuación de $-1.5 dB_{SPL}$ significa que hay una pérdida de nivel de $1.5 dB_{SPL}$ entre el oído cercano y el lejano o en otras palabras que cuando el altavoz reproduce la señal que va a ser cancelada en el oído lejano, el altavoz cercano a ese oído lanzara la señal de cancelación $1.5 dB_{SPL}$ más suave. (Las señales tendrán el mismo nivel pero polaridad opuesta cuando lleguen al oído lejano).

Como regla general, a menor ángulo entre cajas (10° a 20°) menor debe ser la atenuación a aplicar (2 a $3 dB_{SPL}$) y conforme aumente este ángulo mayor debería ser la atenuación elegida. Esto es así porque a mayores ángulos mayor es el "efecto sombra" entre lados cruzados debido a la influencia de la cabeza (Interaural Level Difference). Una vez procesada la señal se envía a la etapa de retardo.

6. **Retardo (Delay):** es un parámetro configurable que representa la diferencia de tiempo en microsegundos (us) entre la llegada de un sonido al oído cercano y la llegada al oído lejano.

El retardo a aplicar en cada paso de RACE puede variarse de 20 a 210microsegundos. Comúnmente en la mayoría de las instalaciones se utilizan 70 us.

Una atenuación de 70 us significa que cuando el altavoz reproduce la señal que será cancelada en el oído lejano, el altavoz cercano a ese oído reproducirá la señal de cancelación 70 us después. Un valor de retardo que es correcto para un oyente sentado en el centro será incorrecto para un oyente que se mueve del centro, pero no tendrá que ser modificado si el oyente se reclina, mueve su cabeza de atrás hacia delante o si hay sillas adicionales a lo largo de la línea central.

Como regla general, a mayor ángulo entre cajas, mayor será el retardo a configurar, puesto que aumenta la diferencia de tiempo entre el sonido que llega al oído directo y al cruzado (Diferencia Interaural de Tiempo). Una vez procesada la señal se envía al sumador de señal recursiva L`recursive mixer o R`recursive mixer teniendo en cuenta que la señal canceladora a su vez debe ser cancelada desde el canal opuesto, idea que llevada al infinito (o a efectos prácticos hasta niveles inaudibles) dando lugar al proceso llamado recursividad; después de este proceso la señal es enviada al L`mixer o R`mixer consiguiendo el efecto de la ambiofonía.

Tabla 1. Tabla resumen de parámetros de algoritmo RACE

Parámetro	Especificaciones
Filtro pasa Bajas (LP Filter)	< 250Hz
Filtro pasa Altas (HP Filter)	> 5000Hz
Filtro pasa Bandas (BP Filter)	250Hz - 5000Hz
Inversor de Fase (Invert)	180 grados
Atenuación (Attenuate)	Parámetro ajustable entre -1,5 dB_{SPL} y -4 dB_{SPL}
Retardo (Delay)	Parámetro ajustable entre 20 y 210 muestras
Algoritmo Recursivo	Técnica de programación que permite que un bloque de instrucciones se ejecute n-veces

Es decir, RACE incorpora en su algoritmo la posibilidad de ajustarse a los ILD e ITD de nuestro sistema concreto, de tal forma que podamos alcanzar el óptimo de XTC sea cual sea nuestro caso, aunque independientemente de que este óptimo sea satisfactorio.

Una buena configuración de RACE proporciona, si la grabación así lo dispone, una gran amplitud de escena sonora y una mejora en las sensaciones de profundidad y de ambiencia, aspectos estos últimos en los que supera a cualquier otro tipo de

diseño de sonido envolvente. Por el contrario, si hay un exceso de retardo, el sonido tenderá a abrir mucho la escena musical pero con muy mala precisión en la localización individual de fuentes; el efecto RACE pasa a comportarse de modo parecido a lo que ocurre con sistemas estéreo con un canal fuera de fase. Si el exceso es en atenuación, la escena sonora en vez de abrir se cierra aún más que en estéreo.

3.5.6 Sala de reproducción

En el sistema Ambiofónico el tratamiento o la corrección de la sala de reproducción no es indispensable excepto para la región de frecuencias bajas, donde al igual que en estéreo, los modos propios de la sala pueden ser un problema que puede ser solucionado por medio de software disponible para la corrección de la respuesta en salas.

Se puede disfrutar del sistema Ambiofónico con dos altavoces de PC pequeños, así que obviamente no es necesario contar con una sala especial. El truco es entender qué factores pueden degradar el realismo y luego hacer algo al respecto. Una vez más, aunque el tratamiento o corrección de la habitación no es esencial para una experiencia ambiofónica, Ralph Glasgal recomienda tener en cuenta ciertas pautas respecto a las condiciones acústicas del recinto para crear un entorno de escucha ideal en la reproducción ambiofónica¹⁹.

Debido a la separación de los altavoces en la reproducción estéreo, las reflexiones de la sala tienen un retardo comparable con el sonido directo, lo cual afecta la localización e interfiere con las funciones del pabellón auditivo. En el sistema ambiofónico, debido a que los altavoces están relativamente cerca y el oyente usualmente se sienta cerca de ellos, las reflexiones tempranas de la sala se presentan de algún modo más tarde que el sonido directo, lo cual permite que los efectos de dichas reflexiones sean mínimos y similares a las primeras reflexiones que se escucharían en una sala de conciertos. Además, si se utilizan altavoces auxiliares para proporcionar ambiencia derivada de respuestas al impulso, las señales producidas enmascararan cualquier otra señal retardada debida a las reflexiones de la sala.

Con el fin de obtener una sala de escucha realista y similar a la experiencia en una sala de conciertos, se debe eliminar cualquier característica que pueda modificar el comportamiento del sistema en la parte posterior y frontal que se van a recrear por medio del ambiopolo y la convolución. Se recomienda tener un RT60 cercano a 0.3 segundos lo cual no se acerca al 0.01 de una sala anecoica, teniendo en cuenta que en una sala de conciertos real se presentan reflexiones tempranas de

¹⁹GLASGAL, Ralph. "Tuning the Listening Room For Ambiophonics". Capítulo 5, Ambiophonics 2da edición.

los asientos cercanos o las personas y por tanto no se requerirá un entorno completamente muerto en la sala de reproducción.

Sin embargo, se requiere acondicionar la sala a través de todo el rango de frecuencias audibles, lo cual incluye diferentes técnicas en la zona de frecuencias altas y frecuencias bajas.

El sistema está destinado para implementarse en recintos pequeños, o más específicamente, en una habitación regular. Sin embargo la amplitud del punto óptimo de audición sigue siendo bastante sensible, por ende a medida que se logran mayores acercamientos a las condiciones ideales, se deben implementar medidas estrictas respecto al comportamiento de las salas.

3.5.6.1 Reflexiones

Los sonidos llegan a los oídos de muchas direcciones: desde las propias fuentes (altavoces) y de las paredes u objetos que reflejen el sonido hacia el oyente. Ya que el sonido reflejado tiene un trayecto más largo, incide en el oyente un poco después que el sonido directo con una respuesta en frecuencia diferente y un nivel más bajo (el sonido reflejado en ocasiones puede tener un nivel más alto que el sonido directo en espacios pequeños si toma diferentes rutas hacia el techo, piso o paredes laterales y si las longitudes de recorrido son iguales haciendo que se sumen), lo cual es interpretado por el cerebro de una manera diferente, dependiendo de la dirección de la cual provenga, de cuánto tiempo después arribe al oído, de que tanto cambie su tonalidad y que tan fuerte o suave en intensidad sea.

Así, un sonido reflejado que sigue al sonido directo en menos de la quinta parte de un segundo es perceptualmente fusionado y el cerebro no podrá distinguir los dos sonidos como eventos separados. Pero a pesar de esto, reflexiones incontroladas y fuertes pueden ocasionar un caos en la percepción tonal.

Las reflexiones que arriban un poco después son interpretadas como sonido ambiente y como un eco discreto o reverberación cuando siguen al sonido en más de una quinta parte de segundo.

Fig.16. Reflexión de ondas sonoras al incidir en diferentes superficies de un recinto

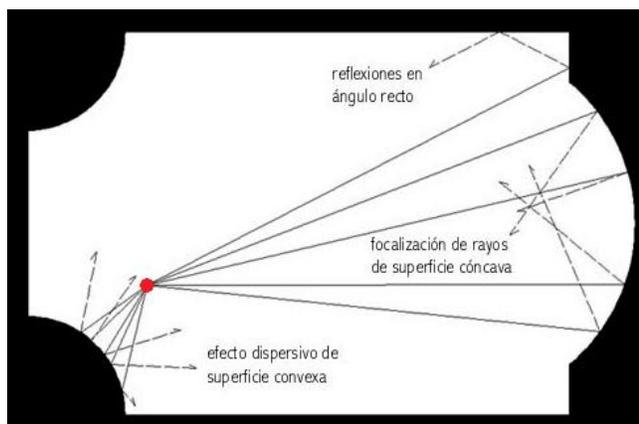


Imagen tomada de: www.eumus.edu.uy, 2013

Como se observa en la figura anterior en las salas cóncavas se presenta focalización del sonido lo cual ocasiona malos resultados por lo cual se deben evitar si se requieren resultados de buena calidad.

Se sabe que las superficies poseen tres propiedades principales, absorción, reflexión y difusión pero únicamente la absorción es de utilidad en el caso de eliminar las reflexiones audibles en la posición de escucha.

Sofás, alfombras, armarios, estanterías y otros muebles contribuyen a la disminución de las reflexiones, si no se tiene un plan específico de acondicionamiento acústico y teniendo en cuenta que cada elemento utilizado puede tener doble consecuencia, por ejemplo una alfombra en un piso de concreto o de madera absorbe una buena cantidad de energía en frecuencias altas pero permite que las frecuencias bajas se incrementen o ventanas de cristal cerradas normalmente reflejarán las frecuencias medias y altas a la habitación pero las frecuencias bajas lo atravesarán. Por lo tanto una sala para la reproducción de un sistema Ambiofónico debería de ser tratada con el fin de que logre reducir las reflexiones en un ancho de banda amplio.

Ya que en el sistema ambiofónico normalmente se utilizan altavoces auxiliares que generan ambiencia con tiempos de reverberación alrededor de 2 segundos, si el tiempo de reverberación de la sala es reducida solo a la mitad, el efecto de la sala comienza a ser inaudible. Adicionalmente, con los altavoces frontales cercanos entre ellos, el oyente puede estar más cerca y la relación de sonido directo y sonido reflejado se incrementa, haciendo que los efectos de la sala en la localización sean menos significantes.

3.5.6.2 Absorción y tiempo de reverberación

Cuando una onda de sonido incide en una de las superficies de una habitación, parte de la energía del sonido se refleja, otra penetra en la superficie y otra es absorbida convirtiéndose en energía calorífica en el material. El resto se transmite alrededor.

Fig.17. Incidencia del sonido en una superficie

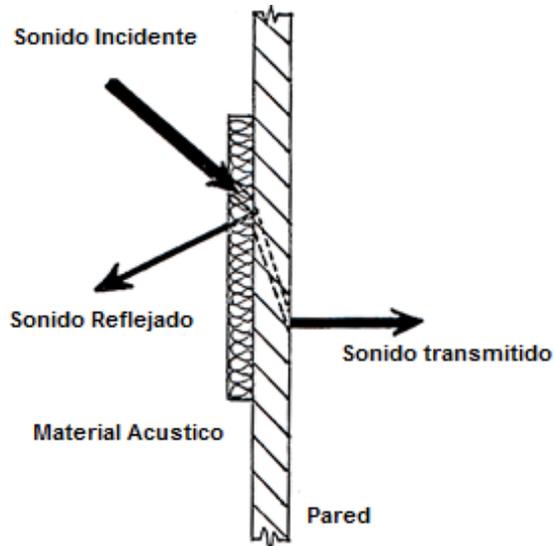


Imagen tomada de: http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101_7.htm, 2013

El nivel de energía convertido en energía calorífica depende de las propiedades absorbentes de sonido del material que se expresan en el coeficiente de absorción de sonido, α , (alfa) en función de la frecuencia que oscila de 0 (reflexión total) a 1.00 (absorción total).

Alfombras, muebles, cortinas y hasta la ropa otorgan una absorción útil en el rango de frecuencias medias y altas, donde se encuentran las voces femeninas, violines, trompetas, flautas, platillos y demás sonidos con pitch elevado.

Generalmente, entre más grueso y denso sea el material absorbente, más eficaz será la absorción. Un material denso de 2 pulgadas de grosor en fibra de vidrio puesto directamente en una pared absorberá cerca del 100% del sonido incidente en el rango de frecuencias por encima de 500 Hz hasta más de 20000 Hz, valor límite de la audición humana. Para absorber energía por debajo de los 500 Hz se requerirá un panel mucho más grueso, usualmente 4 pulgadas o un espacio de aire considerablemente amplio (1 o 2 pies) entre el panel y la pared, también es posible utilizar trampas de bajos o resonadores con el fin de atenuar dicho rango

de frecuencias. Sin embargo, el uso de un software corrector de sala en baja frecuencia cumpliría este propósito.

La cantidad de absorción que se debe colocar en una sala varía de acuerdo al tamaño de ésta. En igualdad de condiciones, una sala grande suena más viva que una pequeña, lo que requiere una mayor absorción si se desean igualar las condiciones de ambas salas respecto al objetivo acústico. Esta cualidad es expresada por el tiempo de reverberación que se define como el tiempo necesario para que la intensidad de un sonido disminuya a la millonésima parte de su valor inicial o, lo que es lo mismo, que el nivel de intensidad acústica disminuya 60 dB por debajo del valor inicial del sonido.

En general una sala dedicada a la reproducción ambiofónica debe ser bastante seca con un RT60 de aproximadamente 0.3 segundos o menos y en cualquier banda de tercio de octava entre 250Hz y 4000Hz no debe desviarse del RT60 promedio en más del 25%.

La falta de absorción en baja frecuencia puede crear defectos en la reverberación de la sala de escucha, por tanto se utilizan los sistemas de corrección electrónica de sala que cumplen con dicho propósito.

3.5.6.3 Ruido de fondo

Recrear en un entorno residencial el sonido característico de una sala real comienza con la obtención del silencio distintivo y particular de este tipo de lugares.

Las curvas NC (Noise Criteria) propuestas por Leo Beranek están diseñadas para describir los niveles de ruido de fondo y tienen como principal objetivo establecer una relación entre el espectro de ruido y la perturbación que provoca en la comunicación verbal.²⁰

De esta forma, las curvas NC son un criterio de referencia que permite establecer si la sala tiene las condiciones acústicas aptas para la reproducción del sistema ambiofónico.

²⁰LEON Angel, SENDRA Jose, NAVARRO Jaime, GARCIA Teofilo. ACUSTICA Y REHABILITACION EN TEATROS DE ANDALUCIA, 2007

Grafica 4: Curva de valoración de ruido de fondo NC

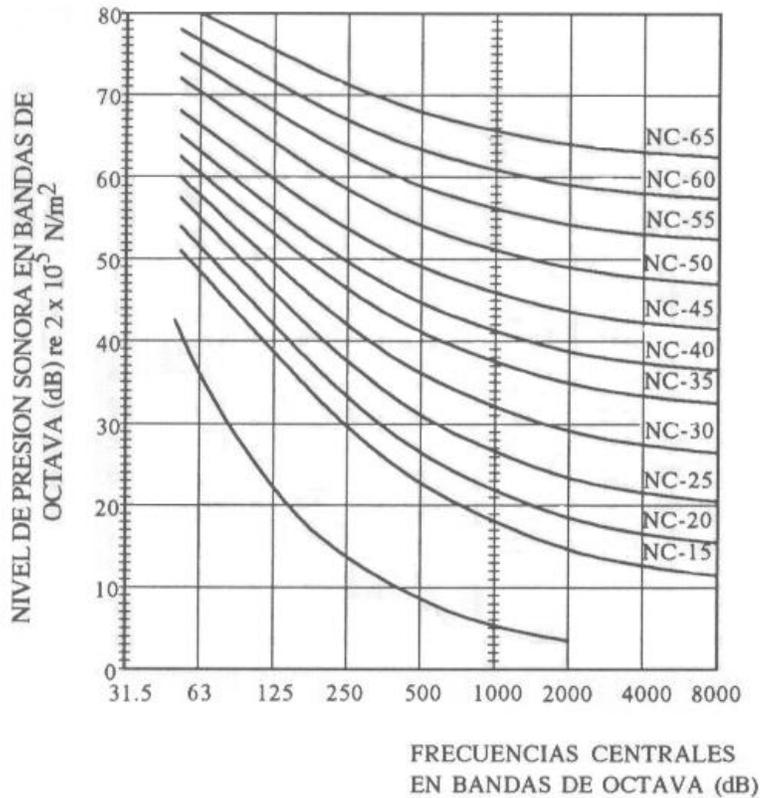


Imagen tomada de: Ministerio de trabajo y asuntos sociales, instituto nacional de seguridad e higiene NTP 503.

Estas curvas especifican un incremento de 5, desde NC-70 (extremadamente ruidoso) hasta NC-15 (muy tranquilo) y tienen en cuenta el hecho de que el oído es menos sensible a frecuencias bajas que a frecuencias altas.

La designación numérica está dada por el promedio de la presión sonora en las frecuencias de 1kHz, 2kHz y 4kHz.

Un valor adecuado para el propósito del sistema ambiofónico es de NC-20, un valor que se encuentra usualmente en estudios de grabación profesionales. NC-35 es el valor mínimo requerido para una experiencia ambiofónica.

3.5.7 Altavoces frontales

En un sistema Ambiofónico los altavoces frontales deben de ser ubicados directamente en frente del oyente con cada altavoz direccionado al área de escucha.

Para mejores resultados el par de altavoces frontales, ambiopolo, deberá ser lo más direccional posible. En teoría el altavoz ideal para este propósito debe actuar como una linterna con su haz de luz emanando desde un solo punto al nivel de los oídos y el resto de la sala estaría en sombra. Entre más focalizado sea el ambiopolo, más efectivo será el software.

Los altavoces frontales deben ser capaces de alcanzar el volumen de una sala de conciertos, tener una buena respuesta en frecuencia, baja distorsión y un precio asequible.

Dado que el uso de un altavoz que utilice corrección DSP puede corregir la mayoría de las anomalías en la respuesta del altavoz, se pueden escoger los altavoces frontales basados principalmente en sus patrones de radiación.

3.6 Publicidad

3.6.1 El audio en la publicidad

Es evidente que la publicidad además de necesitar del texto, depende en gran medida del sonido, el cual al estar en un anuncio publicitario debe ser acorde al mensaje siendo capaz de generar reacciones y estímulos al oyente. El sonido y las palabras han de ser dos piezas que encajen entre sí a la perfección formando un mensaje publicitario bien estructurado y combinando inteligentemente los medios necesarios artísticos, creativos y tecnológicos.

Hay que tener en cuenta que un anuncio generalmente transcurre en no más de veinte (20), treinta (30) o hasta sesenta (60) segundos dependiendo de la intención publicitaria, por ello la música o los efectos sonoros han de ser enormemente ricos de expresión. Todos los elementos sonoros que vayan a utilizarse en un anuncio publicitario han de resultar llamativos con ambientes capaces de destacar los elementos más importantes del mensaje expuesto.

El tratamiento del sonido publicitario pasa siempre por un proceso de transformación y adecuación que responde a necesidades. Un mal texto así como un diseño sonoro incorrecto pueden acabar destrozando un anuncio publicitario. Por esto es importante durante el proceso creativo tener en cuenta los objetivos principales de la publicidad:

- Promover la venta de productos y servicios, estableciendo elecciones entre el comerciante y el consumidor aumentando las bases de convencimiento en el público al que se dirige.
- Informar acerca de los bienes o servicios cuya contratación intenta alcanzar. Este contenido está sometido a una finalidad comercial concreta: inducir al comprador a una acción de compra.

- Incidir en el destinatario mediante el mensaje para modificar su conducta. El mensaje transmitido en forma signo-estimulo provoca una mutación psíquica en el destinatario, manifestada en forma signo-respuesta.
- Transmitir información, crear una actitud o inducir a una acción beneficiosa para el anunciante.

3.6.2 Características particulares de una cuña publicitaria en el sistema ambiofónico

El sistema ambiofónico dota a la construcción de la cuña publicitaria de diferentes posibilidades creativas. Entre las distintas características se pueden citar las siguientes:

1. Permite un espacio sonoro envolvente de hasta 360° capaz de generar sensaciones de escucha similares a un entorno natural. El hombre posee una escucha omnidireccional que le permite recibir señales sonoras provenientes de todos los grados posicionales de su entorno, siendo capaz de diferenciar matices de directividad de hasta 360°. Esto significa recibir los sonidos que le circundan sin limitación de direccionalidad espacial, caso que no ocurre en una reproducción monofónica o estereofónica en las cuales no se consigue una sensación de entorno de escucha natural.
2. Permite múltiples localizaciones de la fuente o fuentes sonoras en cualquier punto interno del campo sonoro creado. Considerando el campo de acción establecido por la ubicación de los altavoces, los distintos sonidos integrantes del mensaje, pueden tener su origen en cada uno de los grados que conforman el contorno del campo sonoro. Es más, la ubicación o proyección de los sonidos no está restringida al límite espacial que marca el contorno virtual dibujado por los altavoces, sino que los sonidos pueden superar este límite tanto en origen como en destino, consiguiendo una extensión ambiental infinita.
3. Permite la recreación del espacio sonoro al no existir un referente visual que condicione o limite los entornos sonoros, el sistema ambiofónico puede generar en la mente del receptor, gracias a la capacidad envolvente la creación y recreación de espacios sonoros dotados de las características de perspectiva, distancia, propiedades físico-acústicas de los espacios, obstáculos, volúmenes, etc., generando una sensación de integración, capaz de reconstruir cualquier paisaje sonoro.

4. Permite modificar el mensaje en función del punto de escucha y modificar el punto de escucha en función del mensaje.

3.6.3 Duración del mensaje

Algunos argumentan que es imposible construir un mensaje publicitario en los 20 ó 30 segundos que suele durar una cuña publicitaria. Aunque, no debería existir una dependencia directa entre el aspecto cuantitativo y el cualitativo, ya que la configuración temporal del mensaje podrá acotar la duración pero no su creatividad y eficiencia.

Una de las principales conclusiones de las investigaciones sobre eficacia publicitaria, es que ésta, no crece en proporción al tamaño del anuncio; de hecho, el recuerdo de un anuncio de 30 segundos de duración es de 2/3 en comparación con el de 60 segundos.

La resolución 415 de 2010 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones aclara la libertad de las estaciones radiodifusoras para la escogencia de programación, pautas publicitarias y duración de las mismas transmitidas por radio²¹. Por ende las emisoras radiales se han venido acomodando a las necesidades del mercado estableciendo en promedio la duración y cantidad de pautas publicitarias transmitidas en su programación.

3.6.4 Concreción y Claridad comunicativa del mensaje publicitario

Todo mensaje ha de ser claro, sencillo, carente de información superflua, debe comunicar con nitidez qué producto es, y cuál es la ventaja o beneficio que aporta. Todo ello influirá en el grado de aceptación o rechazo. Sin duda, la principal causa que obliga a la sencillez y claridad del mensaje publicitario es el factor tiempo. Veinte o treinta segundos son suficientes para estructurar un mensaje de forma clara y efectiva: no obstante, la propia fugacidad del medio influye de manera directa en su construcción, obligando a sintetizar y depurar la idea principal. Entonces la sencillez y brevedad, son perfectamente compatibles con la generación de sensaciones y emociones. Conseguir despertar la atención del receptor y estimular sus sentidos, no mantiene una relación directa con la cantidad de datos o información contenida en el mensaje. La fijación de ideas será mayor cuanto más sencilla sea su estructura y más fácil resulte su asimilación; lo que no se refiere en exclusiva al mensaje hablado, sino a todos los componentes expresivos que conforman la estructura. Cuando la publicidad pasa desapercibida, una de las causas suele estar en su falta de claridad comunicativa.²²

²¹ Resolución 415 de 2010, Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, Capítulo II

²² Lenguaje Publicitario. M^a Victoria Romero (coord). Ariel Comunicación

3.6.5 Comprensión e integración del mensaje

La comprensión del mensaje publicitario requiere un cierto nivel de colaboración por parte del receptor para interpretar adecuadamente el discurso de la publicidad. Por su parte, el creativo debe construir el mensaje con sencillez ya que una complejidad y confusión innecesarias pueden obstaculizar la comprensión del mismo.

De aquí se puede deducir que quien envía un mensaje debe ordenar y elegir su material de modo que utilice en la mejor medida posible los conocimientos y experiencias de los receptores. Por tanto, el modo en que es recibido e interpretado el mensaje publicitario influirá en la aceptación, rechazo, almacenamiento y posterior acción o conducta. En consecuencia, la comprensión e integración del mensaje, estará sumamente relacionada con su credibilidad.

Facilitar la comprensión del mensaje publicitario mediante los principios fundamentales de orden, coherencia, naturalidad ambiental, credibilidad y claridad conceptual, no sólo supone facilitar el aprendizaje de una nueva opinión, producto o marca, sino que va más allá: significa facilitar su integración y aceptación como realidad representativa, posibilitando una mayor proximidad y efecto recuerdo²³.

3.6.6 Cuña publicitaria

En el campo sonoro de la publicidad existen varias formas de mensaje publicitario. Estos difieren entre sí por el instrumental grabado y mezclado, su duración y el medio por el cual será transmitido, el objetivo, el tipo de mercado y el medio en el que se presente el producto. Sin embargo, su rango se puede ampliar al mezclar el sonido con la imagen como en la televisión, cine o internet. De esta manera, muchas características de mensajes publicitarios sonoros tienen una analogía en el campo audiovisual.

La cuña es un formato de publicidad donde juega un único sentido: el oído. Al prescindir del resto de sentidos, sobre todo de la vista, se debe hacer más hincapié en ciertos factores para conseguir un anuncio eficaz.

El objetivo de la cuña publicitaria es el mismo que el de todo anuncio: impactar en el oyente para que recuerde un producto o servicio en el momento que lo necesite. Los factores principales para conseguir un buen anuncio serán:

- La idea
- La locución (locutor)
- La música

²³ Lenguaje Publicitario. M^a Victoria Romero (coord). Ariel Comunicación.

- Los efectos de sonido

Si se logra la armonía entre estos componentes, se obtendrá el éxito en la cuña publicitaria. A diferencia del jingle, una cuña transmite el mensaje sin recurrir a la interpretación musical vocal del mismo.

3.6.7 Sensorialidad: estimulación, excitación y sensación del mensaje publicitario

El sistema sensorial es el conjunto de órganos sensoriales que se caracterizan por presentar receptores sensitivos, los cuales transforman diversos estímulos externos e internos en impulsos nerviosos. Dicha información es procesada en el sistema nervioso central, generando mecanismos reguladores y respuestas apropiadas.

La audición constituye uno de los procesos sensoriales que le proporcionan al ser humano la capacidad de oír y traducir estos estímulos que al interpretarse generan una imagen auditiva que permite ubicar y situar lugares, espacios, objetos, personas y un sin fin de elementos en lugar o situaciones donde se desarrollen.

A través del tiempo, la tecnología ha intentado simular espacios reales que puedan confundir o tal vez convencer al receptor de una situación recreada que imite un entorno real de vivencia. Esta técnica permite crear un entorno en el cual podría estar inmerso un aspecto o la totalidad de alguna situación y manipularlo de modo que se conozcan los resultados, ventajas, desventajas y repercusiones de los cambios en nuestro entorno sin afectar nuestro contexto real.

La búsqueda de sensaciones espaciales próximas a la realidad es, sin lugar a dudas, uno de los principales objetivos del sistema ambiofónico. Este convierte el campo de escucha en un escenario centrado en el observador, casi tridimensional y claramente multi sensorial.

Se puede decir que la publicidad es un medio ventajoso desde un punto de vista comunicativo por su facilidad para estimular la imaginación. Dicho medio, se ha caracterizado por poseer una mayor libertad para la relación y evocación de personajes, objetos y escenarios, lo que la sitúa en una posición de privilegio para la excitación sensorial por medio de sus contenidos. Al producirse una estimulación sonora de entorno global de alta precisión fuera de su entorno natural, se logra un refuerzo automático de la impresión mental o huella que dicho mensaje provoca en el receptor. Asimismo, al ser capaz de poner en funcionamiento una estimulación más compacta y sensitiva, el sistema ambiofónico consigue provocar una mayor relación sensorial.

Finalmente considerando que la sensorialidad del mensaje sonoro se ve influida tanto por los aspectos de la forma como por el carácter emocional de los

contenidos, es necesario estimular la imaginación del oyente, involucrarlo emocionalmente en el mensaje y, por supuesto, conseguir que la cuña destaque del resto de los mensajes publicitarios convencionales.

3.6.7.1 La estimulación

El oído funciona como el organizador del conjunto de sensaciones acústicas con sus tres partes: externa, media e interna. Por tanto una estimulación sensorial auditiva se describe como pequeños "masajes" a todas las partes que intervienen en la recepción de las sensaciones acústicas. Así, cuando los receptores sensoriales captan los estímulos que en este caso serían las ondas sonoras, los transmiten casi simultáneamente al cerebro, donde se transforman en sensaciones. Cuando alguno de los sentidos falta, se ven privadas las sensaciones correspondientes y las percepciones resultan perturbadas.

Para que exista una sensación son necesarios tanto los estímulos como el procesamiento cerebral de los mismos. La estimulación de los órganos sensoriales auditivos viene dada por la relación que el individuo mantiene con su medio.

El sistema auditivo, aunque está compuesto por dos pabellones externos para la captación, no se corresponde con una recepción monofónica o estereofónica, contrariamente a lo que algunas personas puedan pensar, sino que permite la audición y localización de todo sonido generado en un entorno de 360°, lo que podría denominarse como captación omnidireccional. Por tanto, cuando se construyen mensajes en los sistemas monofónico o estereofónico, debido a su limitación de representación espacial, se hace imposible presentar los mensajes en el concepto omnidireccional que nuestro sistema sensorial auditivo permite. Esta es una de las principales ventajas del sistema ambiofónico, como ya se ha mencionado en numerosas ocasiones: la posibilidad de construir una estimulación espacial sonora sin limitaciones direccionales a nivel horizontal.

3.6.7.2 La excitación

Toda excitación sensorial o fisiológica supone una alteración de sus órganos receptores. Los estímulos que llegan a excitar los órganos auditivos obtienen una respuesta automática a nivel fisiológico: las contracciones y dilataciones del tímpano, la transmisión a través de la cadena de huesecillos del oído medio y el proceso generado en el oído interno que deriva en el sistema nervioso central.

Después de la estimulación, el órgano excitado recupera su estado precedente. La excitación es, pues, una modificación pasajera, seguida por un retorno al equilibrio anterior. Sin restar la oportuna importancia al grado de excitación fisiológica de los órganos sensoriales auditivos, sería un gran error asociar nivel de excitación con nivel de eficacia comunicativa.

Por ello, el grado de excitación auditiva producida por el mensaje publicitario no debería encontrar paralelismos en términos de una mayor o menor eficacia, pues ésta, no depende del grado de intensidad en decibelios que aplica el estímulo, ya que un mensaje contenedor de diferentes variables de intensidad sonora, puede situar perfectamente la carga significativa y emotiva principal en los pasajes de menor intensidad, y por tanto, de menor excitación sensorial. Sí se puede decir que un estímulo de mayor intensidad provoca una mayor excitación, para bien o para mal, pero esto no significa de ninguna de manera, que por ello el mensaje sea más efectivo, y por tanto, más eficaz.

Se podría asegurar que, la atención, se capta por un mensaje cuidado, y sobre todo, por la originalidad, ya sea de contenido, de forma, o por ambas, mientras que el efecto de impacto sonoro constante provoca rutina y desconexión atencional.

3.6.7.3 La sensación

La sensación se puede definir como la impresión producida por la acción directa de los estímulos sobre los órganos de los sentidos, o también, cualquier impresión de tipo interno, sentimiento o afecto. El sistema sensitivo tiene la capacidad de convertir los estímulos físicos y químicos en impulsos nerviosos.

Se asocia la sensación con los sentimientos y emociones, siendo un factor decisivo en la comprensión del mensaje. La emoción es otro concepto destacable en la realización de todo mensaje publicitario, ya que, puede considerarse como una reacción afectiva de carácter intenso. Por ello, todo mensaje que sea capaz de generar emociones controladas, obtendrá un elevado porcentaje de éxito en cuanto al impacto del mismo en el receptor. La emoción es capaz de arrebatar temporalmente el dominio a la razón, por eso, un mensaje con una carga emocional eficaz puede saltarse las barreras de protección que establece lo racional. No obstante, la emoción no debe buscarse aleatoriamente, pues podría resultar contraria al deseo inicial del emisor.

Entonces, una situación sacada de un contexto natural que sea reproducido por un sistema capaz de simular perfectamente un entorno global como el sistema ambiofónico, tiene una mayor capacidad para sugerir, por la sencilla razón de que se produce una regeneración automática de imágenes auditivas o mentales y conceptos de carácter real asociados por la memoria, sin necesidad de entrar en un análisis racional.

3.6.8 Percepción

La percepción es un proceso psicofísico por el que el sujeto transforma las diversas impresiones sensoriales en un objeto conocido. Conlleva un proceso de cuatro cambios sucesivos que van de una reacción más directa a una más

elaborada: la estimulación sensorial, la excitación de los órganos sensores, la sensación o reacción emocional y el matiz.

La percepción puede definirse como el conjunto de procesos y actividades relacionados con la estimulación que alcanzan los sentidos, mediante los cuales se obtiene información respecto al hábitat, las acciones y propios estados internos de los seres humanos. Percibir no sólo se limita a recibir de una manera pasiva las impresiones sino que, al mismo tiempo que recibimos información, participamos activamente en dicha recepción -integrando, organizando e interpretando los datos recibidos-, de tal manera que nuestra percepción es el resultado de lo comunicado por los sentidos y la contribución del sujeto perceptor. Por tanto, se podría decir que la percepción es una representación de la realidad, en la cual el sujeto perceptor aporta su experiencia particular al proceso de comprensión y asimilación del mensaje, siendo este bagaje un requisito indispensable de cara a las posibilidades que el sistema ambiofónico ofrece en la construcción e interpretación del mensaje publicitario.

Dicha representación de la realidad está influenciada por factores internos y externos que ayudarían a clasificar una percepción, por ejemplo los factores internos que dependen de las características particulares de cada individuo como la atención, el interés, la afectividad, el estado de ánimo o familiaridad que la publicidad le ofrecería y los factores externos que influyen en el sujeto desde el mundo exterior a él, como la intensidad del estímulo, la ubicación espacial, la novedad o complejidad del sistema que tendrían influencia en la opinión, calificación o recuerdo del mensaje publicitario.

Sin embargo los factores psicofisiológicos principales que podrían intervenir en el ámbito estricto de la percepción de la publicidad son:

- **La atención:** el mensaje sonoro con el sistema Ambiofónico capta en mayor medida la atención del receptor por su capacidad de recrear un entorno natural cerrado y evitar distracciones al mostrarse más impermeable a sonidos externos ajenos al mensaje. Por el contrario, el mensaje mono o estéreo, al focalizar la acción en un campo sonoro parcial, se muestra más permeable a contenidos ajenos, provocando una menor integración perceptual y una mayor distracción. En igualdad de condiciones, será más factible captar la atención perceptual sonora mediante un sistema dotado de una mayor capacidad asociativa y de una mayor capacidad de integración del receptor próxima al ambiente cotidiano, que mediante uno que presente artificiosidad en lo relativo a la credibilidad espacial.
- **El interés:** Indiscutiblemente todas nuestras vivencias son relacionables con un entorno en el que nace y se desarrolla nuestro interés por algo o alguien, es importante que la ambientación que aporte el sistema Ambiofónico al mensaje publicitario se asocie con los ambientes específicos

existentes en los momentos en los que se establecen los intereses personales del receptor y que se ven reflejados en el proceso perceptivo ya que el ser humano, por lo general, se expone con una mayor predisposición a todo aquello que está de acuerdo o próximo a sus intereses, siendo influido a su vez por todo aquello que llame su atención.

- **La memoria:** Lo que pretende un anuncio es proporcionar una información al consumidor que se convierta en conocimiento, en saber, en memorización del mensaje que se halla establecido. Efectivamente, uno de los objetivos básicos del producto publicitario consiste en incidir en los procesos perceptivos con el fin de lograr su memorización. Al hallarse la percepción plenamente interrelacionada con la memoria, ya que se adapta a unos esquemas cognitivos previos, fruto de su aprendizaje anterior, el conocimiento perceptivo depende del grado, la naturaleza y el valor de las experiencias pasadas; por tanto, la percepción dependerá en gran medida de la memoria.
- **Memoria Auditiva:** Es la capacidad para recordar la secuencia de una información auditiva. Al ser un proceso cerebral, puede ser entendida como un sistema dinámico y activo que codifica y almacena información relacionada con las experiencias presentes y con los conocimientos previos sobre los sonidos.

Cuando se escucha por primera vez un sonido, el cerebro lo identifica analizando sus peculiaridades físicas: frecuencia, intensidad y tiempo, que conforman lo que se percibe como tono, volumen y duración. Luego construye una imagen de la señal usando estos componentes para compararlos con otros que están almacenados. Se sabe también que el estado emocional, la personalidad y los intereses individuales tienen una gran influencia en la fijación de este tipo de recuerdos.

Es un factor importante y estrechamente relacionado con nuestro objeto de estudio. Comprender como funciona nuestra memoria auditiva ayuda a conseguir una de las claves del proceso creativo. Para ello, es necesario observar los sonidos que nos rodean, ya sean palabra, música, efectos o silencio; todos están incluidos en un ambiente sonoro constante que cambia conforme cambia el propio paisaje sonoro.

La memoria auditiva es capaz de almacenar y gestionar, datos referidos a tonalidades, texturas, intensidades, distancias, timbres, inflexiones, curvas melódicas, ritmos, datos referentes a espacios, movimientos, cualidades físicas y psíquicas. Resulta llamativo observar que seamos capaces de identificar miles de ambientes sonoros específicos, cientos de timbres de voces e instrumentos musicales, sonidos propios de vehículos, de animales,

de cosas, etc. En definitiva, la memoria auditiva es un enorme almacén gestionado por un sistema logístico altamente eficaz.

Se considera que dicha capacidad memorística está sumamente relacionada con la experiencia individual de cada persona, ya que aquella facilitará notablemente los procesos de asociación y reconocimiento de las formas sonoras. No obstante, la asociación de los mensajes almacenados respecto a los nuevos estímulos, será más efectiva si existe una cierta correspondencia estructural sonora y un acercamiento a experiencias cotidianas que permiten recordar y establecer una relación más cercana y comparable con la publicidad.

Por tanto se puede afirmar que los estímulos sonoros reconstruidos y recreados de forma más realista facilitan el recuerdo, siendo más fácilmente recordables que los de carácter más abstracto y, por tanto, menos identificables.

- **Memoria y Recuerdo:** Desde el estricto punto de vista de la comunicación publicitaria, todo comunicador pretende que su mensaje impacte, sea memorizado y recordado más allá de los tiempos. Es un proceso enormemente activo que interrelaciona e interactúa de forma constante con nuestros procesos perceptivos. Por lo tanto, es generadora de una función importante: la asociación. Su operación es esencialmente selectiva a través de procesos de selección, asociación, almacenamiento, construcción, reconstrucción y recuperación de la información. Está mayoritariamente asumido que los procesos de captación y construcción de la información son posibles gracias a la intervención de la memoria.

3.7 Técnicas de medición de la eficacia publicitaria

Para medir correctamente los resultados de una campaña publicitaria en función de los objetivos establecidos es necesario tener presente las respuestas de los individuos hacia la publicidad. En la literatura académica y profesional se han propuesto múltiples modelos que tratan el comportamiento de los individuos ante la publicidad desde diferentes perspectivas y teniendo en cuenta una gran cantidad de variables en dicho proceso.

Desafortunadamente no se ha llegado a una técnica de medición universal aceptada, pero todas las técnicas subyacen la existencia de una secuencia de etapas fruto de la combinación de los tres componentes de la actitud: aprender, sentir y hacer, por las cuales pasan los individuos cuando son expuestos a un anuncio y que están relacionados con las tres funciones de la publicidad: informar, crear actitudes o sentimientos hacia el objeto anunciado y provocar una conducta o acción por parte del individuo.

Si tenemos presente la respuesta de los individuos hacia la publicidad, un criterio válido es agregar estas técnicas en función de las tres etapas principales que subyacen en dicha respuesta publicitaria y que constituyen los diferentes niveles de respuesta del comprador: la etapa cognoscitiva, la etapa efectiva y la etapa conativa. Estos tres niveles de eficacia han sido denominados por Lambin (1995)²⁴ como la eficacia comunicacional o perceptiva, la eficacia psicosociológica y la eficacia comportamental.

- a) Técnica de medición etapa cognoscitiva. Con esta técnica se pretende medir la capacidad del anuncio para llamar la atención, en conocimientos y la comprensión que los individuos poseen de los anuncios, así como la capacidad de estos para que sean memorizados y transmitan el mensaje que se desea comunicar. Estas técnicas son útiles cuando se persigue que el individuo sea consciente de la existencia del producto o marca y de los beneficios que posee.
- b) Técnica de medición etapa afectiva. Estas técnicas, que miden el tipo de actitud que un estímulo publicitario es capaz de generar en los individuos, ya sea una nueva actitud, un cambio de la misma o en reforzamiento de la que ya existe en el mercado, son de aplicación en aquellos anuncios en los que se persigue una respuesta afectiva por parte de los individuos, que ya son conscientes de la existencia del producto o marca anunciada.
- c) Técnica de medición etapa conativa. La técnica de la etapa conativa mide el comportamiento de respuesta de los individuos no solo en términos de compra y re compra, sino también a través de la predisposición del individuo a actuar en la dirección que se desea, ya sea, por ejemplo, pidiendo más información, enviando un cupón-respuesta, probando el producto o acudiendo a un punto de venta.

3.8 Encuesta

Una encuesta es una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con intención de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población.

Mediante la encuesta se obtienen datos de interés sociológico interrogando a los miembros de un colectivo o de una población. Como características fundamentales de una encuesta cabe destacar:

- La encuesta es una observación no directa de los hechos sino por medio de los que manifiestan los encuestados.

²⁴ A. Beerli y J.D Marti, Técnicas de medición de la eficacia publicitaria, enero 1999.

- Es un método preparado para la investigación.
- Permite una aplicación masiva que mediante un sistema de muestreo pueda extenderse a una nación entera.
- Hace posible que la investigación social llegue a los aspectos subjetivos de los miembros de la sociedad.

Las encuestas se pueden realizar sobre el total de la población o sobre una parte representativa de la misma que se denomina muestra. Se aplican a una muestra representativa, con el ánimo de obtener unos resultados que luego puedan ser trasladados al conjunto de la población. Para poder llevar a cabo este proceso es necesario fundamentarse en la estadística que proporciona los cauces oportunos para que, una vez obtenidos los resultados de la muestra, se puedan estimar parámetros o valores de la población con ciertos márgenes de error y niveles de confianza.

A grandes rasgos los pasos que siguen en la realización de una encuesta, son:

- Definir el objetivo de la encuesta
- Formular el cuestionario de manera meticulosa
- Seleccionar el público a encuestar
- Procesar los datos y tabularlos para su posterior análisis

3.9 Muestreo

En estadística una muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población determinada. Las muestras se obtienen con la intención de inferir propiedades de la totalidad de la población, para lo cual deben ser representativas.

La porción o segmento de la población de interés sobre la que recae el objeto de estudio, es en este caso estratégicamente representativa de un subgrupo de la población: estudiantes de la Universidad de San Buenaventura.

Un formula que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente²⁵:

Ecuación 7: Tamaño Muestral

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

²⁵Torres Marcela, Slasar G, Tamaño de una muestra para una investigación de mercado

Dónde:

N: tamaño de la muestra

K: es una constante que depende del nivel de confianza que se asigne, El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestro estudio sean ciertos: un 95,5 % de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 4,5%. Los valores de k se obtienen de la tabla de la distribución normal estándar $N(0,1)$.

Valor de K	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.24	2.58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	99%

e: es el error muestral deseado.

p: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

4 MARCO NORMATIVO

- ISO 3382-2:2008. Acoustics -- Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.

El tiempo de reverberación en una sala se considera como el indicador predominante para estimar sus propiedades acústicas. Aunque el tiempo de reverberación continua considerándose un parámetro significativo, hay un lógico acuerdo en que se necesitan otros tipos de medidas, tal como los niveles relativos de la presión acústica, las relaciones de energía inicial y final, la fracción de energía lateral, las funciones de correlación cruzadas interaurales y niveles de ruido de fondo, para una completa evaluación de la calidad acústica de un recinto.

Las mediciones de tiempo de reverberación son importantes en el campo del control de ruido en recintos, así como en salas de música y salas de junta para discursos, esta norma colombiana se aplica a mediciones en estos cerramientos, define métodos para la medición del tiempo de reverberación en recintos aunque su uso no se restringe a auditorios o salas de conciertos; también es aplicable a recintos donde se deba considerar la protección contra el ruido. La norma describe el procedimiento de medición, los elementos requeridos, la cobertura solicitada, el método de evaluación y análisis de los datos y el formato de presentación de resultados, cabe resaltar que la norma está enfocada a la aplicación de modernas técnicas de medición digital y a la evaluación de parámetros acústicos de recintos derivados de su respuesta impulsiva.²⁶

- Resolución 425 de 2010 del ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones (capítulo III de la programación y pautas publicitarias artículo 22).

Respecto a la difusión de una pauta publicitaria denota “Los proveedores del Servicio de Radiodifusión Sonora están en la obligación de diseñar y organizar la programación que divulguen al público, con sujeción a la clase de servicio que les ha sido autorizado en atención de aquella. Con arreglo a lo dispuesto en el artículo 56 de la Ley 1341 de 2009, *es libre la expresión y difusión de los contenidos de la programación y de la publicidad en el servicio de radiodifusión sonora*. En todo caso los proveedores del servicio de radiodifusión sonora deben cumplir con la clase, finalidad y continuidad del servicio público autorizado y sin perjuicio de la observancia de las limitaciones establecidas en la Constitución y las leyes. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tendrá a su cargo el deber de asegurar que el Servicio de Radiodifusión Sonora permita la

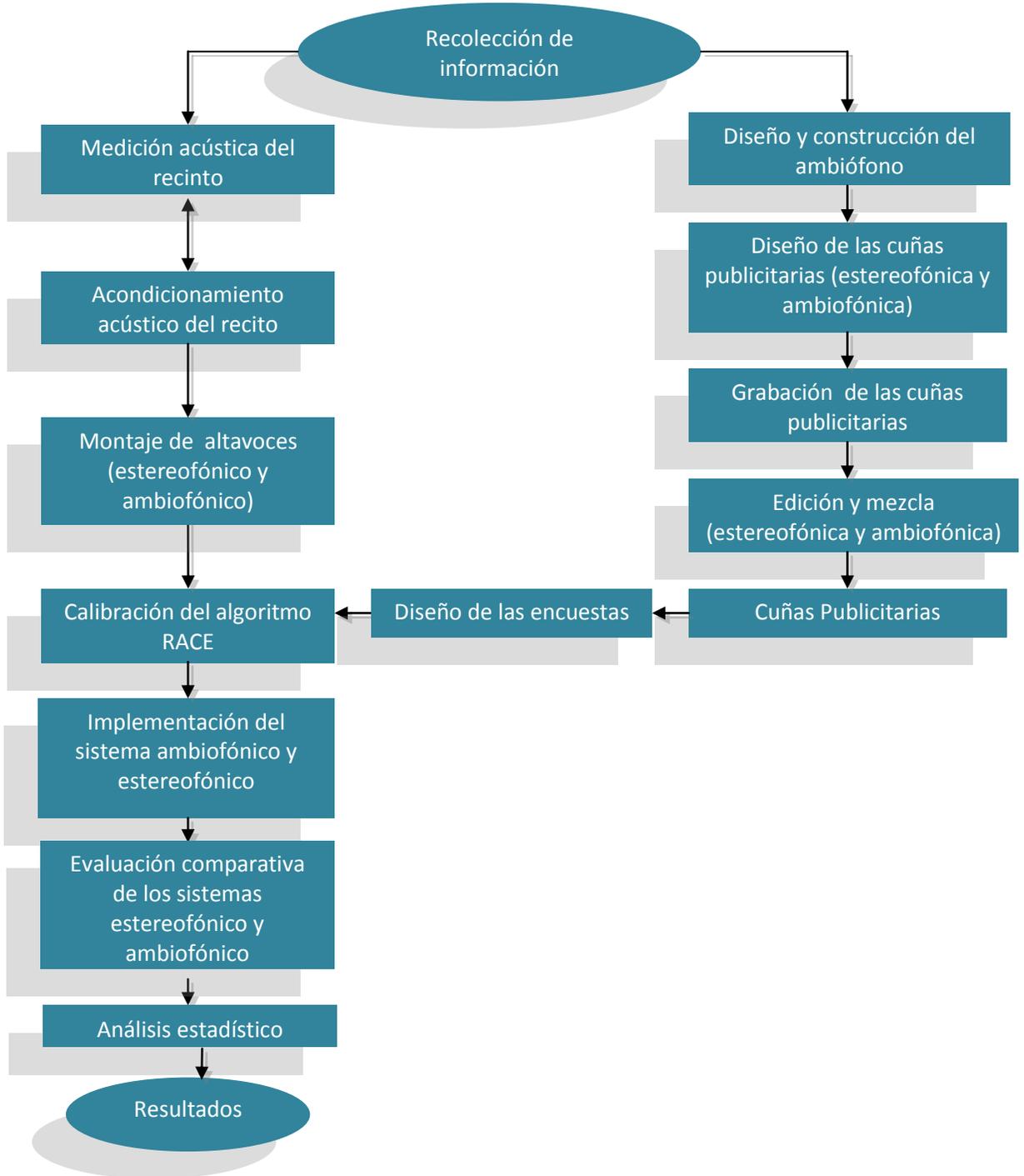
²⁶ISO 3382-2:2008. Acoustics -- Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.

libre expresión a los habitantes del territorio, incluida su potestad para buscar, recibir y difundir ideas e información de toda índole.”²⁷ Con ello deja libre para las estaciones radiodifusoras la escogencia de programación, pautas publicitarias y duración de las mismas transmitidas por radio. Por ende las emisoras radiales se han venido acomodando a las necesidades del mercado estableciendo en promedio la duración y cantidad de pautas publicitarias transmitidas en su programación.

²⁷ Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, Resolución 425 de 2010, capítulo III.

5 DESARROLLO INGENIERIL

5.1 Diagrama de flujo del proyecto



5.2 Diseño y Construcción del Ambiófono

Con el fin de obtener una reproducción óptima e ideal en la implementación del sistema Ambiofónico se diseñó un ambiófono en base a la teoría previamente estudiada y a las recomendaciones que el Sr. Glasgal plantea en su método.

Como se mencionó anteriormente, el ambiófono debe capturar el sonido directo del escenario y solo las reflexiones tempranas generadas en la audiencia rechazando las reflexiones laterales y superiores en el punto de grabación, por lo cual se implementaron tres paneles, un panel superior y dos laterales.

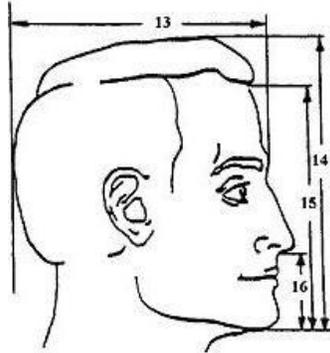
Dos micrófonos omnidireccionales se ubicaron a la altura de los oídos de una cabeza maniquí, con dimensiones aproximadas a una cabeza humana, pero sin un oído externo simulado con el fin de generar la denominada “sombra acústica” creada por la cabeza.

Como punto de referencia para el diseño se tuvieron en cuenta las dimensiones reales de una cabeza humana y las longitudes de onda a ciertas frecuencias para obtener las dimensiones adecuadas de los paneles, procurando conservar un tamaño coherente para que el ambiófono no fuese muy pesado o muy pequeño.

Según un artículo de Alan Poston²⁸ sobre la anatomía de la cabeza, el promedio de una cabeza humana masculina tiene unas medidas de alto, largo y ancho de 14,5 cm 19,7cm y 23,3 cm respectivamente.

²⁸ Poston, Alan “Human Engineering Design Data”. 2009

Fig.18.Anatomía de la cabeza



13 Head length. The maximum length of the head; measured from the most anterior point of the forehead between the brow-ridges (glabella) to the back of the head (occiput).

Sample		1st	5th	Percentiles		
				50th	95th	99th
A	Men	cm 18.0 (in) (7.1)	18.5 (7.3)	19.7 (7.8)	20.9 (8.2)	21.3 (8.4)
B	Women	cm 17.2 (in) (6.8)	17.6 (7.0)	18.7 (7.4)	19.8 (7.8)	20.2 (8.0)

14 Menton to top of head. The vertical distance from the tip of the chin (menton) to the level of the top of the head, measured with a headboard.

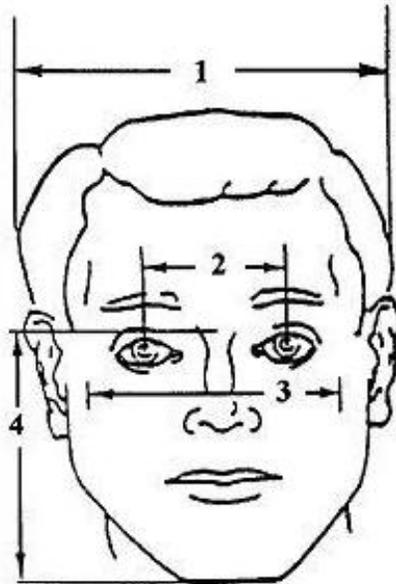
Sample		1st	5th	Percentiles		
				50th	95th	99th
A	Men	cm 21.2 (in) (8.4)	21.8 (8.6)	23.2 (8.6)	24.7 (9.1)	25.5 (9.4)
B	Women	cm 19.8 (in) (7.8)	20.4 (8.3)	21.8 (8.6)	23.2 (9.1)	23.8 (9.4)

15 Menton-crinion length. The vertical distance from the bottom of the chin (menton) to the midpoint of the hairline (crinion).

Sample		1st	5th	Percentiles		
				50th	95th	99th
A	Men	cm 16.6 (in) (6.5)	17.4 (6.9)	19.1 (7.5)	20.9 (8.2)	21.6 (8.5)
B	Women	cm 15.5 (in) (6.1)	16.1 (6.3)	17.7 (7.0)	19.2 (7.6)	19.9 (7.8)

16 Menton-subnasale length. The distance from the bottom of the chin (menton) to the base of the nasal septum (subnasale).

Sample		1st	5th	Percentiles		
				50th	95th	99th
A	Men	cm 6.1 (in) (2.4)	6.5 (2.7)	7.3 (2.9)	8.3 (3.3)	8.7 (3.3)
B	Women	cm 5.7 (in) (2.2)	6.0 (2.4)	6.5 (2.7)	7.8 (3.1)	8.3 (3.8)



1 Head breadth. The maximum breadth of the head, usually above and behind the ears.

Sample			Percentiles				
			1st	5th	50th	95th	99th
A	Men	cm (in)	13.9 (5.1)	14.3 (5.6)	15.2 (6.0)	16.11 (6.3)	6.5 (6.5)
B	Women	cm (in)	13.3 (5.2)	13.7 (5.4)	14.4 (5.7)	15.3 (6.0)	15.7 (6.1)

2 Interpupillary breadth. The distance between the centers of the pupils of the eyes (the eyes are looking straight ahead).

Sample			Percentiles				
			1st	5th	50th	95th	99th
A	Men	cm (in)	5.7 (2.2)	5.9 (2.3)	6.5 (2.7)	7.1 (2.8)	7.4 (2.9)
B	Women	cm (in)	5.5 (2.8)	5.7 (2.2)	6.0 (2.4)	6.9 (2.7)	7.0 (2.8)

3 Face breadth (bizygomatic). The breadth of the face, measured across the most lateral projections of the cheek bones (zygomatic arches).

Sample			Percentiles				
			1st	5th	50th	95th	99th
A	Men	cm (in)	12.8 (5.0)	13.2 (5.2)	14.0 (5.5)	15.0 (5.9)	15.4 (6.1)
B	Women	cm (in)	12.1 (4.8)	12.3 (4.8)	12.8 (5.1)	14.0 (5.5)	15.4 (5.7)

Imagen tomada de: Poston, Alan "Human Engineering Design Data". 2009

Los paneles ubicados alrededor de la cabeza están diseñados en base a la descripción del método de grabación Ambiofónica que expone Robert Miller²⁹ quien recomienda una angulación de 120° horizontal y 150° vertical como se muestra en la siguiente figura.

²⁹ Miller, Robert "System and method for compatible 2D/3D (full sphere with height) surround sound reproduction". 2009

Fig.19.Ambiófono

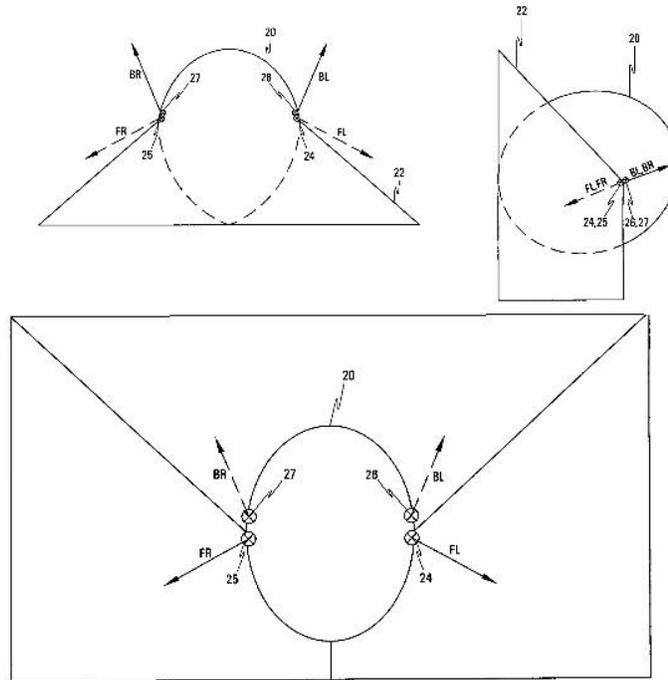


Imagen tomada de: Miller, Robert "System and method for compatible 2D/3D (full sphere with height) surround sound reproduction". 2009

Fig.20. Diseño de ambiófono, Vista frontal

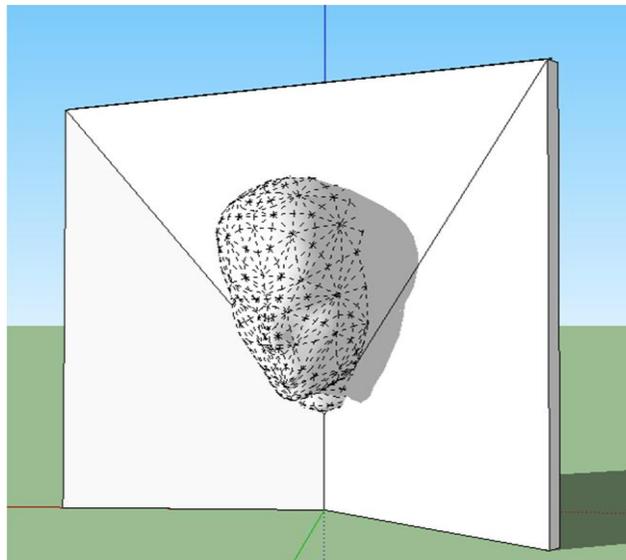


Imagen tomada de: Diseño de ambiófono en Google Sketchup 8, elaboración propia.

Fig.21.Ambiófono Vista Lateral y posterior

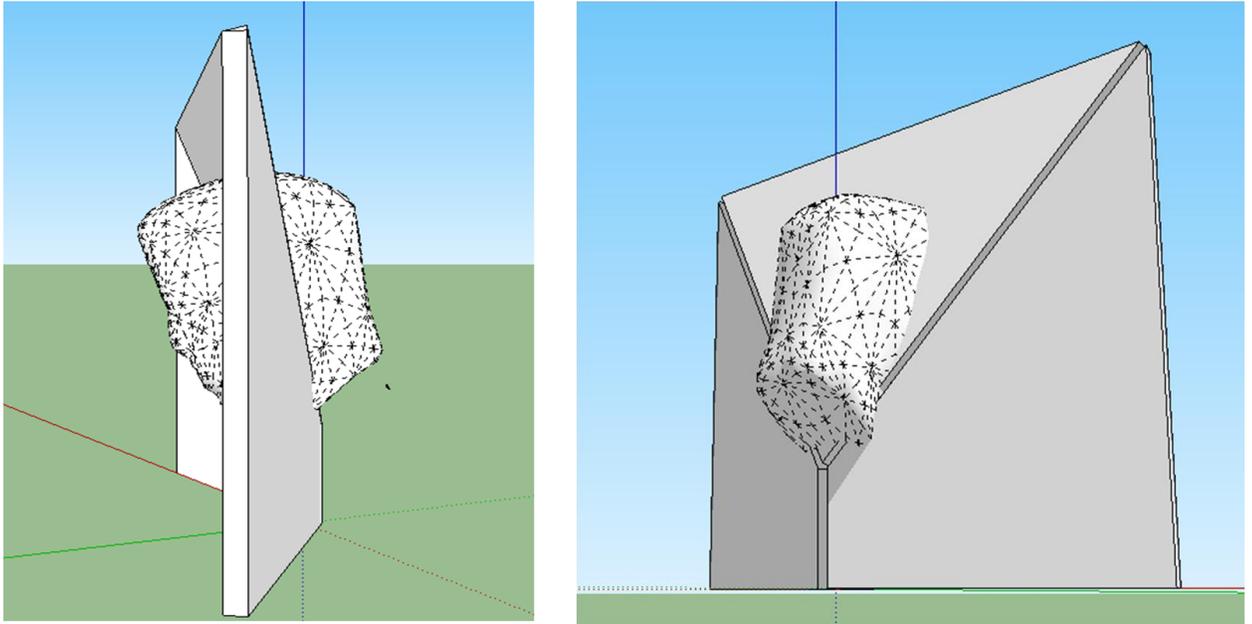


Imagen tomada de: Diseño de ambiófono en Google Sketchup 8, elaboración propia

Los paneles deben evitar la captura de reflexiones laterales y superiores a frecuencias en que el oído es más sensible, es decir entre 250Hz y 5KHz, rango de frecuencia en que opera el algoritmo RACE. Por tanto las dimensiones de los paneles son basadas en dichas longitudes de onda.

Las frecuencias de 250Hz y 500Hz tienen una longitud de onda de 1,36 y 0,68 metros respectivamente, medida que resulta bastante difícil de manipular, en caso de que los paneles se elaboraran con este tamaño. Además, no tendrían ninguna proporción con el tamaño de la cabeza utilizada. Por esto, se tomó la siguiente frecuencia por octava correspondiente a 1000Hz que tiene una longitud de onda de 34cm, medida más razonable y proporcional al tamaño de la cabeza.

La siguiente medida a tener en cuenta, es la correspondiente al ángulo de cerramiento de los paneles laterales, ya que dicho ángulo determina la cobertura de grabación frontal y por ende la que se escucha al momento de la reproducción.

La técnica asegura una espacialidad de 76 y -76 grados de derecha e izquierda respectivamente, por lo la cual el ángulo entre paneles es de aproximadamente 152 grados. El ángulo de inclinación superior se dedujo de acuerdo a las dimensiones de los paneles y a la angulación entre ellos, de manera que la cabeza pudiera ser situada en el centro del ambiófono.

De acuerdo a las especificaciones, los materiales de construcción deben ser porosos y livianos para una mejor manipulación al momento de la grabación y los paneles deben estar recubiertos por una capa de material absorbente.

Los paneles fueron construidos con madera aglomerada de 9mm y recubiertos por una lámina acuñada de espuma de poliuretano de alta absorción (ver anexo 5), la cual tiene un coeficiente de absorción sonora (NRC)de 0.7 para el rango de frecuencias entre 125Hz y 4 KHz, rango de frecuencias en el que trabaja el algoritmo RACE.

Fig.22.SonoacusticsWaves de 35mm

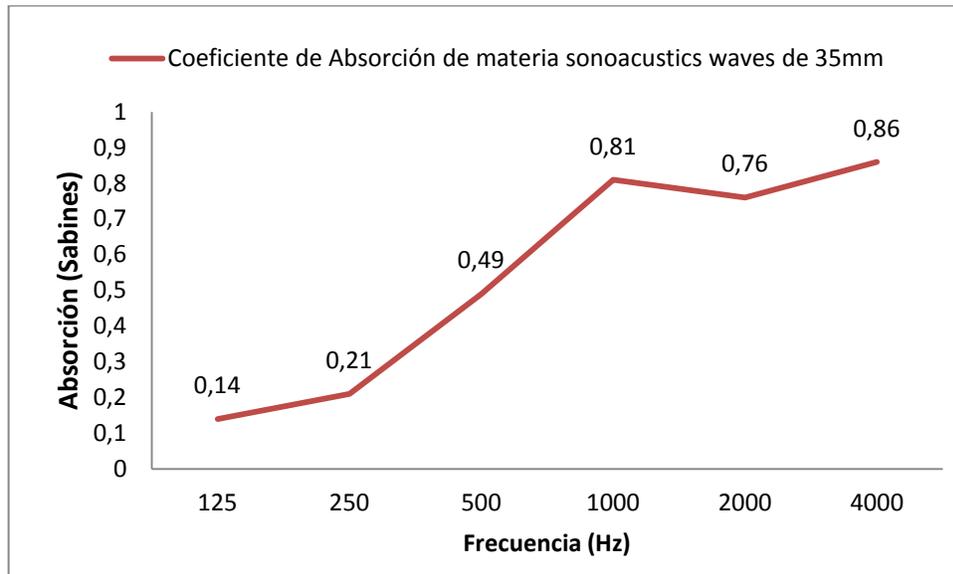


Tabla 2: Coeficiente de absorción para cada banda de frecuencia del material sonoacustics waves

Frecuencia Hz	Coeficiente de Absorción - Sabines
125	0,14
250	0,21
500	0,49
1000	0,81
2000	0,76
4000	0,86

Ficha técnica sonoacustics waves. Acustec Colombia 2013

Grafica 5: Coeficiente de Absorción, Sonoacustics Waves de 35mm



El diseño del ambiófono se realizó en Google Sketchup 8, un software de diseño gratuito de libre acceso para visualizar las dimensiones y área por material y así optimizar su uso evitando desperdicios en la construcción.

Fig.23. Diseño de paneles para el ambiófono

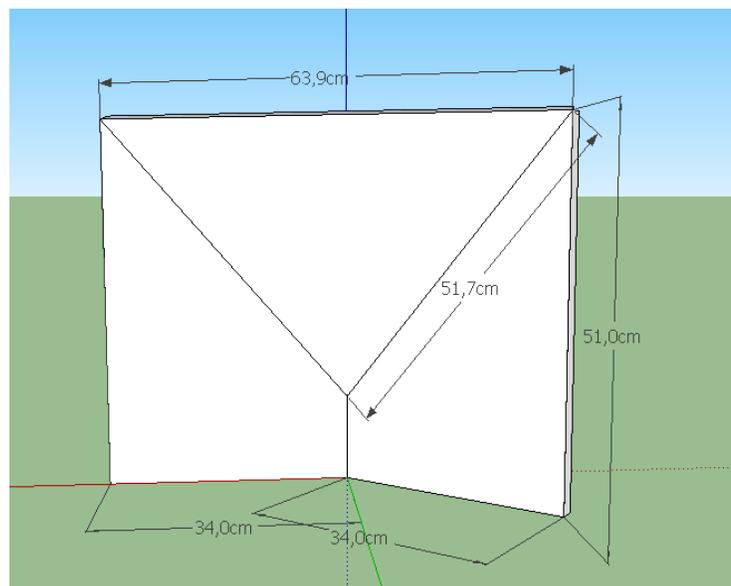


Imagen tomada de: Diseño de paneles para el ambiófono, elaboración propia.

Con respecto a la cabeza, el sistema ambiofónico sugiere que se debe simular una cabeza humana en dimensiones y espacialidad. Por ende se hicieron varias pruebas con el fin de conseguir la estructura y material con mayor semejanza las características de una cabeza humana.

Inicialmente se diseñó un prototipo a escala en gel de balística, con el fin de probar la resistencia y consistencia del material. La masa consta de una mezcla de gelatina y glicerina que mezclados forman un material similar a la silicona pero con menor resistencia. La prueba funcionó pero fue descartada ya que con el tiempo, se debían reparar los poros y grietas generadas por la resequeidad que le causaba el viento, además al haber transcurrido aproximadamente una hora, el material presentaba deterioro y flacidez lo que obligaba a conservarlo en refrigeración para que mantuviera su consistencia.

Con la intención de mejorar la consistencia de la mezcla, se le aplicó diferentes concentraciones intentando obtener las características requeridas, pero finalmente no se consiguió el objetivo ya que el material final debía conservar su estado y consistencia por un tiempo aproximado de cuatro horas para poder ser utilizado en las sesiones de grabación pero su tiempo máximo de exposición al exterior fue de una hora y treinta minutos. Finalmente, se decidió implementar una cabeza de maniquí con superficie de látex y rellena de polietileno dándole más firmeza y consistencia y acercándose a las características dimensionales de una cabeza humana.

Teniendo en cuenta las especificaciones anteriores, el diseño final del ambiofónico posee unas dimensiones de 51 cm de alto, dos paneles laterales de 34 cm de ancho cada uno, una angulación entre ellos de 152° y un panel superior de 64 cm de ancho con 150° de inclinación como se muestra en la siguiente figura.

Fig.24. Foto, diseño final del Ambiofónico



5.3 Diseño de la cuña publicitaria

En el campo sonoro de la publicidad existen varias formas de mensaje publicitario. Estos difieren entre sí por el instrumental grabado y mezclado, su duración, el objetivo, el tipo de mercado y el medio en el que se presente el producto. La cuña es uno de los formatos publicitarios comprendidos en la tipología radiofónica. Por su tradición y utilización es el formato publicitario radiofónico por excelencia y ha sido elegido para el presente trabajo por poseer una estructura cerrada y completa, lo que le confiere autonomía suficiente para ser considerada como ente independiente respecto al estilo y a los contenidos de los diferentes programas o bloques dentro de los cuales suele emitirse.

El objetivo de la cuña publicitaria es el mismo que el de todo anuncio: impactar en el oyente para que recuerde el producto o servicio en el momento que lo necesite. En cuanto a su naturaleza, se le atribuye genéricamente como función principal, la enfocada hacia la actividad comercial, cuando no necesariamente debe ser éste el único enfoque atribuible. Ante todo, su función es comunicativa, y por tanto, también debe ser contemplada su faceta informativa.

En este proyecto, se crearon dos cuñas publicitarias equivalentes con pequeñas variaciones en el guión y en la mezcla con el fin de evaluar bajo los mismos parámetros los dos sistemas de audio, estereofónico y ambiofónico. Por esta razón en la producción solo se hicieron cambios para diferenciar fechas, lugares y palabras de referencia con el fin de evaluar y comparar el recuerdo, el impacto y las características subjetivas de los dos sistemas de audio.

Además de los cambios en el guion, las mezclas de los dos productos publicitarios fueron diferenciadas de la siguiente manera: la mezcla estéreo, conservando las características básicas de reproducción, es decir dos canales derecho e izquierdo frontales y la mezcla ambiofónica reproducida con dos ambiopolos, dos canales derecho e izquierdo frontales y dos canales derecho e izquierdo posteriores en los cuales se resaltó la ambiencia del recinto generando una convolución del audio obtenido en la grabación del concierto de música clásica con una sala de conciertos con el *pluggin VST Izotope Convolution Reverb* el programa Adobe Audition CS5.5 (Versión Demo). En los productos publicitarios se resaltaron los componentes tanto de guion con una voz masculina, reconocida y con perfecta vocalización, como de ambientación con música clásica realizada por la Orquesta Filarmónica de Bogotá. Ya que este género se desarrolla en espacios que resaltan características como espacialidad y profundidad en su interpretación, la música clásica es un género apto para poner los sistemas a prueba.

Lo anterior garantizo tener una alta calidad de los componentes estructurales de la publicidad, construyendo un anuncio similar al que estamos expuestos cotidianamente y buscando una mayor aceptación con el público.

A continuación se describen los guiones publicitarios:

Tabla 3: Guion para el sistema de audio ambiofónico

Tiempo (min:s:ms)	Locutor	Música	Efectos
00:00.00 - 00:11.37			Cambio de frecuencia de FM que se turnan de altavoz
00:11.37 - 00:12.41			Silencio
00:12.42 - 00:16.85	Generalmente se dice que se oye todo tipo de música	Concierto, Orquesta Filarmónica de Bogotá, Director Invitado: Pawel Przytocki Abril 12 de 2013	Cada énfasis de la orquesta se oye desde una dirección diferente
00:16.86 - 00:21.18	Pero ese "todo" suele ser una mínima selección de frecuencias radiales		
00:22.00- 00:25.45	Festival de Bogotá orquestas experimentales		
00:25.46 - 00:26.52			
00:26.53 - 00:31.52	Gastronomía de sonidos provocativos para los tímpanos más exigentes		
00:32.90 - 00:35.88	Junio 3, Teatro Jorge Eliecer Gaitán		
00:35.90 - 00:41.00			
00:41.01 – 00:52.00			

Tabla 4: Guion para el sistema de audio estereofónico

Tiempo (min:s:ms)	Locutor	Música	Efectos
00:00.00 - 00:11.37			Cambio de frecuencia de FM que se turnan de altavoz
00:11.37 - 00:12.41			Silencio
00:12.42 - 00:16.85	Generalmente se dice que se oye todo tipo de música	Concierto, Orquesta Filarmónica de Bogotá, Director Invitado: Pawel Przytocki Abril 12 de 2013	Cada énfasis de la orquesta se oye desde una dirección diferente
00:16.86 - 00:21.18	Pero ese "todo" suele ser una mínima selección de frecuencias radiales		
00:22.00- 00:25.45	Festival de Medellín orquestas experimentales		
00:25.46 - 00:26.52			
00:26.53 - 00:31.52	Armonía de frecuencias provocativas para el público más exigente		
00:32.90 - 00:35.88	Junio 10, Teatro Nacional La Castellana		
00:35.90 - 00:41.00			
00:41.01 – 00:52.00			

5.4 Grabación, edición y mezcla

Grabación:

Tal y como se ha mencionado anteriormente la grabación ambiofónica se realiza por medio del denominado ambiófono.

La captura de cada instrumento por separado no se efectúa en el método ambiofónico. En caso de hacerlo, implicaría la obtención de la respuesta al impulso de cada instrumento en su ubicación exacta a partir de una fuente omnidireccional localizada en el lugar del ambiófono, para posteriormente convolucionar dicha respuesta con la señal captada del instrumento, lo cual es claramente dispendioso y casi inadecuado si se tiene en cuenta que las señales no deben ser modificadas posteriormente.

Por lo tanto, se construyó un ambiófono y se realizó con este la grabación de la Orquesta Filarmónica de Bogotá interpretando obras de Moniuszko, Mozart y Tchaikovsky bajo la batuta del director Pawel Przytocki y el violinista Boris Brovtsy en el Auditorio León de Greiff de la Universidad Nacional de Colombia.

Fig.25. Auditorio León de Greiff Universidad Nacional



Imagen tomada de:

http://www.bogota.unal.edu.co/fcm/La_Sede/Mapa_y_Edificios/104_Auditorio_Leon_de_Greiff-707

El auditorio Leo de Greiff en planta posee una forma de diamante pentagonal, con capacidad para 1.630 personas y un escenario donde pueden situarse 100 músicos o 300 cantantes.

Cuenta con una gradería dispuesta radialmente, se destaca el trabajo en madera que además de cumplir una función estética brinda al auditorio su buena acústica.

Fig.26.Planta General Auditorio León de Greiff

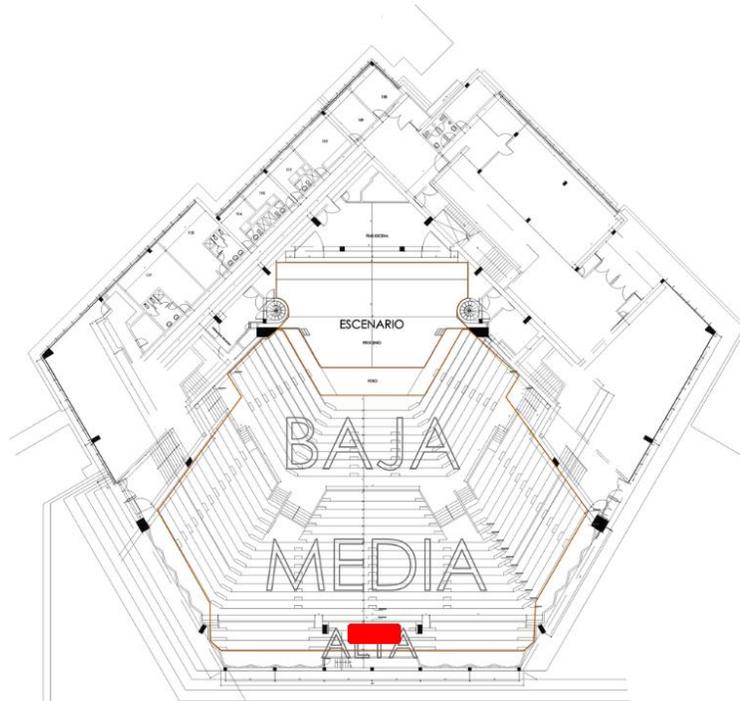


Imagen tomada de: http://www.divulgacion.unal.edu.co/leon_de_greiff/espacios.html

Aunque se recomienda que el ambiófono se ubique de la primera a la quinta fila frente al escenario, el ambiófono se situó en la parte trasera del teatro a una altura de 1,15cm como se muestra en la Figura 32 (convención roja), debido a disposiciones de los organizadores.

Aun así esta ubicación es un buen punto de escucha que permitió capturar tanto sonido directo de la parte frontal como la apertura horizontal desde la audiencia.

Se realizó la captura de la orquesta filarmónica de Bogotá que consta de cuatro grupos proporcionales de instrumentos musicales similares, en el siguiente orden (con sus respectivas proporciones indicadas):

- Viento madera: 1 flautín, 2 flautas, 2 oboes, 1 corno inglés, 2 clarinetes y 2 fagots, 1 clarinete bajo y saxofones.
- Viento metal: de 2 a 5 trompetas, de 2 a 6 trompas, 2 o 3 trombones tenores y 1 o 2 bajos. Ocasionalmente, 1 tuba.

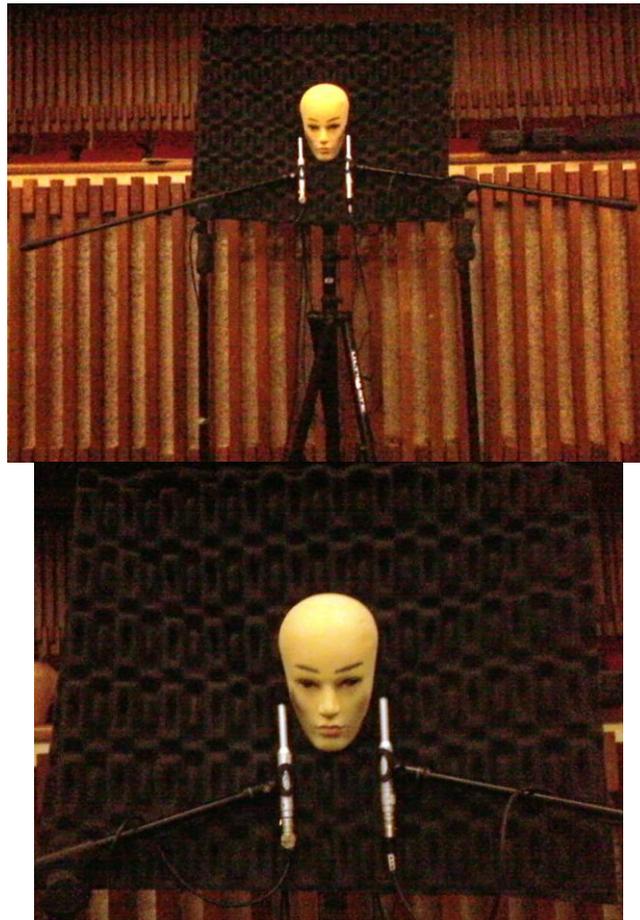
- Percusión: timbales y caja.
- Cuerdas: 40 violines , de 8 a 12 violas o más, de 8 a 12 chelos o más y de 5 a 8 contrabajos o más.

Cada sección de la orquesta tiene una ubicación determinada de 15 tipos de instrumentos, que ha venido siendo normalizada por la potencia sonora de los instrumentos. Así, los instrumentos de cuerda se sitúan al frente, de más agudo a más grave, detrás se colocan los instrumentos de viento, primero de madera y luego de metal, y al final se colocan los instrumentos de percusión y el piano como se muestra a continuación:

Fig.27.Disposición Orquesta Filarmónica



Fig.28.Ambiófono en grabación de la Orquesta filarmónica de Bogotá



La cabeza del ambiófono proporciona la diferencia de nivel interaural de los sonidos provenientes de los laterales del escenario, es decir captura los ILD e ITD correctos comparados con las técnicas coincidentes de microfónica. De lo contrario, al momento de la reproducción el ambiopolo ubicado frente al oyente, no proporcionaría dichas diferencias interaurales.

Las consideraciones usuales de la sala tal como la relación entre el sonido directo y reverberante no se aplican aquí, ya que los micrófonos se encuentran aislados por medio de los paneles laterales y superior y el ambiente general de la sala se genera a partir de respuestas al impulso, en lugar de registrar la reverberación de la sala durante la sesión de grabación.

La captura se realizó con un par de micrófonos omnidireccionales ECM 8000 conectados a una interfaz M-Audio Firewire 410 en el software Pro Tools HD de la universidad de San Buenaventura.

El patrón omnidireccional de los micrófonos permite que se puedan capturar efectivamente las fuentes localizadas a los extremos del escenario lo cual nos brinda una percepción de profundidad y mayor apertura horizontal al momento de la reproducción. Dichos micrófonos tienen una respuesta de sensibilidad constante, lo cual significa que captan todos los sonidos independientemente de la dirección desde donde lleguen. Usualmente, el principal inconveniente que se presenta es que, al captarlo todo, captan tanto lo que queremos como lo que no: ruido del entorno, reflexiones acústicas, etc, lo cual no es un problema en el sistema ambiofónico debido a los paneles diseñados para el ambiófono.

Posterior a la captura de la Orquesta Filarmónica se procedió a la toma de voz del locutor y actor de doblaje Oscar Gómez con el micrófono de condensador Neuman TLM 103y el preamplificador AvalonVT-737SP, grabados en los estudios de grabación en VC medios Bogotá así como los efectos de sonido utilizados en la cuña publicitaria.

Edición:

Gracias a las facilidades visuales que el software (Pro Tools 10) ofrece al ser capaz de mostrar la forma de onda de cada canal de audio, esta etapa de edición se simplifico, herramientas como cortar, duplicar, trasladar, *fades o cross fades* y la línea de tiempo visual favorecen a hacer adecuadamente las correcciones necesarias sobre el materias grabado.

Ya que la idea de que las cuñas publicitarias fueran similares, se hizo un solo diseño sonoro con el material obtenido de la grabación de la orquesta filarmónica de Bogotá y los efectos seleccionados para esta, teniendo en cuenta que la duración del mensaje no superar los 60 segundos, se editó el material buscando durante toda la grabación segmentos que favorecieran y apoyaran al guion de la cuña publicitaria.

En cuanto a la voz, después de varias tomas de grabación se encontró finalmente la intensidad requerida para el guion de las cuñas, afortunadamente contamos con un locutor profesional que facilito un tono adecuado sin necesidad de ecualizar ni engrandecer su voz, además de las herramientas básicas de edición se implementó la herramienta del lápiz con el fin de eliminar las salivas y ruidos capturados en la grabación.

Mezcla:

La etapa de mezcla involucra varios aspectos. El conocimiento teórico de las herramientas que alteran o especializan el sonido y el conocimiento de su comportamiento físico, escuchar analítica y objetivamente lo grabado, así como tomar decisiones basadas en el criterio estético al realizar la mezcla.

Durante esta etapa se continuo trabajando en *Pro Tools 10* el cual ofrece una venta de mezcla con características desde opciones elementales como volumen, paneo, automatizaciones, envíos, insertos hasta procesos digitales manejados por el procesador del computador como los *plug-ins* en tiempo real.

Basados en el objetivo planteado de evaluar bajo los mismo parámetros el comportamiento de los sistemas de audio, el diseño sonoro fue el mismo para las dos cuñas publicitarias, uno de los criterios para realizar este proceso fue mezclar los productos de una forma que resaltara las características de espacialidad, naturalidad, profundidad y envolvencia para los sistemas de audio ambiofónico y estereofónico, creando una correcta realización de las transiciones de voz, efectos y música. Finalmente se decidió realizar un paneo de efectos y voz muy notorio, el sonido viaja de derecha a izquierda completamente, al principio con tiempos cortos y al final más largos, esto con el fin de incrementar la sensación y darle tiempo al oyente de situar la fuente.

Tanto para el sistema estereofónico como el sistemas ambiofónico, la mezcla fue exactamente la misma con el fin de tener las mismas variables de calificación al momento de aplicar la encuesta.

A continuación mostramos un cuadro comparativo de la mezcla de las cuñas publicitarias.

Tabla 5: Mezcla Ambiofónica

Mezcla Ambiofónica				Paneo			
Tiempo (min:s:ms)	Locutor	Música	Efectos	F.lzq	F.der	R.lzq	R.der
00:00.00 - 00:11.37			Cambio de frecuencia de FM que se turnan de altavoz	■	■	■	■
00:11.37 - 00:12.41			Silencio	■	■	■	■
00:12.42 - 00:16.85	Generalmente se dice que se oye todo tipo de música	Concierto, Orquesta Filarmónica de Bogotá, Director Invitado: Pawel Przytockki Abril 12 de 2013		■	■	■	■
00:16.86 - 00:21.18	Pero ese "todo" suele ser una mínima selección de frecuencias radiales			■	■	■	■
00:22.00- 00:25.45	Festival de Bogotá			■	■	■	■
	orquestas experimentales			■	■	■	■
00:25.46 -				■	■	■	■

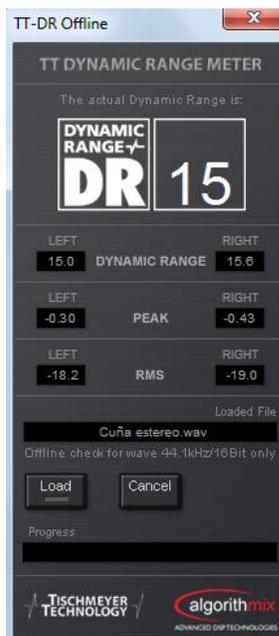
00:26.52				
00:26.53 - 00:31.52	Gastronomía de sonidos provocativos para los tímpanos más exigentes		Cada énfasis de la orquesta se oye desde una dirección diferente	
00:32.90 - 00:35.88	Junio 3, Teatro Jorge Eliecer Gaitán			
00:35.90 - 00:41.00				
00:41.01 - 00:52.00			Aplausos	

Tabla 6: Mezcla Estereofónica

Mezcla Estereofónica				Paneo			
Tiempo (min:s:ms)	Locutor	Música	Efectos	F.lzq	F.der		
00:00.00 - 00:11.37			Cambio de frecuencia de FM que se turnan de altavoz				
00:11.37 - 00:12.41			Silencio				
00:12.42 - 00:16.85	Generalmente se dice que se oye todo tipo de música	Concierto, Orquesta Filarmónica de Bogotá, Director Invitado: Pawel Przytocki Abril 12 de 2013					
00:16.86 - 00:21.18	Pero ese "todo" suele ser una mínima selección de frecuencias radiales						
00:22.00- 00:25.45	Festival de Medellín						
	orquestas experimentales						
00:25.46 - 00:26.52							
00:26.53 - 00:31.52	Armonía de frecuencias provocativas para el público más exigente				Cada énfasis de la orquesta se oye desde una dirección diferente		
00:32.90 - 00:35.88	Junio 10, Teatro Nacional La Castellana						
00:35.90 - 00:41.00							
00:41.01 - 00:52.00			Aplausos				

Basados en la norma ITU-R BS.645-2 (define el nivel de los programas de canales de radio por medio de una señal de alineación (1 kHz de onda sinusoidal)). EL nivel RMS de mezcla para las dos cuñas fue de -18dB RMS ya que luego de varias pruebas la producción procesada por el algoritmo RACE no modifica su nivel de salida ni altera la coloración o tonalidad final de la mezcla.

En términos generales el término PEAK mide los picos máximos a los que llega el sonido, mientras RMS nos muestra donde está concentrado la mayoría del sonido, no los puntos máximos que solo se alcanza en instantes aislados en el tiempo. Esto también es debido a las distintitas velocidades de ataque en el análisis de los 2 sistemas, mientras que PEAK tiene valores de análisis más rápidos, RMS los tiene más lentos. Uno de los factores más importantes a tener en cuenta es el Rango Dinámico, esto es en rango de diferencia de dB entre el pico más alto (PEAK) y el valor promedio (RMS), cuanto menor sea este rango más aplastado sonará el sonido, y cuanto mayor sea, más vivo y real sonará.



Es importante mencionar, que el rango dinámico también se ve afectado tanto por el medio de grabación, por el soporte de reproducción así como el equipo usado para la reproducción, es decir por los micrófonos usados en la grabación (ECM 8000), la manera en que se grabó (ambiófono), y los quipos de reproducción al momento de realizar la mezcla obtuvimos un rango dinámico amplio que nos permitió conservar la naturalidad de la grabación original reproducido por un equipo de alta fidelidad.

5.5 Reproducción del sistema ambiofónico

5.5.1 Espacialidad del sistema ambiofónico frente al sistema estereofónico y 5.1

En un artículo del año 2002 de Robin Miller “*Contrasting ITU 5.1 and Panor-ambiphonic 4.1 Surround Sound Recording Using OCT and Sphere Microphones*”, de *Ambiophonics Institute*, describe las grabaciones experimentales para evaluar subjetivamente cada uno de estos sistemas de reproducción en

función de la otra. El objetivo del estudio fue poner a prueba cada sistema exaltando sus mejores atributos y cualidades, además de explorar las compatibilidades para reproducir grabaciones que se reproducen satisfactoriamente en los sistemas de audio.

Teniendo en cuenta que *Ambiophonics* no es *Ambisonics* (un enfoque envolvente que utiliza coincidentes omni y figura 8 después de Gerzon). Cada sistema ambiofónico consta de dos altavoces muy próximas entre sí (uno o dos Ambipolos) con diafonía cancelación proporcionada por el procesamiento digital. Cada Ambipolo reproduce con mayor precisión los ángulos de grabación de hasta 150 ° evitando la llamada "distorsión angular" o diafonía acústica , lo cual es característico de las imágenes fantasma en estéreo y 5.1.

A continuación se muestran la tabla y grafica de resultados obtenidos de la evaluación subjetiva y comparativa de los sistemas de audio:

Fig.29. Cuadro comparativo de la evaluación subjetiva de los sistemas de audio

PerAmbiolating 360° Test CDs - "Walkabout"*** (to be filled out by 3rd party)					PanAmbio 4.0 (2/2) - four speakers at ±10°, ±170°				
R Miller 2/02									
After calibrating speakers for equal SPL, enter the approx. (within ±5°) angle of direction you hear voiced the angle at left (CCW from front).									
If unsure of direction, rotate head to verify. Indicate using ITALICS if direction remains ambiguous and BOLD if obviously from a speaker.									
ITU 5.0 (3/2) - five speakers at 0°, ±30°, ±110°					PanAmbio 4.0 (2/2) - four speakers at ±10°, ±170°				
<i>CD voiced°</i>	<i>RMiller</i>	<i>BFox</i>	<i>RGlasgal</i>	<i>You</i>	<i>CD voiced°</i>	<i>RMiller*</i>	<i>BFox*</i>	<i>RGlasgal</i>	<i>You</i>
<i>Center 0°</i>	0	0	0		<i>Center 0°</i>	0	0	0	
<i>Left 15°</i>	5	5	15		<i>Left 15°</i>	15	15	15	
<i>30°</i>	15	15	30		<i>30°</i>	30	30	30	
<i>45°</i>	25	25	30		<i>45°</i>	45	45	45	
<i>60°</i>	30	30	40		<i>60°</i>	60	60	50	
<i>75°</i>	30	30	60		<i>75°</i>	75	75	75	
<i>90°</i>	60	60	60		<i>90°</i>	90	90	85	
<i>105°</i>	90	90	90		<i>105°</i>	105	105	105	
<i>120°</i>	105	105	90		<i>120°</i>	120	120	120	
<i>135°</i>	110	110	110		<i>135°</i>	135	135	135	
<i>150°</i>	120	120	110		<i>150°</i>	150	150	150	
<i>165°</i>	165	165	110		<i>165°</i>	165	165	170	
<i>Back 180°</i>	180	180	180		<i>Back 180°</i>	180	180	180	
<i>Right 165°</i>	165	165	165		<i>Right 165°</i>	165	165	165	
<i>150°</i>	120	120	150		<i>150°</i>	150	150	150	
<i>135°</i>	110	110	110		<i>135°</i>	135	135	135	
<i>120°</i>	105	105	110		<i>120°</i>	120	120	110	
<i>105°</i>	90	90	90		<i>105°</i>	105	105	90	
<i>90°</i>	60	60	30		<i>90°</i>	90	90	80	
<i>75°</i>	30	30	30		<i>75°</i>	75	75	75	
<i>60°</i>	30	30	30		<i>60°</i>	60	60	60	
<i>45°</i>	25	25	30		<i>45°</i>	45	45	45	
<i>30°</i>	15	15	25		<i>30°</i>	30	30	30	
<i>15°</i>	5	5	15		<i>15°</i>	15	15	15	

***DTS-encoded CDs for evaluation available www.filmaker.com * Using pre-crosstalk-cancelled tracks

Imagen tomada de: Robin miler Contrasting ITU 5.1 and Panor-ambiophonic 4.1 Surround Sound Recording Using OCT and Sphere Microphones

Fig.30. Grafica comparativa de la evaluación subjetiva de los sistemas de audio

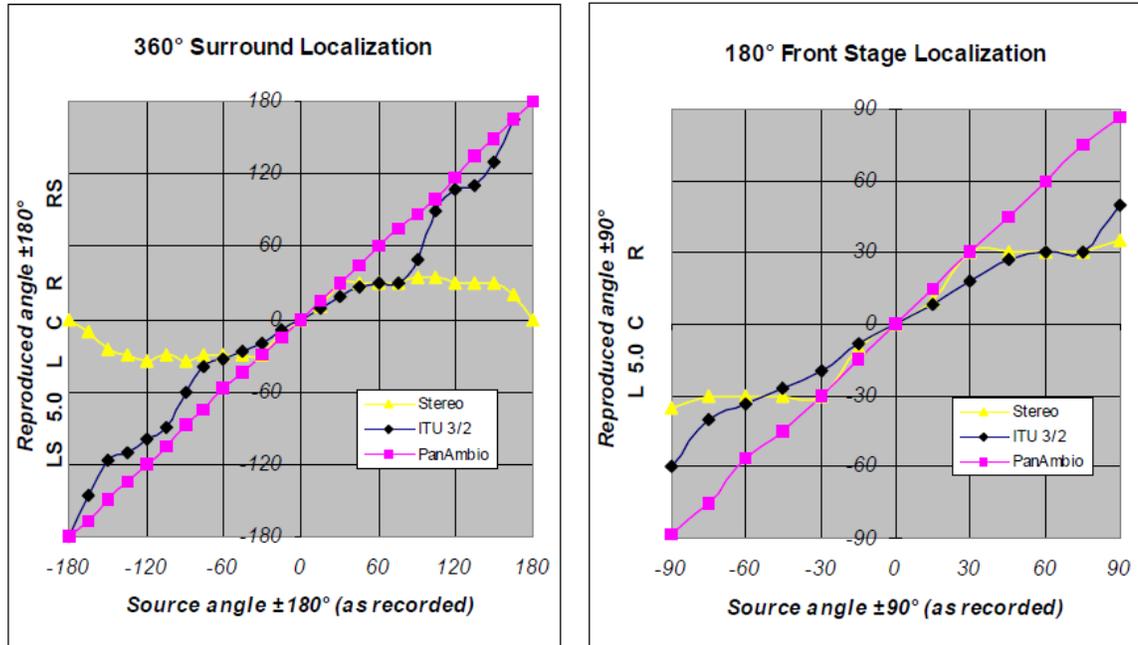


Imagen tomada de: Robin miler Contrasting ITU 5.1 and Panor-ambiophonic 4.1 Surround Sound Recording Using OCT and Sphere Microphones

Según señala Robin Miller, del Ambiophonics Institute, la localización virtual se desarrollaría de la siguiente forma según el sistema empleado:

- Sistema Panambiofónico

se localiza fuentes con precisión dentro de $\pm 5^\circ$, amplitud máxima de escena, correcta presentación de instrumentos conforme a los ILD e ITD de la grabación como se muestra en la Figura 34. Un quinteto de guitarras y el público se colocan como se muestra por los experimentos que contrasta dos métodos de reproducción de 360° y el método de reproducción estereofónica. Por tanto el sonido envolvente multicanal es más "realista" por la localización de los dos instrumentos de la etapa frontal y sonidos envolventes, incluyendo voces antifonales, la participación del público, y el ambiente.

Fig.31. Localización en un sistema panambiofónico

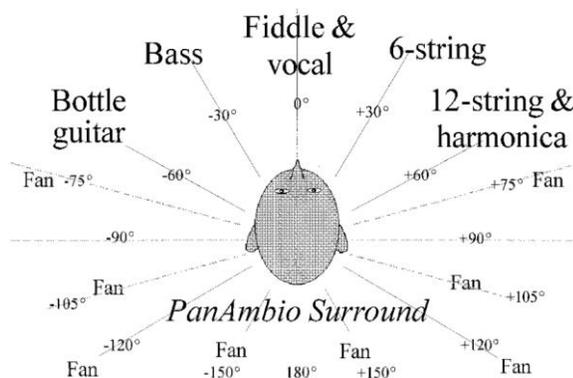


Imagen tomada de: Robin miler Contrasting ITU 5.1 and Panor-ambiophonic 4.1 Surround Sound Recording Using OCT and Sphere Microphones

- Sistema 5.1

En contraste con Panambio, la UIT 5.1 "reubica" el quinteto + el publico por la distorsión angular (aunque menos que el sistema estéreo con dos altavoces). Ángulos originales indican sonidos grabados a $\pm 75^\circ$, se escuchan a $\pm 30^\circ$ y se superponen en la banda. Si la localización de precisión no es esencial para una grabación, la UIT 5.1 puede ser bastante aceptable.

Fig.32. Localización de una mezcla estereofónica

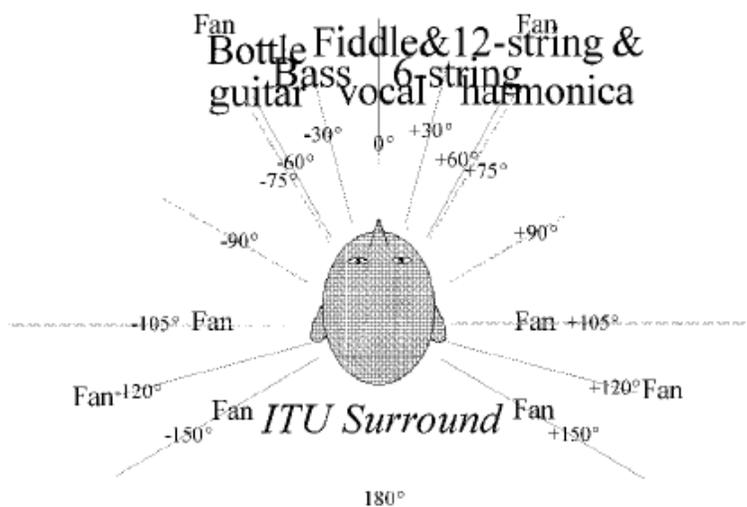


Imagen tomada de: Robin miler Contrasting ITU 5.1 and Panor-ambiophonic 4.1 Surround Sound Recording Using OCT and Sphere Microphones

- Sistema Estéreo

Toda la escena colapsa a 60° de amplitud y está especialmente concentrada en los extremos del sistema a $\pm 30^\circ$ como se muestra en la Figura 36.

Fig.33. Localización de una mezcla estereofónica

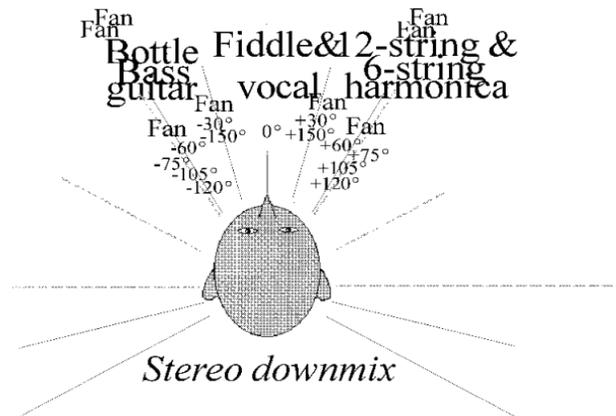


Imagen tomada de: Robin miler Contrasting ITU 5.1 and Panor-ambiophonic 4.1 Surround Sound Recording Using OCT and Sphere Microphones

Con UIT 5.1, los oyentes localizan la etapa frontal comprimiendo el ángulo, pero con menor distorsión angular que el sistema estéreo con dos altavoces, incluso con menos sensación de un "agujero en el medio", como se muestra en la Fig33. Cuando sea posible, las fuentes pueden ser posicionadas durante la grabación para compensar cualquier objetable "reubicación". En contraste, el sistema Panambio reproduce direcciones originales casi linealmente es decir se localizan fuentes con precisión de hasta 5°.

Tanto el sistema 5.1 y sistemas de reproducción de panambio satisfacen oyentes críticos significativamente más que los sistemas convencionales de dos canales estéreo, que ha sido la tecnología subyacente de vinilo, de FM, y audio cassette de reproducción de música durante décadas.

5.5.2 Medición del recinto

De acuerdo a las recomendaciones dictadas por Ralph Glasgal para la reproducción ambiofónica, dicho sistema está destinado para implementarse en recintos pequeños con un RT60 de 0,3 segundos idealmente, teniendo en cuenta estas especificaciones se escogió el estudio de la sala de grabación 5.1 de la Universidad De San Buenaventura el cual cumple con las características mínimas para la implementación del sistema.

Basados en la norma ISO-3382:1997, se realizó la medición de tiempo de reverberación con una posición de fuente, dos posiciones de micrófono y tres mediciones por posición, ya que el uso de un número mayor de posiciones implicaba infringir la norma que recomienda que la distancia entre cualquier posición de micrófono y la superficie reflectante más cercana incluyendo el suelo, deber ser al menos de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda, es decir, aproximadamente 1 metro.

Se implementó uno de los métodos mencionados en la norma, el método de la respuesta impulsiva integrada con los procesos de convolución y deconvolución de un barrido sinusoidal logarítmico (LSS), el cual consiste en generar una señal logarítmica por todo el espectro de frecuencias audibles.

Inicialmente se hizo la medición de ruido de fondo que genero 34dB(A), por lo cual se calibro la fuente omnidireccional (Dodecaedro) a 80dB(A), cumpliendo lo mencionado en la norma la cual sugiere que la fuente debe estar mínimo 45dB por encima del ruido de fondo.

Para la medición se empleó un dodecaedro 01dB OMNI-12 como fuente omnidireccional, el micrófono de medición ECM8000, el sonómetro tipo 1 marca Svantek, la interfaz de audio M-Audio FireWire 410 y el software para la captura y posterior análisis de los datos obtenidos fue adobe audition (versión Demo) debido a un mayor conocimiento, familiaridad, habilidad y destreza, descartando otros programas como easera.

5.5.3 Calibración del algoritmo RACE

Como se ha mencionado anteriormente el algoritmo RACE consiste en la eliminación de la información cruzada entre altavoces. El sonido que llega a cada oído desde su altavoz cruzado (altavoz derecho a oído izquierdo y altavoz izquierdo a oído derecho) se puede cancelar o al menos atenuar significativamente mediante una señal adecuada emitida desde el altavoz directo (altavoz derecho a oído derecho y altavoz izquierdo a oído izquierdo). Para que está señal cumpla su función, debe ser igual a la original aunque de polaridad invertida, adecuadamente retrasada en tiempo, de modo que coincidan en el oído en el instante exacto y adecuadamente atenuada para tener en cuenta el "efecto sombra" que la cabeza produce sobre el sonido que se cruza.

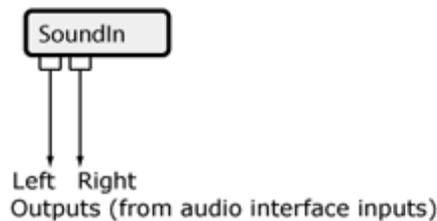
Así mismo, hay que tener en cuenta que la señal canceladora a su vez debe ser cancelada desde el canal opuesto, idea que llevada al infinito (o a efectos prácticos hasta niveles inaudibles) da lugar a la necesidad de recursividad. Es decir es un algoritmo que expresa la solución de un problema en términos de una llamada a sí mismo, generalmente, si la primera llamada al subprograma se plantea sobre un problema de tamaño u orden N, cada nueva ejecución recurrente

del mismo se planteará sobre problemas de igual naturaleza que el original, pero de un tamaño menor que N. De esta forma, al ir reduciendo progresivamente la complejidad del problema a resolver, llegará un momento en que su resolución llegue más o menos en efectos prácticos hasta niveles inaudibles.

El algoritmo RACE fue implementado en el *software AudioMulch (Versión Demo)*, un programa de audio que permite el procesamiento de sonidos en tiempo real a través de una interfaz gráfica con módulos que se conectan entre sí para realizar un proceso determinado.

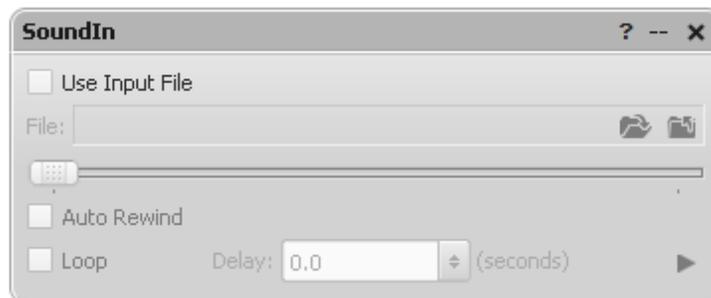
Los módulos utilizados fueron los siguientes:

Entrada (SoundIn):



La entrada (SoundIn) es el principal parámetro para la alimentación de sonido estéreo en formatos de audio pre-grabado (.wav, .aiff) o una fuente externa en tiempo real, como un micrófono o entrada de una interfaz de audio.

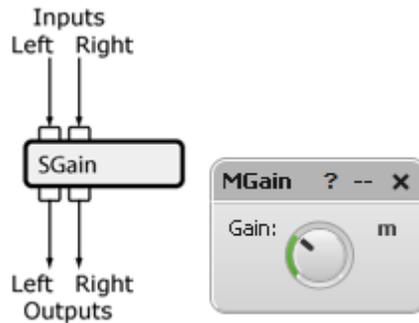
- Parámetros de entrada:



Archivo de entrada (Use Input File)	Permite seleccionar entre la reproducción de un archivo de audio pregrabado o la entrada de audio desde la interfaz.
Archivo (File)	Permite seleccionar el archivo de audio pregrabado.
Auto rebobinado (AutoRewind)	Rebobina el archivo al principio cada vez que se ejecute la acción.
Bucle (Loop)	Reproduce el archivo de forma continua.

Retardo (Delay)	Retraso de la señal de entrada en milisegundos, se debe activar el loop para que este parámetro funcione.
Play / Stop	Inicia y detiene la reproducción

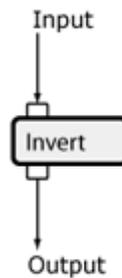
Ganancia (Gain):



La ganancia es el módulo que aumenta o atenúa el nivel de entrada dB_{SPL} . Este parámetro se usa para ajustar la ganancia de una entrada o aplicar la misma cantidad de ganancia a una serie de fuentes o canales conectados a este.

Este parámetro regula el nivel de entrada al algoritmo lo cual permite evitar el nivel digital de saturación.

Inversión de fase:



Invierte la polaridad de la entrada de audio, esto se refiere a la inversión de fase o a un desplazamiento de fase de 180 grados. Se puede utilizar el inversor de fase para crear la ilusión estéreo con fuentes mono.

EcuadorEQ, Frecuencias de corte para la aplicación del algoritmo RACE:

The diagram shows the SParaEQ plugin interface. On the left, a block labeled 'SParaEQ' has 'Inputs Left' and 'Right' at the top and 'Left' and 'Right Outputs' at the bottom. To the right is a detailed control panel titled 'MParaEQ' with four frequency bands: Hi, Mid1, Mid2, and Low. Each band has three knobs for Cutoff (Cf), Bandwidth (Bw), and Gain. Below the control panel is a table with the following data:

	Cutoff/Center frequency (cf)	Bandwidth (bw)	Gain
Hi	500Hz-18KHz	-	+/- 30db
Mid1	20Hz-18KHz	85Hz-2KHz	+/- 30db
Mid2	20Hz-18KHz	85Hz-2KHz	+/- 30db
Low	20Hz-10KHz	-	+/- 30db

Ecualizador paramétrico que aumenta o reduce ciertas frecuencias. Contiene un filtro para frecuencias altas, medias y bajas.

Cómo ya se ha citado, el algoritmo RACE ha de tener en cuenta que el "efecto sombra" es función de la frecuencia y solo se aplica a una banda de frecuencias concreta entre 250 Hz y 5 kHz, siendo mínimo a frecuencias bajas (la diafonía en graves es total) y completo a frecuencias muy altas (la diafonía en altos agudos es nula).

Retardo (Pingpong Delay):

The diagram shows the SDelay plugin interface. On the left, a block labeled 'SDelay' has 'Inputs Left' and 'Right' at the top and 'Left' and 'Right Outputs' at the bottom. To the right is a detailed control panel titled 'SDelay' with the following settings:

- Mode: Four icons representing different delay modes.
- Feedback: A knob.
- Delay units: Milliseconds, Sync to: 1/16.
- Delay times: Left: 3.0, Right: 2.0.
- Wet/dry: A knob.

PingPong Delay toma una entrada estéreo y realiza repeticiones de cada canal (izquierda y derecha) de acuerdo al tiempo de retardo especificado. Los tiempos de retardo para cada canal se pueden especificar por separado, ya sea en milisegundos, o con unidades rítmicas. El sonido retardado se mezcla con la entrada original para crear un efecto de "eco" y con la retroalimentación (Feedback), se puede aumentar el número de repeticiones.

El retardo a aplicar en cada paso de RACE puede variar de 2 a 8 muestras (samples), es decir para una muestra de 44100 equivale a variar entre 0,04 a 0,2 milisegundos. La frecuencia de muestreo del archivo seleccionado supone un tiempo mayor o menor. Como regla general, a mayor ángulo entre altavoces, mayor será el retardo puesto que aumenta la diferencia de tiempo entre el sonido de llegada al oído directo y al cruzado.

Modo de retroalimentación (Feedback Mode)	Permite seleccionar cuatro modos de retroalimentación: Estéreo, Ping-pong, Pingpong izquierda y Pingpong derecha. <ul style="list-style-type: none"> - Estéreo: proporciona dos líneas de retardo mono, cada uno con caminos de realimentación independientes. - Ping-Pong: proporciona un efecto de sonido estéreo de ping-pong, al utilizar información cruzada de entradas e información cruzada de retroalimentación entre los dos retrasos. - Ping pong izquierdo o derecho: alimenta el delay izquierdo emitiendo de nuevo a las dos entradas proporcionando un "medio ping-pong" lo que genera un efecto menos denso.
Unidades de retardo (Delayunits)	Determina si los tiempos de retardo deben especificarse en milisegundos o unidades rítmicas.
Tiempo de Retardo (delay time)	Especifica el tiempo de retardos independientes para los canales izquierdo y derecho. Los tiempos de retardo pueden oscilar entre 0 y 2000 milisegundos (de 0 a 2 segundos). Cuando las unidades de retardo están configuradas para sincronizar, los retrasos van de 0 a 32 unidades en cualquier unidad rítmica.
Retroalimentación (Feedback)	Controla la cantidad de señal retrasada que se retroalimenta en la entrada. Los valores más altos de la retroalimentación causan los retrasos de eco durante más tiempo.
Proporción de efecto (Wet Dry Mix)	Controla la relación de entrada frente a señales retrasadas.

Atenuación (XTC attenuation):

La atenuación a aplicar en cada paso recursivo puede variar entre $-2 dB_{SPL}$ y $-8 dB_{SPL}$. Como regla general, a menor ángulo entre altavoces (10° a 20°) menor debe ser la atenuación a aplicar (2 a $3 dB_{SPL}$) y conforme aumente este ángulo (hasta 60° incluso) mayor debe ser la atenuación elegida. Esto es así porque a mayores ángulos mayor es el "efecto sombra" entre lados cruzados debido a la

influencia de la cabeza. Por otro lado, a mayor atenuación, menor riesgo de posibles coloraciones de sonido.

Configuración Algoritmo RACE:

Según los parámetros anteriormente señalados y después de varias pruebas, a continuación se presenta la calibración del algoritmo para la reproducción de la cuña publicitaria en el algoritmo RACE.

Ganancia	-	3.00	dB_{SPL}
Freq Corte		500Hz a 4Khz	
PingPong Delay			
Left	0,1	Milisegundos	
Right	0,1	Milisegundos	
Atenuación Recursiva	-	2.50	dB_{SPL}

5.5.4 Reproducción del sistema

Los dos ambiopulos deben estar ubicados entre 20 y 30 grados del oyente, esta angulación puede variar dentro de este rango y el usuario debe seleccionar el ángulo en que mejor percibe el sistema, de hecho la investigación de ambiofonía no sugiere un ángulo exacto del punto óptimo de escucha del sistema.

Para la reproducción del sistema en la sala acondicionada, el ángulo adecuado de escucha se calculó en 28 grados y la distancia es la misma entre el oyente y los altavoces.

Una forma sencilla para medir la angulación fue con un compás plástico que se extiende con un par de reglas. Se utilizaron hilos que se ajustaron al compás permitiendo señalar la dirección del ángulo seleccionado, es decir, los extremos de los hilos se ubicaron del centro del compás al centro de los altavoces. Mediante diversas pruebas esta metodología permitió fácilmente establecer el ángulo exacto de 28° en el mejor punto de escucha para la reproducción del sistema ambiofónico.

Como se muestra en la siguiente figura, en la parte frontal y trasera se ubicaron 2 ambiopulos a 28° grados del punto de escucha.

Fig.34. Panambiéfono, 4 canales de altavoces

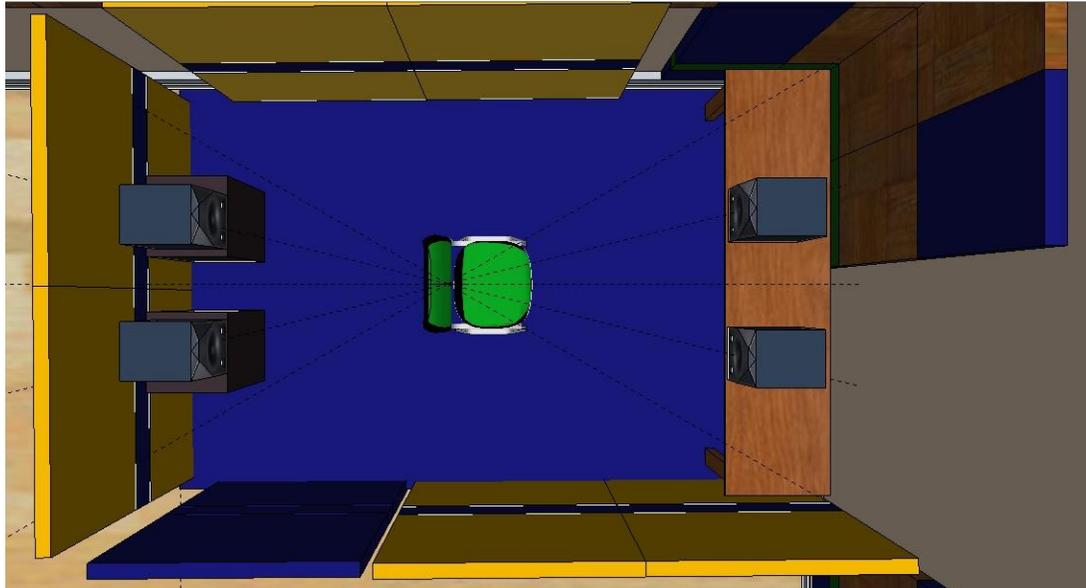


Imagen tomada de: Google Sketchup, elaboración propia, 2013

Por los altavoces frontales se envió la señal procesada por RACE de la mezcla general de la cuña publicitaria (música, voz y efectos) que proporciona un patrón espacial de 180° y por los altavoces posteriores se envió la convolución de la grabación de la orquesta filarmónica con una sala de conciertos, por medio del *VST Izotope Convolution Reverb* el software *Adobe Audition 3.0.(versión Demo)* El ambiopolo posterior proporciona un segundo patrón detrás del pabellón auricular muy diferente que se combina con el modelo frontal del mismo lado del pabellón incrementando la sensación y espacialidad, permitiendo que el cerebro pueda localizar con mayor facilidad la fuente.

Para la reproducción de los sistemas se utilizaron cuatro altavoces Adam A8X con una respuesta en frecuencia de 38 Hz a 50 kHz, una interfaz de audio M-Audio firewire410 enlazada con el software Pro Tools HD de la universidad de San Buenaventura.

5.6 Encuesta

5.6.1 Método de evaluación

El proceso de investigación llevado a cabo en el presente proyecto, conlleva a culminar los planteamientos respecto al objeto de estudio, siendo su propósito principal, corroborar de forma objetiva la hipótesis establecida.

Con el fin de obtener información de utilidad sobre valores específicos referidos a nuestro ejercicio práctico, se ha realizado un planteamiento basado en una técnica experimental consistente en una única exposición auditiva a cada uno de los sistemas de audio para posteriormente aplicar una encuesta y realizar su análisis mediante una prueba empírica.

5.6.2 Diseño experimental – Encuesta-

Antes de definir las variables y características del método de evaluación es importante definir los principios básicos para enmarcar las preguntas y objeto de la encuesta.

La encuesta aquí diseñada se utilizó como instrumento de medición tangible de los diferentes datos aportados por la muestra tras el ejercicio auditivo. El objetivo principal era obtener conclusiones relativas al sistema ambiofónico y estereofónico aplicado al mensaje publicitario. Se establecieron como datos de interés los relativos a hábitos, preferencias y conocimientos respecto al sistema ambiofónico y estereofónico; y como específicos los relativos al recuerdo del mensaje: tema, ciudad, fechas y los relativos a la percepción auditiva: naturalidad, profundidad, definición de centros y extremos, efectos y ambientes sonoros. También se consideró importante medir el nivel de impacto, llamada de atención, credibilidad, realismo, originalidad, facilidad de comprensión y grado de información.

El método experimental permite establecer una serie de aspectos o recomendaciones que facilitan el diseño de la encuesta, con el fin de no desenfocar su objetivo principal. Así, se buscó la máxima claridad en todas las preguntas, se evitaron preguntas largas que generaran confusión o múltiples respuestas sin desviarse de los objetivos del proyecto. Por ello la encuesta contiene exclusivamente aspectos directamente relacionados con el tema que se estudia: características del sistema ambiofónico y estereofónico y el impacto publicitario que cada uno de ellos genera sobre el oyente.

Se evitaron preguntas con doble significado para no generar posibles confusiones o desviaciones del objeto. Se buscó la máxima objetividad en el planteamiento de las preguntas con el fin de no incurrir en posibles asociaciones que pudiesen manipular la respuesta. Se consideró que la información contenida en las preguntas no debería posibilitar respuestas extensas que dificultaran el análisis, y se utilizaron preguntas cerradas y abiertas, para evaluar aspectos específicos de los sistemas y el impacto publicitario.

Finalmente bajo la técnica de muestreo aleatorio simple sin reposición³⁰ se estableció implementar tres encuestas a tres grupos de individuos con el fin de evaluar el impacto del sistema de audio con la publicidad.

³⁰ Manuel Vivanco, Muestreo estadístico. Diseño y aplicaciones, Capítulo 10:69, 2005

5.6.3 Variables

Las variables son aquellos fenómenos o sucesos que pueden ser medidos o modificados en el estudio. El objetivo de este proyecto es plantear distintas variables de mayor relevancia para el experimento por ser las que ayudan a corroborar el objeto de estudio. Las variables aquí establecidas se basan principalmente en la interpretación y el recuerdo espontáneo.

Según la escala de medición, las variables establecidas como *independientes* vendrían dadas por los dos tipos de sistemas de sonido, estéreo y ambiofónico, y las establecidas como dependientes serían las basadas en la interpretación de los resultados en la observación de aspectos como la sensorialidad y percepción resultante de la audición de los sistemas propuestos.

5.6.4 Muestra

El segmento de la población de interés sobre la que recae el objeto de estudio, es en este caso representada por un subgrupo de la población: estudiantes de la Universidad de San Buenaventura de Bogotá.

Cada estudio tiene un tamaño de muestreo idóneo, que permite comprobar lo que se pretende con la seguridad y precisión fijada por el estudio, el tipo de muestreo utilizado fue el muestreo aleatorio simple donde cada individuo perteneciente a la población universitaria tiene la misma probabilidad de ser seleccionado para la aplicación de la encuesta.

Considerando muestreo aleatorio sin reposición se dividió la muestra en tres subgrupos homogéneos, es decir, subgrupos que por sus características demográficas y ocupacionales son similares entre sí. De esta manera, la comparación entre los resultados de los subgrupos no estaría influenciada por la posible heterogeneidad de los mismos.

Para determinar el tamaño muestral del estudio se estableció lo siguiente:

$n =$ tamaño de la muestra

$\sigma =$ Desviación estándar de la población = 0,05 (Valor constante cuando se desconoce)

$Z =$ Valor obtenido mediante niveles de confianza = 95% = 1.96

$l =$ error que se prevé cometer = 20% = 0,2

$P/Q =$ probabilidad con la se presenta el fenómeno = 70% y 30%

$n = (Z^2 \cdot P \cdot Q) / l^2$

Ecuación 8: Tamaño de la muestra

$$n = \frac{(1,96^2 * 0,7 * 0,3)}{0,2^2} = 20,16$$

El tamaño de la muestra obtenida por subgrupo es de veinte personas, es decir para cada tipo de encuesta se tomara una muestra de veinte individuos, para un total de sesenta individuos.

5.7 Experimento cuantitativo y cualitativo

Por su metodología y planteamiento, el presente trabajo debe ser enmarcado en el método cualitativo, aunque posea rasgos cuantitativos. Cumple las características de estudio cualitativo, por fundamentar su estudio en las cualidades que el sistema ambiofónico otorga a la comunicación publicitaria. Sin embargo, al limitar las variables dependientes mediante la realización del estudio en espacios controlados como la encuesta, dicho estudio se encuadraría en el método cuantitativo.

Por intentar obtener la máxima información relativa al objeto propuesto y por generar datos a partir de una realidad concreta, no partiendo de generalidades, también puede ser calificado de cualitativo.

En definitiva, el presente trabajo experimental cumple con una particular mezcla de ambas metodologías para encontrar un conocimiento completo del estudio, y así acercarse a un resultado más óptimo y confiable.

5.8 Formato de encuesta

La encuesta está estructurada en tres partes diferentes. La primera parte recopila información general y de opinión de los encuestados sobre publicidad y sistemas de audio. La segunda parte evalúa aspectos de la publicidad y el mensaje como la etapa cognoscitiva y afectiva que nos permite evaluar el recuerdo, la comprensión del mensaje, la capacidad del anuncio para llamar la atención y el impacto que el estímulo publicitario es capaz de generar en los individuos y por último la tercera parte de la encuesta evalúa la percepción subjetiva de los sistemas de audio estereofónico y ambiofónico.

Como se estableció anteriormente en el muestreo, se diseñaron tres encuestas para tres subgrupos de veinte individuos. La primera encuesta está dirigida a los individuos expuestos al sistema de audio estereofónico, la segunda a los individuos expuestos al sistema de audio ambiofónico, ambas con el fin de poder determinar si existe o no un impacto o diferencia entre los dos sistemas y la

tercera encuesta está dirigida a los individuos expuestos a ambos sistemas para comparar y ratificar la información.

De acuerdo a lo anteriormente señalado las encuestas fueron diseñadas como se muestra en el anexo 2 , cada una acorde a cada sistema

6 ANÁLISIS DE DATOS

6.1.1 Tiempo de reverberación sin tratamiento acústico

Para verificar si el recinto cumplía con las características necesarias para la reproducción del sistema ambiofónico, se hizo la respectiva medición de tiempo de reverberación teniendo en cuenta las condiciones referidas en la norma ISO 3382:1997 que sugiere una distancia de un metro desde cualquier superficie a los puntos de medición con una posición de fuente, dos posiciones de micrófono y tres mediciones por posición como se muestra en la siguiente figura.

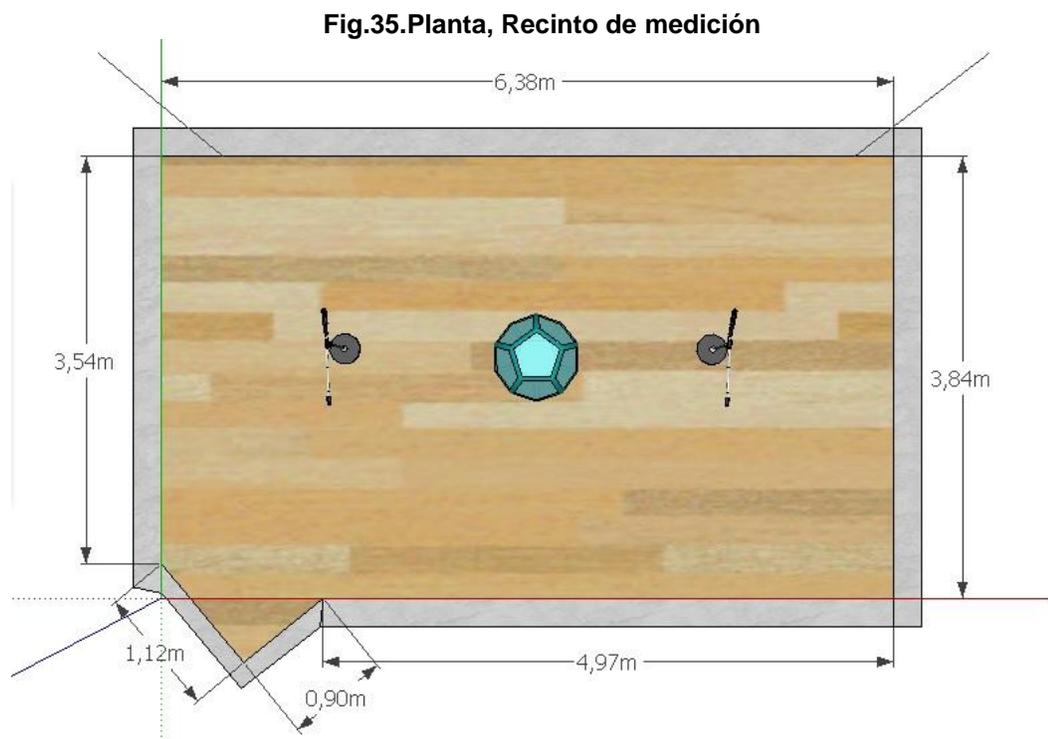


Imagen tomada de: Google Sketchup, elaboración propia, 2013

El lugar escogido para implementar el sistema Ambiofónico fue el estudio de la sala de grabación 5.1 de la Universidad de San Buenaventura el cual cumple con las características mínimas para ejecutar el sistema.

Fig.36. Vista cenital del recinto de medición

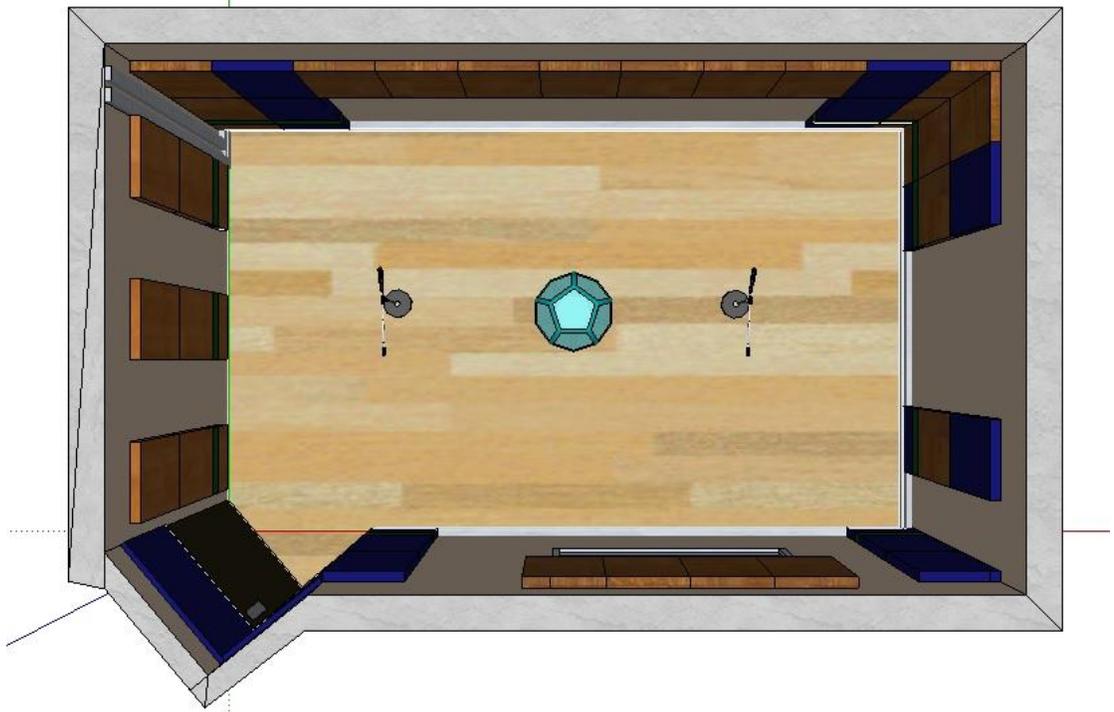


Imagen tomada de: Google Sketchup, elaboración propia, 2013

Fig.37. Vista lateral del recinto de medición



Imagen tomada de: Google Sketchup, elaboración propia, 2013

Como se muestra en la figura anterior el recinto tiene una forma rectangular con un volumen aproximado de 83,79m³. El piso es laminado en madera, las paredes son de concreto estucado y pintado con 30 paneles en madera y 32 paneles recubiertos en tela de 1m x 0,60m x 0,08m, una ventana doble de 2m x 1m, una puerta doble de madera maciza y canales de aluminio que cubren el cableado de las instalaciones eléctricas del recinto, el techo en concreto estucado y pintado con instalación de cielo raso para las luces y con 18 paneles de madera de 1m x 0,60m x 0,08m.

Durante la medición se implementó un dodecaedro01dB OMNI-12 como fuente omnidireccional, el micrófono de medición ECM8000, una interfaz de audio M-Audio FireWire 410, un sonómetro tipo 1Svantek y un barrido de frecuencia con tonos puros de 15 segundos de duración.

Para el análisis de datos se implementó el software Adobe Audition 3.0 con el Plug-in Aurora (Versión Demo) y se configuro el Tuser para calcular el RT60 requerido en la implementación del sistema ambiofónico.

La siguiente tabla presenta el RT60 de cada uno de los puntos de medición para la banda de frecuencia entre 31,5Hz y 16000Hz.

Tabla 7: Tabla de Tiempo de reverberación en los puntos de medición

	Freq. [Hz]	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	16.000	PROMEDIO
P1 M1	Tuser [s]	0,96	0,49	0,48	0,44	0,48	0,53	0,57	0,55	0,48	0,40	0,54
P1 M2	Tuser [s]	0,84	0,50	0,44	0,40	0,41	0,49	0,52	0,53	0,43	0,37	0,49
P1 M3	Tuser [s]	0,97	0,47	0,48	0,45	0,49	0,53	0,57	0,55	0,48	0,39	0,54
P2 M1	Tuser [s]	1,03	0,91	0,51	0,44	0,59	0,60	0,59	0,57	0,51	0,42	0,62
P2 M2	Tuser [s]	0,89	0,94	0,54	0,45	0,62	0,60	0,60	0,59	0,52	0,41	0,62
P2 M3	Tuser [s]	1,06	0,95	0,51	0,45	0,60	0,60	0,59	0,58	0,52	0,43	0,63

Promedio 0,57

Para obtener el Rt60 final se calculó el promedio aritmético tomando el valor medido de los tiempos de reverberación en cada una de las posiciones de fuente y micrófono obteniendo un RT60 de 0,6 segundos para las bandas de frecuencia de 31,5Hz a 16000Hz, lo cual indica que el tiempo de reverberación debe disminuir aproximadamente 0,3 segundos o acercarse en lo posible a 0,3 segundos para un comportamiento ideal en la reproducción del sistema ambiofónico.

Según la ISO 3382:1997 se puede hallar la desviación estándar para calcular el coeficiente de variación, es decir la medida de dispersión y porcentaje que indica cuanto pueden alejarse los valores respecto al promedio aritmético y así proporcionar una medida de la posición y la varianza espacial del tiempo de reverberación.

Ecuación 9: Desviación estándar

$$\sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

Ecuación 10: Coeficiente de variación

$$C_V = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Media: 0,57 segundos
 Varianza: 0,03 segundos
 Desviación Estándar: 0,17 milisegundos
 Coeficiente de Variación: 5,8%

Según los datos calculados el tiempo de reverberación hallado en la medición varía en un 5,8%, lo que indica que es un dato confiable, es decir aumenta o disminuye 0,0017décimas de segundo, un valor no muy relevante.

En general, una sala dedicada a la escucha ambiofónica debe ser preferiblemente seca con un tiempo de reverberación ideal de 0.3 segundos o menos. Esto no indica que en un recinto sin estas condiciones el sistema no funcione sino que preferiblemente estas especificaciones incrementan las cualidades del sistema.

Un comportamiento ideal sugiere un RT60 en cualquier banda de tercio de octava entre 250 y 4.000Hz, con una desviación promedio de menos del 25%³¹, lo cual garantiza que la energía de sonido reverberante en la habitación sea plana en todo el rango sensible del oído humano.

³¹ GLASGAL, Ralph. "Replacing Stereophonics to Achieve Concert-Hall Realism".Capítulo 5, Ambiphonics 2da edición.

6.1.2 Tiempo de reverberación del recinto tratado

Una vez hallado el tiempo de reverberación de 0,6 segundos en el recinto con condiciones iniciales, se utilizaron materiales absorbentes como paneles móviles acústicos de 1,20m x 1,80m x 0,07m, un tapete de lana de 4m x 2,40m x 0,01m, paneles fijos de madera recubiertos de tela de 1m x 0,60m x 0,08m y sillas tapizadas en un espacio de 4m x 2,40m con el fin de disminuir dicho tiempo a 0,3 segundos para un óptimo comportamiento del sistema ambiofónico, como se muestra en las siguientes figuras.

Fig.38. Medición del Recinto con acondicionamiento acústico



Imagen tomada de: Google Sketchup, elaboración propia, 2013

Fig.39. Acondicionamiento acústico del recinto



Imagen tomada de: Google Sketchup, elaboración propia, 2013

Teniendo en cuenta la norma ISO 3382:1997 se estableció una posición de fuente, una posición de micrófono y tres mediciones por posición teniendo en cuenta el tamaño del espacio acondicionado y las sugerencias de la norma.

Durante la medición se utilizó un dodecaedro 01dB OMNI-12 como fuente omnidireccional, un micrófono de medición ECM8000, una interfaz de audio M-Audio FireWire 410, un sonómetro Svantek tipo 1 y un barrido de frecuencia con tonos puros con 15 segundos de duración.

Para el análisis de datos se implementó el software Adobe Audition 3.0 con el Plug-in Aurora (Versión Demo), y se configuro el Tuser para calcular el RT60 obteniendo los resultados presentados.

La siguiente tabla presenta el RT60 de cada uno de los puntos de medición (P1M1,2,3) para la banda de frecuencia entre 31,5Hz y 16000Hz.

Tabla 8: Tabla de Tiempo de reverberación en los puntos de medición

	Freq. [Hz]	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	16.000	PROMEDIO
P1M1	Tuser [s]	0,58	0,60	0,31	0,28	0,25	0,29	0,31	0,30	0,28	0,27	0,35
P1M2	Tuser [s]	0,57	0,63	0,31	0,32	0,24	0,28	0,32	0,32	0,29	0,23	0,35
P1M3	Tuser [s]	0,60	0,61	0,38	0,37	0,25	0,29	0,33	0,32	0,28	0,22	0,36

Promedio 0,35

Para el resultado total de la medición se calculó el promedio aritmético de RT60 tomando el valor medido de los tiempos de reverberación individuales para cada una de las posiciones de fuente y micrófono, obteniendo un RT60 de 0,35 segundos para el espectro de frecuencia comprendido entre 31,5Hz y 16000Hz.

Disminuyendo el área e implementando diferentes materiales de absorción se consiguió disminuir el tiempo de reverberación de 0,60 a 0,35 segundos, lo cual se aproxima a las condiciones ideales para una óptima reproducción del sistema.

6.1.3 Tabulación y resultados

Para la medición y análisis de las encuestas, hemos aplicado un concepto basado en la relación de la preguntas en subgrupos que se categorizan de acuerdo a las mediciones objetivas de este estudio, como, las preguntas generales, que nos dan una idea general de la población encuestada, las preguntas de carácter cognoscitivo y afectivo que evalúa el recuerdo e impacto y por último las preguntas de evaluación subjetiva de los sistemas.

Se implementaron dos instrumentos de recolección para evaluar el impacto del uso del sistema ambiofónico, en varias variables de resultado. El primero de ellos consistió en aplicar una misma encuesta a dos de los subgrupos de la muestra, uno de ellos experimentó la publicidad a través del sistema ambiofónico mientras que el otro a través del sistema estereofónico. Este instrumento permitió detectar de manera independiente el impacto de cada uno de los sistemas en la percepción de los individuos sin inducir sesgos en las respuestas al haber escuchado los dos sistemas.

El segundo instrumento aplicó una encuesta al tercer subgrupo a quien se le expuso a los dos sistemas con el fin de detectar las diferencias percibidas a través de un cuestionario comparativo. El objetivo de este instrumento es ratificar y dar confiabilidad empírica a los resultados obtenidos con el primer instrumento, fortaleciendo las conclusiones.

Procedemos a continuación a mostrar los resultados individualizados, para posteriormente, desarrollar las oportunas conclusiones.

*** PRIMER INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE IMPACTO: SISTEMA ESTEREO Y SISTEMA AMBIOFONICO**

Los encuestados fueron expuestos al audio publicitario a través de un solo sistema de audio ya sea estéreo o ambiofónico sin la posibilidad de comparar entre ambos sistemas y con tan solo una oportunidad de escucha.

*** SEGUNDO INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE IMPACTO: COMPARACIÓN SISTEMA ESTEREO CON SISTEMA AMBIOFONICO**

Los encuestados fueron expuestos al audio publicitario a través de ambos sistemas de reproducción estéreo y ambiofónico con la posibilidad de comparar cada uno de los sistemas respectivamente.

PREGUNTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

Experimento realizado en Agosto 06, 07 y 08 de 2013

Edad: Entre 17 y 27 años

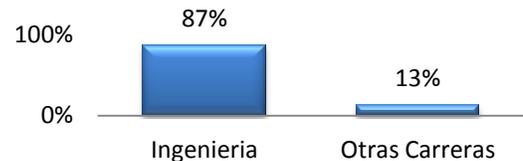
Sexo	PORCENTAJE
Masculino	80%
Femenino	20%

Distribucion de la poblacion por sexo



Facultad	Porcentaje
Ingeniería	87%
Otro	13%

Distribución de la poblacin por áreas de conocimiento

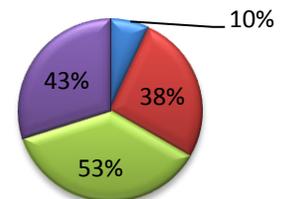


La población encuestada fue de 60 individuos, se caracteriza por ser homogénea respecto a su distribución por edades ya que esta en un rango de 10 entre 17 y 27 años; respecto a la distribución por sexo el 80% fueron hombre y el 20% restante mujeres la población que mas acudió al estudio fueron estudiantes de ingeriría en un 87% y estudiantes de otras facultades en un 13%.

1. Señale los lugares donde suele escuchar algún tipo de publicidad (televisión, radio...)

LUGAR	PORCENTAJE
En su trabajo	10%
En su auto	38%
En el transporte publico	53%
En su casa	43%

- En su trabajo
- En su auto
- En el transporte publico
- En su casa

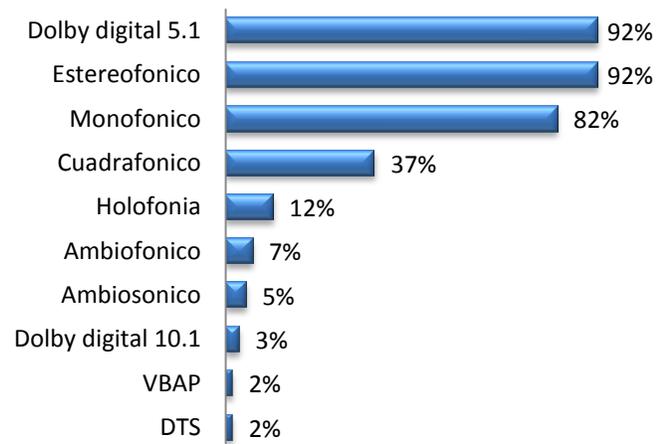


Se establecen como lugares de escucha habituales de pauta publicitaria el transporte público, el domicilio y el automóvil.

Debido a la exigencia del sistema ambiofónico que implica una ubicación específica del oyente para una óptima apreciación del sistema, la emisión de pauta publicitaria en el transporte público es un medio que posibilita su implementación debido a la disposición en fila de los asientos.

2. ¿Cuál de estos sistemas de sonido conoce?

SISTEMA	PORCENTAJE
DTS	2%
VBAP	2%
Dolby digital 10.1	3%
Ambiosonico	5%
Ambiofonico	7%
Holofonia	12%
Cuadrafonico	37%
Monofónico	82%
Estereofónico	92%
Dolby digital 5.1	92%



El conocimiento de los distintos sistemas de sonido por parte de la muestra, evidencia una total similitud con el 92% entre el formato estéreo y el Dolby digital 5.1.

3. ¿Conoce el sonido envolvente?

SI	95%
NO	5%



Del total de la muestra se evidencia que el 95% de la población dice conocer el sonido envolvente.

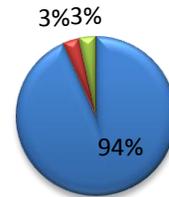
La pregunta número 2 y 3 aunque son simples preguntas, realmente no comprueban el alcance del conocimiento de estos sistemas de sonido que

proporcionan un entorno real, cuestión que no es primordial para la hipótesis de este estudio aunque es un aspecto sumatorio para el propósito del mismo.

4. En caso de conocer los sistemas de sonido envolvente considera usted que estos proporcionarían mejoras a la publicidad de audio actual?

SI	93,3%
NO	3,3%
NO SABE / NO RESPONDE	3,3%

■ SI ■ NO ■ NO SABE / NO RESPONDE

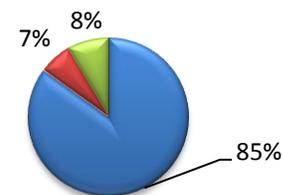


El 93% de la población consideran que la implementación de sonido envolvente proporcionaría mejoras a la publicidad, esto demuestra que la población tiene un punto de vista positivo del cambio de la emisión publicitaria estereofónica a la emisión publicitaria envolvente, aspecto positivo que incrementaría su aceptación con el público.

5. ¿Le gustaría recibir un mensaje publicitario por medio de algún tipo de reproducción especializada?

SI	85,0%
NO	6,7%
NO SABE / NO RESPONDE	8,3%

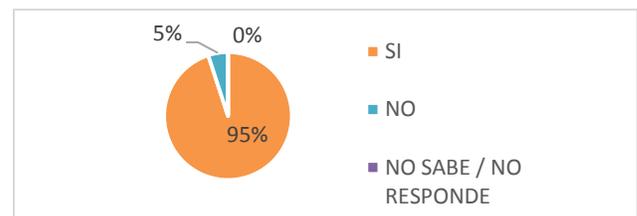
■ SI ■ NO ■ NO SABE / NO RESPONDE



Con un porcentaje del 85% la población declara su mayor predisposición a escuchar mensajes publicitario por medio de un tipo de reproducción especializada, esto puede interpretarse como un gesto de confianza hacia las posibilidades de transmitir pauta publicitaria con el sistema ambiofónico.

6. ¿Cree usted que si dispusiera de sonido envolvente, incrementaría su interés al escuchar cierto tipo de publicidad?

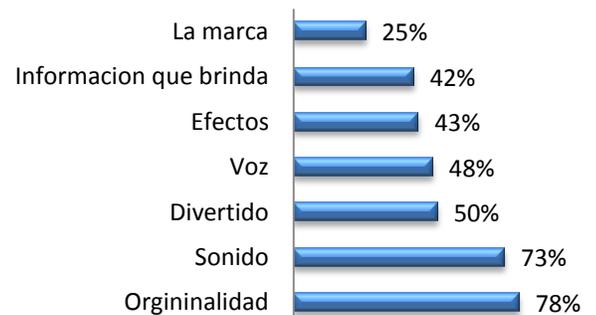
SI	95,0%
NO	5,0%
NO SABE / NO RESPONDE	0,0%



El 95% de la muestra considera que al implementar sonido envolvente al ámbito publicitario incrementaría su interés hacia la publicidad, esto demuestra que con un alto grado de aceptación la población estaría dispuesta a experimentar nuevas formas de escuchar mensajes publicitarios.

7. ¿Cuál de las siguientes características hacen que usted prefiera un anuncio publicitario?
8.

CARACTERISTICAS	PORCENTAJE
Sonido	73%
Efectos	43%
Voz	48%
Divertido	50%
La marca	25%
Originalidad	78%
Información que brinda	42%



El 78% de los encuestados prefiere un mensaje publicitario si este dispone de suficiente originalidad la cual radica básicamente en la creatividad del publicista para transmitir ideas innovadoras que brinden claridad al oyente sobre la diferencia de un producto o servicio en relación con otros que se encuentran en el mercado.

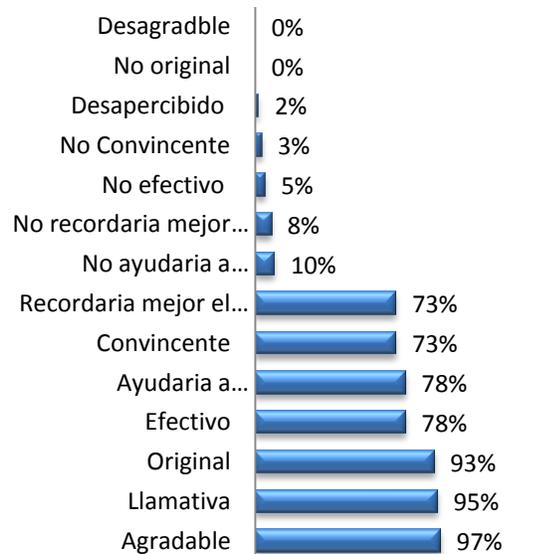
Es claro que la originalidad de los mensajes publicitarios y su creatividad constituyen el mayor reto para el publicista. Por lo general, los mensajes publicitarios impactantes son aquellos que logran salir de los modelos tradicionales por ser novedosos y con un contenido emocional capaz de persuadir al cliente de tal forma que el objetivo de la campaña se logre efectivamente.

Por otra parte, el 73% de los encuestados sugiere como característica importante en un mensaje publicitario el sonido. Así, el trabajo del sonido (efectos, música) en la publicidad debe captar la atención, despertar el interés, generar el deseo y conducir a la acción por parte del consumidor, fijando el recuerdo, siempre teniendo en cuenta con que propósitos y a que público va dirigido el mensaje publicitario.

8. ¿Cómo califica usted la implementación del sonido envolvente en la publicidad?

ASPECTOS CUALITATIVOS PORCENTAJE

Original	93%
Llamativa	95%
Efectivo	78%
Convincente	73%
Agradable	97%
Ayudaría a comprender el mensaje	78%
Recordaría mejor el mensaje	73%
No original	0%
Desapercibido	2%
No ayudaría a comprender el mensaje	10%
No efectivo	5%
No Convincente	3%
No recordaría mejor el mensaje	8%
Desagradable	0%



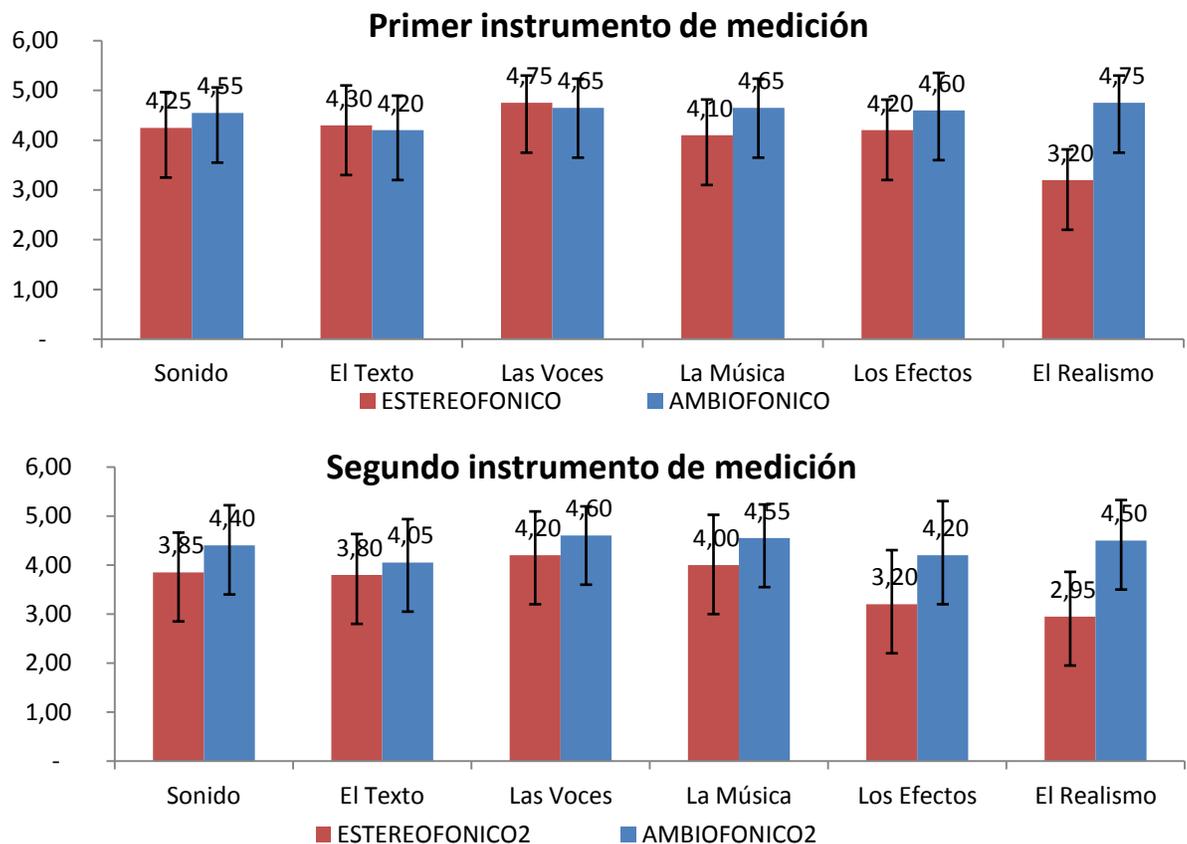
La población encuestada resalta que la implementación de sonido envolvente en la publicidad hace el anuncio más agradable en un 97%, más llamativo y original en un 95% y 93% respectivamente. Según los encuestados, estos sistemas son innovadores y por sus características sonoras hacen que el mensaje sea efectivo y convincente facilitando la comprensión y recuerdo del mismo.

PREGUNTAS DE CARÁCTER COGNITIVO Y EFECTIVO

9. Teniendo en cuenta las cuñas anteriormente escuchadas, califique de 1 a 5 los siguientes atributos.

ATRIBUTO	Primer Instrumento de medición				Segundo Instrumento de medición			
	ESTEREO	DESV	AMBIO	DESV2	ESTEREO2	DESV3	AMBIO	DESV32
Sonido	4,25	0,716	4,55	0,510	3,85	0,813	4,40	0,821
El Texto	4,30	0,801	4,20	0,696	3,80	0,834	4,05	0,887
Las Voces	4,75	0,550	4,65	0,587	4,20	0,894	4,60	0,598
La Música	4,10	0,718	4,65	0,587	4,00	1,026	4,55	0,686
Los Efectos	4,20	0,616	4,60	0,754	3,20	1,105	4,20	1,105
El Realismo	3,20	0,616	4,75	0,550	2,95	0,911	4,50	0,827

Grafica 6: Atributos de la cuña publicitaria



Para la muestra seleccionada los seis atributos sometidos a evaluación obtuvieron un puntaje mayor para el sistema ambiofonico.

En las preguntas de carácter cognitivo y efectivo en el primer instrumento de medición se observó que los promedios de calificación respecto a sonido, texto, voces y efectos tienen un comportamiento homogéneo a diferencia de los valores de calificación para el realismo; esto se pudo haber dado ya que los individuos no compararon ninguno de los sistemas dándole mayor puntuación a los atributos del sistema ambiofonico.

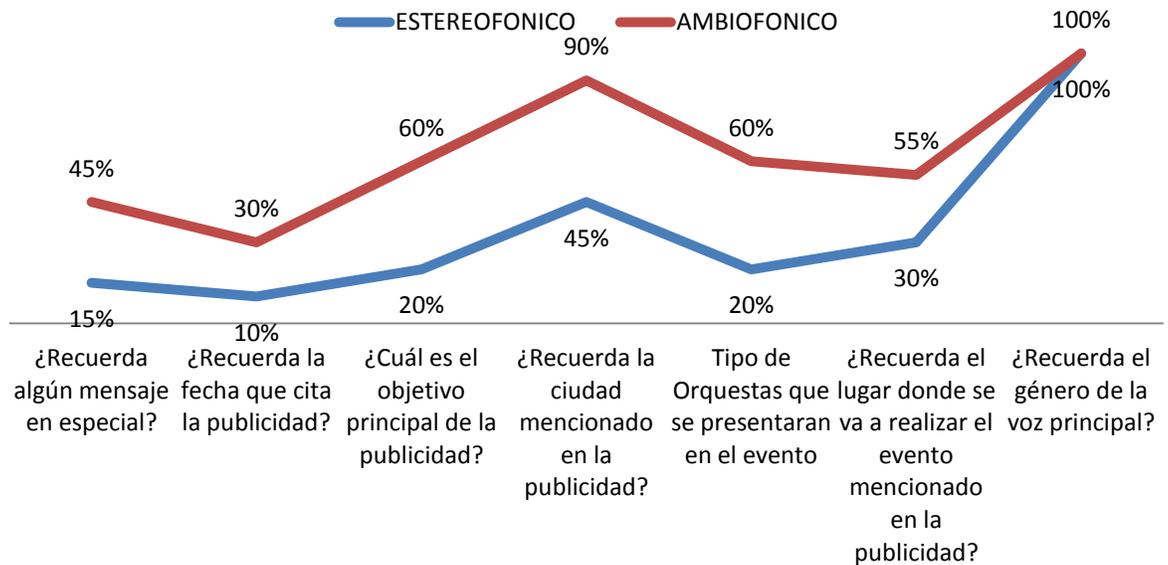
En el segundo instrumento de medición se observó que la desviación estándar es mayor, esto representa que al comprar los sistemas, los atributos correspondientes a sonido, efectos y realismo de la cuña sobresalen en el sistema ambiofonico, permitiendo identificar que en los sistemas no varían considerablemente el texto ni las voces.

La brecha de calificación más amplia frente al sistema estereofonico se concentró en el realismo, los efectos y la música.

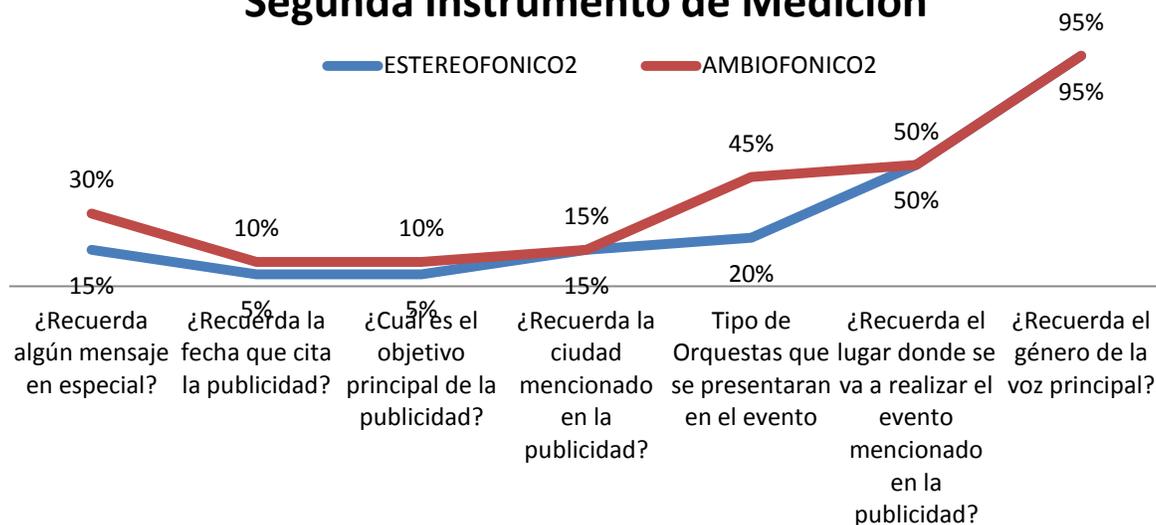
PREGUNTAS	Primer Instrumento de medición		Segundo Instrumento de medición	
	ESTEREOFONICO	AMBIOFONICO	ESTEREOFONICO2	AMBIOFONICO2
14 ¿Recuerda algún mensaje en especial?	15%	45%	15%	30%
15 ¿Recuerda la fecha que cita la publicidad?	10%	30%	5%	10%
16 ¿Cuál es el objetivo principal de la publicidad?	20%	60%	5%	10%
17 ¿Recuerda la ciudad mencionado en la publicidad?	45%	90%	15%	15%
19 Tipo de Orquestas que se presentaran en el evento	20%	60%	20%	45%
18 ¿Recuerda el lugar donde se va a realizar el evento mencionado en la publicidad?	30%	55%	50%	50%
13 ¿Recuerda el género de la voz principal?	100%	100%	95%	95%

Grafica 7: Evaluación de los aspectos recordados, primer y segundo instrumento de medición

Primer Instrumento de Medición



Segunda Instrumento de Medición



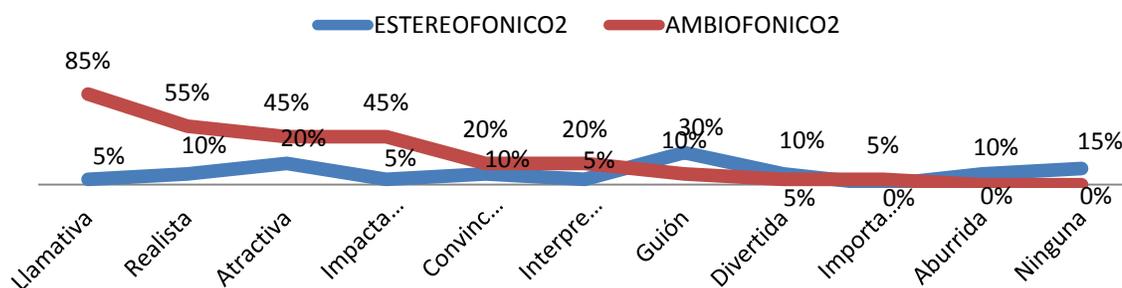
Con relación al recuerdo del mensaje publicitario, el primer instrumento de medición demostró que las personas recuerdan mejor el género de la voz principal, la ciudad y lugar del evento para el reproducción ambiofónica. Los demás aspectos también tienen porcentajes más altos en la reproducción ambiofónica para ambos instrumentos de medición respecto al sistema estéreo.

En el segundo instrumento de medición se evidencia un mayor porcentaje de recuerdo del tipo de orquesta que se presenta en el evento e información particular del anuncio publicitario para el sistema ambiofónico en comparación al sistema estéreo donde se presenta un menor porcentaje de recuerdo de dicha información.

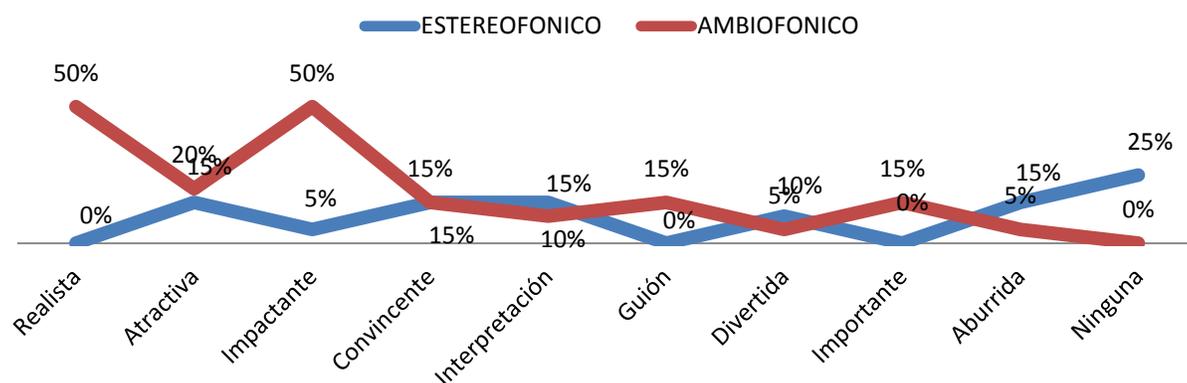
20. ¿Qué característica resalto más?

CARACTERÍSTICA	Primer Instrumento de medición		Segundo Instrumento de medición	
	ESTEREOFONICO 1	AMBIOFONICO 1	ESTEREOFONICO 2	AMBIOFONICO 2
Llamativa			5%	85%
Realista	0%	50%	10%	55%
Atractiva	15%	20%	20%	45%
Impactante	5%	50%	5%	45%
Convincente	15%	15%	10%	20%
Interpretación	15%	10%	5%	20%
Guión	0%	15%	30%	10%
Divertida	10%	5%	10%	5%
Importante	0%	15%	0%	5%
Aburrida	15%	5%	10%	0%
Ninguna	25%	0%	15%	0%

De la publicidad, ¿Qué características resaltaron mas? Segundo Instrumento de Medición



De la publicidad, ¿Qué características resaltaron mas? Primer Instrumento de Medición



En el primer instrumento de medición se presenta un bajo porcentaje en cuanto a las características de percepción del mensaje publicitario con el sistema estéreo respecto al sistema ambiofónico donde existe un alto porcentaje que sugiere que el mensaje es realista, impactante y en menor medida convincente, divertido e importante.

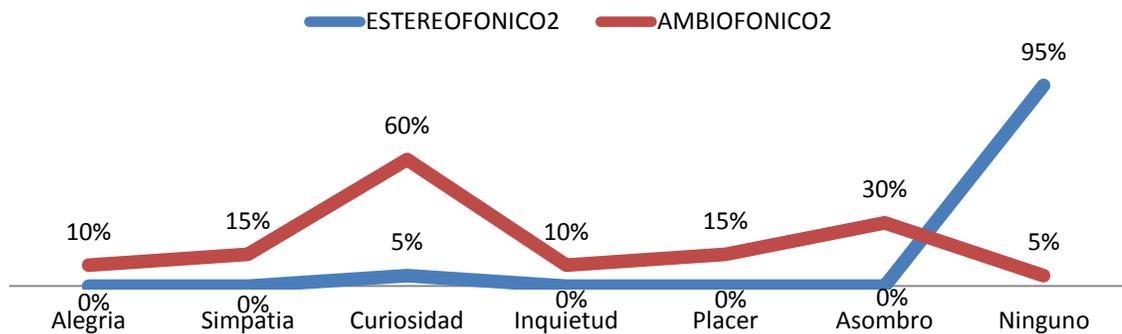
El segundo instrumento de medición corrobora esta información destacando características como el realismo y lo llamativo e impactante del mensaje publicitario en la reproducción ambiofónica.

En el sistema estéreo no se resaltan dichas características presentando un bajo porcentaje en ambos instrumentos de medición.

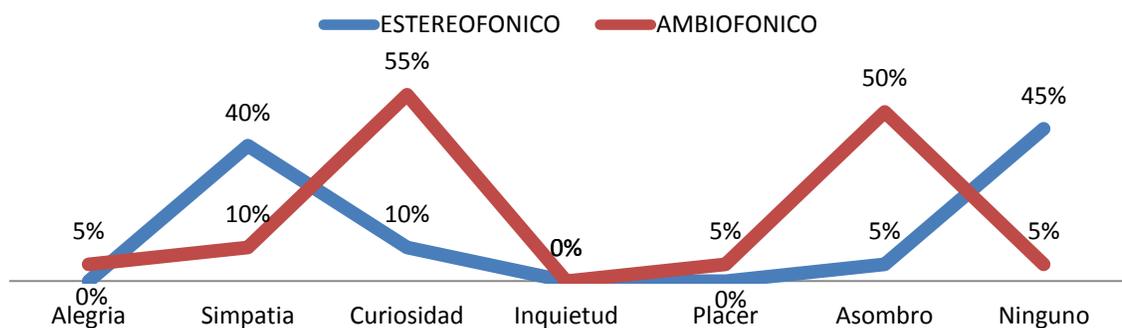
21. ¿Alguna de las cuñas publicitarias le produjo alguna sensación en especial?

SENSACION	Primer Instrumento de medición		Segundo Instrumento de medición	
	ESTEREOFONICO	AMBIOFONICO	ESTEREOFONICO2	AMBIOFONICO2
Alegría	0%	5%	0%	10%
Simpatía	40%	10%	0%	15%
Curiosidad	10%	55%	5%	60%
Inquietud	0%	0%	0%	10%
Placer	0%	5%	0%	15%
Asombro	5%	50%	0%	30%
Ninguno	45%	5%	95%	5%

**¿Alguna de las cuñas publicitarias le produjo alguna sensación en especial?
Segundo Instrumento de Medición**



**¿Alguna de las cuñas publicitarias le produjo alguna sensación en especial?
Primer Instrumento de Medición**



En la evaluación afectiva de los aspectos emocionales que produjo la cuña publicitaria se obtuvo que en el primer instrumento de medición resaltaron las siguientes emociones, en el sistema estereofónico el 45% de la población

encuestada no resalto ninguna emoción y el 40% evaluó la simpatía favorablemente; el porcentaje restante resalto la curiosidad y el asombro en menor medida. En el sistema ambiofónico la distribución de las emociones se centró en dos aspectos, curiosidad con el 55% y asombro con el 50%, en menor medida la simpatía y el placer.

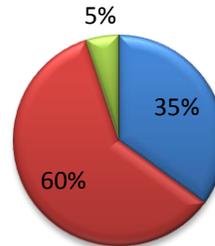
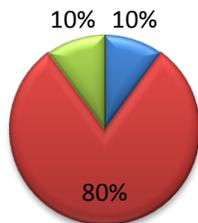
Para el segundo instrumento de medición, en el sistema estéreo solo un 5% resalto la curiosidad como aspecto emocional en la cuña publicitaria y el 95% restante no evaluó favorablemente los aspectos afectivos del sistema. Para el sistema ambiofónico el 90% de la población encuestada sintió curiosidad y asombro con un 60% y 30% respectivamente.

22. ¿Este anuncio lo hace desear asistir al evento?

Primer Instrumento de medición		Segundo Instrumento de medición	
ESTEREOFONICO	AMBIOFONICO	ESTEREOFONICO2	AMBIOFONICO2
10%	80%	35%	60%

■ ESTEREOFONICO ■ AMBIOFONICO ■ NINGUNA

■ ESTEREOFONICO2 ■ AMBIOFONICO2 ■ NINGUNA2



En ambos instrumentos de medición se corrobora que el sistema ambiofónico crea en los oyentes un mayor deseo de asistir al evento al momento de recibir el mensaje publicitario.

PREGUNTAS DE EVALUACION SUBJETIVA DE LOS SISTEMAS DE AUDIO

De las cuñas publicitarias cual le pareció más o mayor:

PREGUNTA	Primer Instrumento de medición		Segundo Instrumento de medición	
	ESTEREOFONICO	AMBIOFONICO	ESTEREOFONICO2	AMBIOFONICO2
23 IMPACTANTE REALISTA Y CONVINCENTE	5%	95%	20%	80%
24 AMPLITUD PLANO HORIZONTAL	90%	100%	20%	80%
14 HORIZONTAL	5%	95%	5%	95%

Primer instrumento de medición



Segundo instrumento de medición

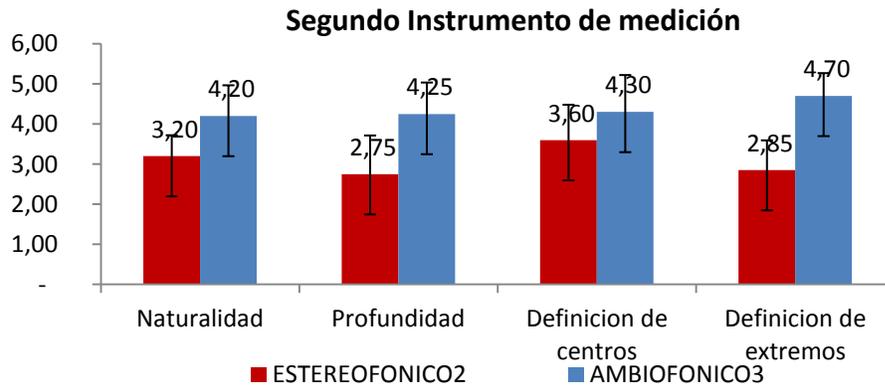
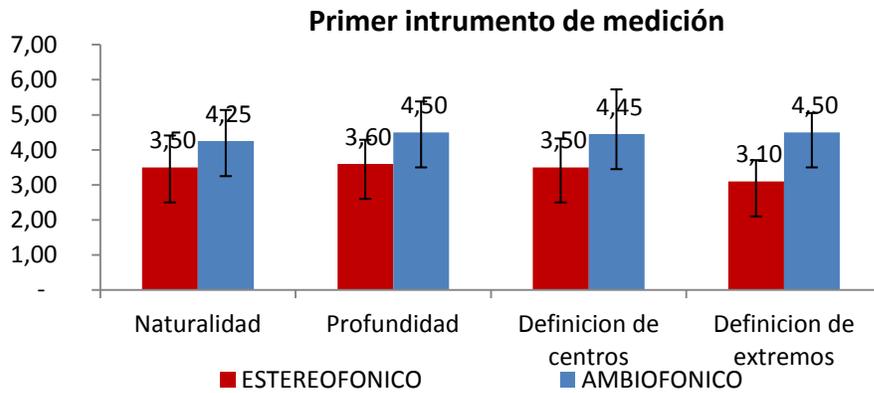


En la reproducción del mensaje publicitario con el sistema ambiofónico el 95% de la muestra sugiere una mayor amplitud en el plano horizontal y lo consideran impactante para ambos instrumentos de medición y el 5% de la muestra lo considera en el sistema estéreo.

En el diseño experimental se evidencio que en el primer instrumento de medición al no tener referencia de comparación se percibe la pauta publicitaria realista y convincente para ambos sistemas de audio y en el segundo instrumento de medición donde se comparan los dos sistemas, el sistema ambiofónico supera en un 60% al sistema estereofónico lo cual indica la diferencia contundente en este parámetro.

25. Califique de 1 a 5 las siguientes características

CARACTERÍSTICAS	Primer Instrumento de medición ESTE				Segundo Instrumento de medición ESTER			
	REO	DESV	AMBIO	DESV2	EO	DESV2	AMBIO	DESV2
Naturalidad	3,50	0,889	4,25	0,910	3,20	0,523	4,20	0,768
Profundidad	3,60	0,883	4,50	0,688	2,75	0,967	4,25	0,786
Definición de centros	3,50	1,277	4,45	0,826	3,60	0,883	4,30	0,923
Definición de extremos	3,10	0,553	4,50	0,607	2,85	0,745	4,70	0,571



En la evaluación subjetiva de las características de espacialidad de los sistemas, el sistema ambiofónico supero en todos los aspectos al sistema estéreo como se relaciona en la tabla anterior, existiendo mayor diferencia de resultados entre los dos sistemas en el segundo instrumento de medición.

26. Seleccione el grado de apertura horizontal que percibió en cada una de las reproducciones.

ANGULACION	Primer Instrumento de medición		Segundo Instrumento de medición	
	ESTEREOFONICO	AMBIOFONICO	ESTEREOFONICO2	AMBIOFONICO3
0°-60°	65%	5%	60%	0%
61°-100°	25%	0%	35%	0%
101°-180°	0%	70%	5%	45%
0°-360°	0%	25%	0%	55%

En el primer instrumento de medición el 65% de la muestra dice percibir un grado de apertura horizontal de 60° en el sistema estéreo lo cual se corrobora en el segundo instrumento de medición que arroja un porcentaje de 60% para el mismo grado de apertura horizontal.

En cuanto al sistema ambiofónico los resultados permiten concluir que gran parte de la muestra percibe un grado de apertura horizontal de 180° a 360° con el 70% para el primer instrumento y 55% en el segundo instrumento de medición.

27. De los siguientes recintos indique en cuál de ellos se sintió presente en cada una de las cuñas publicitarias

RECINTO	Primer Instrumento de medición		Segundo Instrumento de medición	
	ESTEREOFONICO	AMBIOFONICO	ESTEREOFONICO2	AMBIOFONICO3
Espacio libre	0%	0%	30%	20%
Recinto pequeño cerrado	80%	15%	25%	15%
Recinto grande cerrado	20%	85%	45%	65%

Al reconocer el lugar que simulaba cada sistema de reproducción, el primer instrumento de medición demostró que el 80% de quienes escucharon el sistema estéreo se situaron en un recinto pequeño cerrado en comparación al sistema ambiofónico en el cual el 85% de los encuestados se situaron en un recinto grande cerrado. En el segundo instrumento de medición la mayoría de los encuestados se situaron en un recinto grande cerrado en ambos sistemas de reproducción.

7 CONCLUSIONES

Después del análisis de los aspectos que constituyen el objetivo de este estudio, a continuación se presentan las conclusiones con el fin de validar la hipótesis. Se exponen las conclusiones generales y luego las relacionadas con el método de recolección de información, reforzando estas últimas la validez de las anteriores.

- Se implementó sonido 3D a través del sistema ambiofónico y como se muestra en el análisis de datos de los aspectos cognitivos y afectivos se demuestra que impacta de manera positiva al receptor generando nuevas experiencias que le facilitan recordar el mensaje publicitario, superando las limitaciones de espacialidad del sistema convencional estereofónico.
- Con base al diseño experimental, se diseñaron dos cuñas publicitarias equivalentes con pequeñas variaciones en el guión y en la mezcla que permitieron evaluar bajo los mismos parámetros los dos sistemas de audio, estereofónico y ambiofónico.
- Con base en la teoría ambiofónica se construyó un Ambiófono con dimensiones de 34cm x 51cm x 63.9 con una angulación de 152° horizontales y 150° verticales que permitió capturar el sonido directo y solo las reflexiones tempranas provenientes de la audiencia rechazando las reflexiones laterales y superiores en el punto de grabación de la Orquesta Filarmónica de Bogotá en el auditorio Leon de Greiff de la Universidad Nacional de Colombia.
- Una vez mezclada y procesada la grabación mediante el algoritmo RACE se demuestra mediante los resultados del experimento que se logró eliminar en mayor medida la diafonía acústica obteniendo realidad virtual, además se encontró que una mala configuración de RACE puede provocar el colapso central de la escena musical estéreo. Al no ser ajustable su efecto, RACE no modifica por igual la escena musical, independientemente de la grabación. Habrá grabaciones que logren una amplitud horizontal de 120° y habrá otras que no superen los 60° dependiendo del grado de apertura incorporado en la grabación.
- En la elaboración del montaje para la reproducción del sistema ambiofónico, se realizó el arreglo para los altavoces frontales con la señal procesada por RACE de la mezcla general de la cuña publicitaria (música, voz y efectos) que proporciono un patrón espacial de 180° y por los altavoces posteriores se envió la convolución de la grabación de la orquesta filarmónica de Bogotá con la respuesta al impulso de una sala de conciertos.

- En el desarrollo de este estudio, se adecuó el estudio de grabación 5.1 de la Universidad de San Buenaventura de Bogotá, obteniendo un tiempo de reverberación de 0,35 segundos, acercándose a las condiciones acústicas requeridas para una óptima reproducción del sistema ambiofónico.
- El análisis de datos resultante de la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad de San Buenaventura determinó que el sistema ambiofónico consigue una mayor estimulación sensorial gracias a su espacialidad, una mayor efectividad para captar la atención, un mayor impacto, recuperación y mejor integración perceptiva del mensaje. Gracias a su espacialidad, dota de mayor credibilidad al mensaje consiguiendo un mayor realismo y una mayor intensidad expresiva.
- La relevancia de estos resultados obtenidos se respalda por que el 73% de los encuestados establece que el sonido es una característica de alta importancia en un mensaje publicitario. Además, existe disposición de los encuestados a recibir publicidad a través de un sistema de audio especializado, al 85% de la población entrevistada le gustaría recibir un mensaje publicitario con estas características. Más del 90% de los mismos, consideran que la implementación de este tipo de sistemas proporcionaría mejoras a la publicidad existente, e incrementaría su interés hacia esta.
- Basados en los resultados obtenidos del primer instrumento de medición, se comprueba que el sistema ambiofónico, al compararse con el sistema estereofónico, eleva en promedio 28,5 puntos porcentuales la recordación del mensaje publicitario, En particular, elementos como fechas, objetivos, lugares y protagonistas. Para el segundo instrumento de medición, el sistema ambiofónico elevó el promedio de recordación del mensaje en 7,1 puntos porcentuales. Este resultado puede estar influenciado, por el hecho de que los individuos fueron expuestos al mensaje publicitario en dos ocasiones.
- El estudio sugiere, que la recordación del mensaje a través del sistema ambiofónico, mejora porque el 50% de los individuos lo encuentran realista e impactante, mientras que para el sistema estereofónico, la población afirmó no parecerle realista y solo un 5% lo evaluó como impactante. Resultado que puede estar influenciado por la percepción de mayor amplitud en el plano horizontal y espacialidad. El 95% de la muestra reportó percibir una mayor amplitud en el plano horizontal en el sistema ambiofónico, este mismo porcentaje fue del 5% para el sistema estereofónico.
- El 65% de la muestra expuesta al sistema estereofónico percibe un grado de apertura horizontal de entre 0° y 60°. Mientras que el 70% de los

individuos expuestos al sistema ambiofónico percibieron un grado de apertura horizontal entre 101° y 180°.

- Al evaluar las características sonoras de los sistemas de audio, los resultados del primer instrumento de medición concluyen que, al evaluarse en una escala de uno a cinco, la profundidad percibida en el sistema ambiofónico supera en 0,9 puntos al sistema estereofónico, la definición de centros lo hace en 0,95, la definición de extremos en 1,4 y la naturalidad en 0,75 puntos.
- El sistema ambiofónico que se implementó proporciona un espacio sonoro de hasta 360°, lo que proporciona al oyente un acercamiento a un entorno real con múltiples ejes de acción y localizaciones. A su vez permite acciones independientes y simultáneas desde el punto de escucha con una óptima recreación del espacio sonoro, ya que al atenuar los cruces acústicos, se impide la formación de señales ILD () e ITD relacionadas con la posición de las fuentes sonoras reales dando lugar a escenas sonoras de amplitudes mayores que las proporcionadas por el estéreo convencional llegando hasta 360° de cobertura.
- El sistema ambiofónico representa una solución creativa capaz de dotar al mensaje publicitario de cualidades que permiten situar al oyente en entornos sonoros más reales reforzando el sentido de espacio y su localización, además facilita la estructuración del mensaje, su claridad, concreción y su mayor comprensión.
- El mensaje publicitario reproducido en el sistema ambiofónico supero en todos los aspectos de naturalidad, profundidad, definición de centros y extremos frente al sistema estereofónico, alejándose este, de trasladar a sus contenidos la naturalidad de nuestro entorno sonoro cotidiano. Se desaprovechan tecnologías como el sistema ambiofónico capaz de captar las sensaciones de los entornos sonoros para utilizarlas como refuerzo expresivo y generar un mayor grado de identificación que facilita la estructuración del mensaje y la recuperación de la información.
- Aunque el impacto de un mensaje publicitario con el sistema ambiofónico es mayor que en el sistema estéreo como se demostró en los resultados experimentales, en ocasiones la atención del oyente podría centrarse más en las características sonoras que ofrece el sistema por su innovación que el contenido del mensaje en sí.
- Los distintos avances tecnológicos adoptados para medios publicitarios y entretenimiento a lo largo del tiempo, han significado mejoras en su

capacidad de expresión. En este sentido, el presente es propicio para que el sistema ambiofónico se implemente en la construcción y emisión de los mensajes publicitarios.

- Como conclusión final se valida la hipótesis planteada, siendo demostrado que el mensaje impacta en mayor medida en el receptor generando nuevas experiencias en la percepción del sonido, si es construido con el sistema ambiofónico en lugar del sistema estereofónico convencional.

8 RECOMENDACIONES

- En la grabación ambiofónica la distancia entre el ambiófono y las se debe incrementar dependiendo de la amplitud del eje horizontal que se desee capturar. Se debe tener como punto de referencia los 152° de captura directa del ambiófono para un correcto posicionamiento de este en la audiencia con el fin de que capture todos las fuentes provenientes del escenario.
- La posición del ambiófono en la captura del material debe estar ubicado entre la primera y quinta fila dependiendo del grado de apertura que desee grabar del escenario, ya que en una posición diferente podrían presentarse capturas no deseadas, como el publico o reflexiones que provengan de un mal acondicionamiento acústico del recinto.
- En la reproducción ambiofónica el punto óptimo de escucha es bastante reducido pero siguiendo las recomendaciones que la técnica de grabación y reproducción sugieren (un diseño apropiado del ambiófono, una buena captura, una adecuada calibración del algoritmo RACE y un correcto acondicionamiento acústico del recinto de reproducción) se pueden obtener los resultados esperados.
La sensación de “estar ahí presente” aunque se evidencia por lo menos en gran parte del campo sonoro y con todo tipo de material, es mayor en cuanto más se acerque a dichas recomendaciones.
- La ubicación de los altavoces con grados de 20° a 30° entre sí, mejora la distorsión del filtro de peine lo cual permite mejorar la focalización central y la definición de extremos.
- Un sistema novedoso que puede representar un cambio significativo para el sector publicitario, puede generar dudas en aquellas personas reticentes a los avances tecnológicos y su aplicación práctica. Sin embargo, toda mente creativa y abierta a los progresos no debe sentirse limitada por la constante evolución de los sistemas, sino al contrario, debería valorarlos constructivamente al servicio del desarrollo creativo.

9 BIBLIOGRAFIA

- Ambiophonics The Science of domestic concert hall design",[en línea]. Disponible en la Web: <http://www.ambiophonics.org/>
- Angelo Farina, Ralph Glasgal, Enrico Armelloni, Anders Torger. 2001. Ambiophonic Principles for the Recording and Reproduction of Surround Sound for Music. Ambiophonic Institute.
- Ralph Glasgal. 2001. Pure Stereo vs. Ambiophonics (Quoted from the 3D lab website at Princeton University-with comments by Ralph Glasgal). Ambiophonic Institute
- GLASGAL, Ralph. Ambiophonics 2nd edition. 2001
- GLASGAL Ralph, Surround Ambiophonics recording and reproduction, Junio 2003
- Ralph Glasgal. 2007. 360° Localization via 4.x RACE Processing. Audio Engineering Society.
- Ralph Glasgal, Achieving Physiological Realism in Music Recording and Reproduction, Ambiophonics Institute, 4 Piermont Road Rockleigh, New Jersey 07647 USA
- Ralph Glasgal and Robin Miller, True-To-Life Sound Reproduction Using Recursive Ambiophonic Crosstalk Elimination Julio 2011
- Chistian Camilo Cabezas. 2009. Implementación y análisis de un sistema ambiofónico a partir del procesador RACE. Tesis de pregrado. Facultad de ingeniería, Universidad de San Buenaventura, Bogotá.
- LEVENTHAL Les, GLASGAL Ralph, Understanding and Installing an Ambiophonic System, Enero 2009
- MALHAM David, MYATT Anthony, 3D Sound spatialization using Ambisonic Techniques, 1995
- NICOL Rozenn, EMERIT Marc, 3D Sound reproduction over an extensive listening area: A hybrid method derived from holophony and ambisonic, AES 16th International Conference
- BO-KUG Seo, IL-HYUN Ryu, HYUNG-TAI Cha, Implementation of 3D sound using grouped HRTF, Agosto 2008
- KEELE JR, Don B. "The effects of interaural crosstalk on stereo reproduction and minimizing interaural crosstalk in nearfield monitoring by the use of a physical barrier".1986.p.8-9
- OLVERA Jorge, Archivo de Instituto Tecnológico y de estudios Superiores de Monterrey, Convolución
- "Acústica Capítulo 4, Acústica Arquitectónica",[en línea].Disponible en la Web:<http://proaudio.com.es/documentacion-tecnica-apuntes/acustica-capitulo-4-acustica-arquitectonica/>
- LEON Angel, SENDRA Jose, NAVARRO Jaime, GARCIA Teofilo. ACUSTICA Y REHABILITACION EN TEATROS DE ANDALUCIA, 2007
- A. Beerli y J.D Marti, Técnicas de medición de la eficacia publicitaria, enero 1999.

- Torres Marcela, Slasar G, Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. 2010
- M. Leticia Esther Pineda Ayala. “ probabilidad y estadística”, pág. 78
- ISO 3382-2:2008. Acoustics -- Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.
- Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, Resolución 415 de 2010, capítulo III
- Poston, Alan “Human Engineering Design Data”. 2009
- Miller, Robert “System and method for compatible 2D/3D (full sphere with height) surround sound reproduction”. 2009
- Ruiz Vargas, psicología de la memoria, 1994:32
- Contrasting ITU 5.1 and Panor-ambiophonic 4.1 Surround Sound Recording Using OCT and Sphere Microphones,” Proceedings of AES 12nd International Convention, Munich, Germany 2002

10 ANEXOS

Anexo 1 Barrera acústica para cancelar la diafonía acústica, Imagen tomada D. B. Keele Jr, the effects of interaural crosstalk 2420-a on stereo reproduction and minimizing interaural crosstalk in nearfield monitoring by the use of a physical barrier.



Anexo 2 Encuesta Comparativa. Elaboración propia

N	PREGUNTA
o	EDAD
	FEMENINO
	MASCULINO
	CORREO ELECTRONICO
	SONIDO
	AERONAUTICA
	MECATRONICA
	ELECTRONICA
	EDUCACION
	PROFESOR
	OTRO
1	Señale en orden de preferencia los lugares donde suele escuchar algún tipo de publicidad (televisión, radio...)
	En su trabajo
	En su auto
	En el transporte publico
	En su casa
2	¿Cuál de estos sistemas de sonido conoce?
	Monofónico
	Estereofónico

Ambiosonico
Ambiofónico
Cuadrafónico
Dolby digital 5.1
Otro
3 De los sistemas que conoce,
¿Cuál cree usted que es el que genera mayor realismo?
¿Cuál?
Ninguno
4 En caso de conocer los sistemas de sonido envolvente ¿considera usted que estos
proporcionarían mejoras a la publicidad de audio actual?
SI
NO
NO SABE / NO RESPONDE
¿Le gustaría recibir un mensaje publicitario por medio de
5 algún tipo de reproducción especializada?
SI
NO
DEPENDE DEL CONTENIDO
Cuál de las siguientes características hacen que usted
6 prefiera un anuncio publicitario
Sonido
Efectos
Voz
Divertido
La marca
Originalidad
Información que brinda
¿Cree usted que si dispusiera de sonido envolvente, incrementaría su interés al escuchar
7 cierto tipo de publicidad?
Si
No
8 ¿Cómo califica usted la implementación del sonido envolvente en la publicidad?
Original
No original
No sabe, no responde
Creíble
No creíble
No sabe, no responde
Llamativa
Desapercibido
No sabe, no responde
Ayuda a comprender el mensaje

No ayuda a comprender el mensaje
No sabe, no responde
Efectivo
No efectivo
No sabe, no responde
Convincente
No Convincente
No sabe, no responde
Recordaría mejor el mensaje
No recordaría mejor el mensaje
No sabe, no responde
Agradable
Desagradable
No sabe, no responde
Teniendo en cuenta las cuñas anteriormente escuchadas, 9 califique de 1 a 5 los siguientes atributos
Primera Versión
Sonido
El Te1to
Las Voces
La Música
Los Efectos
El Realismo
Otro
Segunda Versión
Sonido
El Te1to
Las Voces
La Música
Los Efectos
El Realismo
Otro
10 ¿Recuerda el género de la voz principal?
Femenino
Masculino
11 ¿Recuerda algún mensaje en especial?
Primera Versión
Segunda Versión
Ninguno
12 ¿Recuerda la fecha que cita la publicidad?
Primera Versión
Segunda Versión
Ninguno

13	¿Cuál es el objetivo principal de la publicidad?
	Primera Versión
	Segunda Versión
	Ninguno
14	¿Recuerda el lugar mencionado en la publicidad?
	Primera Versión
	Segunda Versión
	Ninguno
15	De las cuñas publicitarias, ¿Cual le pareció más llamativa?
	Primera Versión
	Segunda Versión
	Ninguno
16	En las dos publicidades, ¿Qué característica resalto más?
	Primera Versión
	Realista
	Importante
	Divertida
	Atractiva
	Aburrida
	Convincente
	Mensaje
	Interpretación
	Impactante
	Otra
	Ninguna
	Segunda Versión
	Realista
	Importante
	Divertida
	Atractiva
	Aburrida
	Convincente
	Mensaje
	Interpretación
	Impactante
	Otra
	Ninguna
17	¿Recuerda alguna marca, producto, mensaje, dato, teléfono, lugar, fecha, nombre, canción o algún otro elemento de la cuña publicitaria?
	por favor cítelos en el orden que los recordó
	Primera Versión
	1

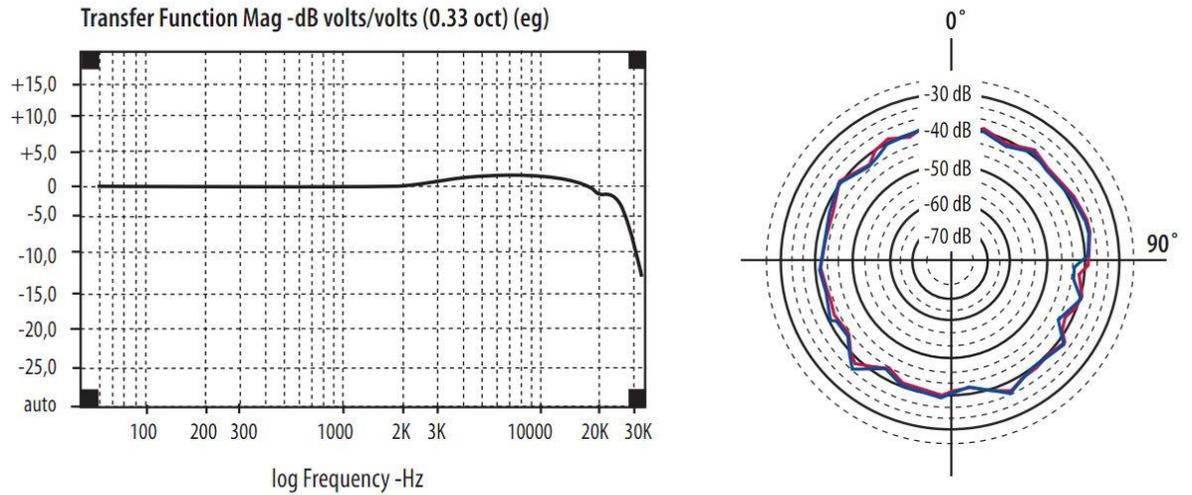
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
Segunda Versión	
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
18 ¿Alguna de las cuñas publicitarias le produjo alguna sensación en especial?	
Primera Versión	
Segunda Versión	
¿Cuál?	
Alegría	
Simpatía	
Curiosidad	
Inquietud	
Placer	
Asombro	
Resignación	
Otro	
19 ¿Cuál cuña publicitaria cree usted que es más apta para atraer más público?	
Primera Versión	
Segunda Versión	
Ninguna	
20 ¿Este anuncio lo hace desear asistir al evento?	
Primera Versión	
Segunda Versión	
Ninguna	
21 ¿Este anuncio lo deja indiferente?	
Primera Versión	

	Segunda Versión
	Ninguna
22	De las cuñas publicitarias escuchadas, ¿cuál le ha parecido más impactante?
	Primera Versión
	Segunda Versión
	Ninguna
23	De las cuñas publicitarias escuchadas, ¿cuál le ha resultado más realista y convincente por sus características sonoras?
	Primera Versión
	Segunda Versión
	Ninguna
24	De las cuñas publicitarias escuchadas, en cual versión considera usted que e1iste una imagen sonora más amplia en el plano horizontal?
	Primera Versión
	Segunda Versión
	Ninguna
25	Según las cuñas publicitarias escuchadas, califique de 1 a 5 las siguientes características
	Primera Versión
	Naturalidad
	Profundidad
	Definición de centros
	Definición de extremos
	Segunda Versión
	Naturalidad
	Profundidad
	Definición de centros
	Definición de extremos
26	Seleccione el grado de apertura horizontal que percibió en cada una de las reproducciones.
	Primera versión
	Segunda versión
27	De los siguientes recintos indique en cuál de ellos se sintió presente en cada una de las cuñas publicitarias
	Primera Versión
	Espacio libre
	Recinto pequeño cerrado
	Recinto grande cerrado
	Otro
	Ninguna de las anteriores
	Segunda versión
	Espacio libre
	Recinto pequeño cerrado
	Recinto grande cerrado

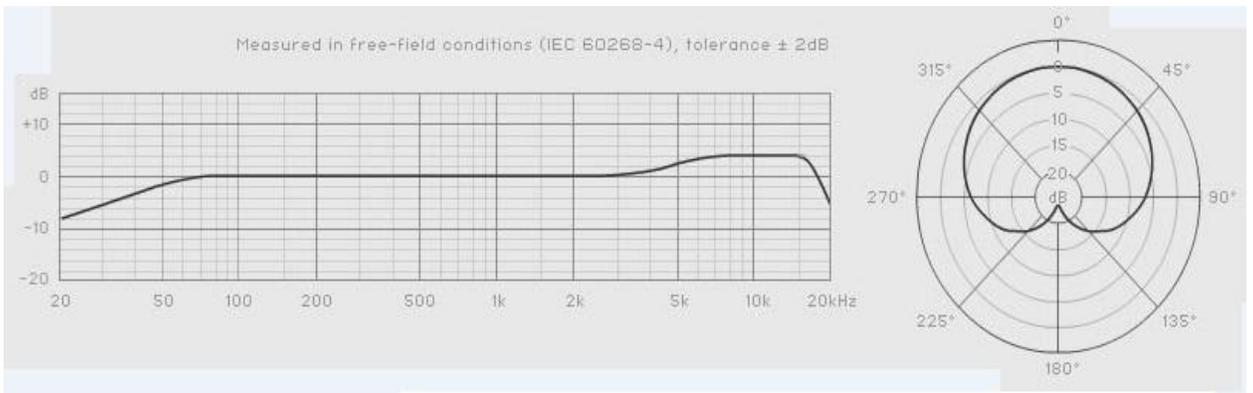
Otro

Ninguna de las anteriores

Anexo 3: Respuesta en frecuencia y patrón polar Micrófono ECM 8000



Anexo 4: Respuesta en frecuencia y patrón polar Micrófono Neumann TLM 103



Anexo 5: Construcción del ambiófono



