

34. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE SONIDO ENVOLVENTE DENOMINADO *OCTOSON* - (PATENTE ESPAÑOLA)

Manuel Sánchez Cid (Universidad Rey Juan Carlos -España-)

Anto J. Benítez (Universidad Carlos III de Madrid -España-)

Alberto L. García García (Universidad Complutense de Madrid -España-)

Manuel Armenteros Gallardo (Universidad Carlos III de Madrid -España-)

I. INTRODUCCIÓN

La continua evolución tecnológica en el campo del sonido ha logrado que los medios audiovisuales posibiliten la generación de entornos sonoros envolventes con ubicación espacial de fuentes sonoras en uno y dos planos. En la mayoría de los medios se sigue utilizando el concepto de un único plano o plano horizontal, cuya estandarización hace referencia principalmente a los sistemas monofónico, estereofónico y envolventes 5.1 y 7.1. Por su parte, el concepto de doble plano (horizontal y vertical) resulta todavía de uso casi exclusivo en el medio cinematográfico, aunque tímidamente se está dando un intento de incursión en el medio televisivo junto a algunas difusiones experimentales en la radio universitaria, como es el caso de RADIO URJC¹. Entre los sistemas de codificación de doble plano valorados como estándar, se pueden citar algunos como el Dolby ATMOS en sus versiones para sala cinematográfica y entorno doméstico, el DTS X, y en un menor nivel de distribución comercial, el sistema 3D de AURO

¹ RADIO URJC, mediante la dirección del grupo de investigación GISECOM, ha sido la primera radio española en difundir contenidos tanto con sonido envolvente en un solo plano en formato 5.1 (curso 2010-2011), como con sonido en dos planos en formato ATMOS (Mayo de 2017). Para mayor información se ruega consultar los siguientes enlaces:
<https://www.instalia.eu/2017/05/15/radio-urjc-la-primera-radio-espanola-difundir-contenidos-sonido-envolvente-dos-planos/>
<https://online.urjc.es/es/radio-urjc-noticias/item/337-radio-urjc-la-primera-radio-espanola-en-difundir-contenidos-con-sonido-envolvente-en-dos-planos>

Technologies. A su vez, es oportuno aclarar que existen otros sistemas valorados incluso como más eficaces, como es el caso de Wave Field Synthesis², pero su limitada comercialización le genera un menor valor a efectos del análisis del proceso evolutivo.

El concepto de espacialidad sonora se da en los sistemas³ estereofónico y envolvente, teniéndose en cuenta en todas las etapas del proceso de producción. No obstante, dependiendo del medio y del género, se utilizará más en unos procesos que en otros, otorgándosele mayor importancia de forma genérica en las mezclas y en la distribución de la señal, entendida esta última como exhibición, transmisión y soporte para consumo. Esto suele llevar asociado un menor conocimiento respecto a la utilidad de los sistemas envolventes en los procesos de captación microfónica (ya sea en directo o grabado), primándose en esencia los conceptos de captación sonora en mono y estéreo. En este sentido y dependiendo a su vez del tipo de producción que se vaya a acometer, se podrán utilizar técnicas de captación monofónicas, estereofónicas y envolventes, dándose en los dos últimos casos la posibilidad de emplear sistemas de intensidad y de fase⁴, así como una utilización compartida de ambos. Pero aún siendo la captación o toma de sonido una parte importante en la construcción de un contenido audiovisual, la utilización a tal fin de sistemas y tecnologías envolventes es muy reducida, quedando limitado su uso a entornos profesionales, principalmente destinados a producciones musicales orquestadas, a deportes y a la toma de ambientes sonoros.

En lo relativo a la investigación y desarrollo específico de sistemas microfónicos para captación de sonido envolvente, se puede decir que existe un minoritario grupo de expertos y profesionales, así como algunas instituciones concernidas, que ahondan en las necesidades comunicativas asociadas al diseño de elementos destinados al desarrollo del sonido inmersivo, dando como resultado una serie de tecnologías que han ayudado de forma significativa a la mejora del audio desde esta perspectiva. En este

² WFS reconstruye físicamente el campo sonoro, emulando a la naturaleza, como frentes de onda según el principio de Huygens. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ast/25/6/25_6_393/_article

³ En el sistema monofónico no existe el concepto de espacialidad lateralizada, pero se puede lograr que una fuente sonora adquiera sensación de profundidad en el eje frontal.

⁴ Las principales diferencias entre las técnicas microfónicas de captación en fase e intensidad estriban en el número y distribución de los elementos captadores, así como en la relación espacial y la correspondiente correlación temporal de la señal sonora entre los puntos de captación.

sentido y a pesar de ser un campo de investigación extremadamente reducido y focalizado, tanto por parte del grupo GISECOM⁵ como por parte de los autores que suscriben, desde hace más de tres décadas se viene desarrollando una labor de investigación y divulgación de las propiedades y necesidades del sonido en la comunicación audiovisual, valorando especialmente el sonido envolvente como parte activa en la construcción del mensaje por sus formidables capacidades a niveles narrativo, expresivo y creativo. Para ello, mediante diferentes estudios y aportaciones de carácter tanto teórico como experimental, las partes anteriormente citadas vienen demostrando que la tecnología es un elemento absolutamente imprescindible en el logro de dicho objetivo. Labor investigadora que ha profundizado en el estudio, análisis e invención de diferentes tecnologías destinadas a la captación y procesado del sonido.

La investigación y desarrollo de esta tipología de sistemas suele vincularse a centros de investigación asociados a grandes estructuras empresariales y medios de comunicación, pero en el presente caso se aporta un sistema diseñado, desarrollado y patentado por profesores de Ciencias de la Comunicación con un dilatado bagaje profesional y académico en el campo audiovisual. El desarrollo se debió a una inquietud académico-profesional, al buscar una solución que pudiera igualar o mejorar las posibilidades comunicativas de los sistemas existentes y que a su vez permitiera una argumentación aplicada en la docencia impartida. Para ello se diseñó un *array* multimicrofónico destinado a la captación de sonido en el plano horizontal. El objetivo era lograr de la forma más real posible la espacialidad sonora circundante al punto de captación en un entorno de 360°. Esta invención denominada OCTOSON y cuyo nombre atiende a sus ocho puntos de captación de sonido, fue probada en numerosos entornos de distinta índole, como deportes, ficción, pequeñas, medias y grandes estructuras orquestales, coros, ambientes para producciones audiovisuales, paisajes sonoros, etc. A su vez se efectuaron varios estudios comparativos en los que se utilizaron diferentes sistemas de captación, siendo posteriormente evaluados mediante escuchas y encuestas realizadas a estudiantes de Ingeniería de Telecomunicaciones y de Comunicación

⁵ GISECOM: Grupo Investigador del Sonido Envolvente y la Comunicación. Grupo que realiza investigaciones y desarrollos destinados principalmente al análisis del sonido envolvente en todas las vertientes comunicativas. Ha participado en tres patentes y organizado numerosos eventos destinados al conocimiento y divulgación del audio envolvente en sus diferentes dimensiones y medios. Su fundador y director es Manuel Sánchez Cid.

Audiovisual, y por un grupo de reconocidos expertos. Aquí se hará mención a la primera toma de contacto en este sentido. En función de lo anterior y conforme a los resultados obtenidos, con la intención de compartir una experiencia que entendemos puede resultar de utilidad a centros de enseñanza y profesionales de la comunicación, el presente trabajo expone las características básicas del diseño y las capacidades observadas a nivel comunicativo.

II. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Conforme a una definición básica, el concepto de sonido envolvente puede entenderse como la espacialidad generada por los diferentes sonidos existentes en un entorno sonoro natural o recreado, pudiendo ser las fuentes sonoras tanto estáticas como dinámicas, ubicándose estas en cualquiera de los puntos externos o internos de un doble reloj de 360°. Conforme a esta definición aproximativa, el entorno sonoro natural representa un doble plano horizontal-vertical en el que los sonidos pueden localizarse indistintamente en cualquier punto. En el caso que nos ocupa, se tratará el concepto de sonido envolvente en un único plano (el horizontal)⁶, por ser este un estándar en la mayoría de los medios audiovisuales (cine, radio y televisión) y por basarse en él el sistema de captación de sonido aquí presentado.

En lo relativo a los conceptos teóricos aplicables al diseño e investigación de sistemas multimicrofónicos de captación de sonido en un único plano, aunque las técnicas estéreo son numerosas, la diversidad en el caso de los sistemas envolventes es claramente menor, partiendo la mayoría de los sistemas de una base conceptual centrada en la ubicación espacial de los elementos captadores, su angulación, las respectivas distancias⁷ y por derivación lógica, la diferencia de intensidad que percibe cada uno de ellos. A esto se deben sumar las características propias de los micrófonos

⁶ El plano horizontal es el más extendido en los sistemas estandarizados de reproducción de sonido, asociándose a él los sistemas mono, estéreo y los envolventes cuadrafónico, 5.1, 6.1 y 7.1. Su espacialidad se establece en 360° en un plano o eje lineal en el que todos los sistemas reproductores (altavoces) deben situarse.

⁷ La valoración de las distancias entre elementos captadores en los sistemas multimicrofónicos destinados a la toma de sonido es considerada como fundamental por su equivalencia directa en tiempo de llegada de la señal y en consecuencia por su relación de fase respecto a un eje principal. Las diferencias de fase pueden provocar alteraciones en la señal pudiendo derivar en una merma significativa e incluso la anulación.

(principalmente la *direccionalidad*), lo que puede generar que un mismo diseño obtenga resultados sonoros muy diferentes conforme al tipo y modelo de micrófono utilizado. Por ello, aunque estas tres características podrían considerarse como claves fundamentales a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de captación de sonido envolvente, en realidad influyen otros aspectos añadidos que son los que finalmente permitirán definir un resultado óptimo. Dichos aspectos serán atendidos posteriormente y siempre en relación al modelo aquí presentado.

1. ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Considerando la tipología y características particulares de las distintas producciones audiovisuales, así como su complejidad y número de fuentes sonoras, podrá valorarse la utilización de sistemas microfónicos en concepto de fase y/o intensidad, con posicionamiento variable.

El concepto de *captación en fase* se refiere fundamentalmente a la uniformidad en el tiempo de llegada de la señal conforme a la totalidad de los elementos captadores, no obstante, en esencia suele asociarse a la utilización de estructuras articuladas portadoras de la microfonía. Dichos sistemas de captación permiten obtener señales tanto discretas⁸ como matricadas, que pueden ser del tipo mono, estéreo o envolvente. Aunque el concepto está muy vinculado a estructuras o *arrays* microfónicos concretos, hoy en día existen numerosas aplicaciones (*plug-in*)⁹ que permiten el ajuste, tratamiento y control de la señal de cada uno de los elementos captadores. El abanico de actuación del concepto de captación en fase es amplio, pudiendo ser de utilidad en cualquier toma de fuentes sonoras, independientemente de su número, entorno y ubicación.

El concepto de *captación en intensidad* hace referencia a la captación pormenorizada de las fuentes sonoras, para lo que generalmente suele utilizarse un número de micrófonos muy superior respecto a los sistemas de

⁸ El concepto discreto en captación microfónica hace referencia a la relación directa entrada-salida de la señal captada, asociándose a una señal de entrada su correspondiente señal directa de salida, generalmente sin ningún tipo de tratamiento mediante multiplexación o matricado.

⁹ Como ejemplo se aporta el enlace a los sistemas Soundfield, en los que el proceso de control de los elementos captadores ha derivado en aplicaciones informáticas externas:
<http://www.soundfield.com/products/surroundzone2>

captación en fase. Por lógica, el número total de elementos captadores dependerá del tipo de producción y características de la misma.

Centrándonos en las técnicas y/o sistemas de captación envolvente, en la fecha actual (año 2017), entre los más representativos se pueden citar los siguientes: Decca Tree Surround¹⁰, OCT Surround (Triángulo Cardioide Optimizado Surround)¹¹, IRT Cross¹², ORTF Surround¹³, Doble MS¹⁴, Fukada Tree¹⁵, Hamasaki Square¹⁶, INA 5¹⁷, Holophone¹⁸ y Soundfile¹⁹ entre otros. Aunque se han aportado enlaces explicativos de cada uno de los sistemas y la mayoría posee variaciones en lo relativo a su estructura

¹⁰ Sistema inicial en estéreo basado en un método de grabación A-B más un micrófono central que se caracterizó por una imagen estéreo muy abierta. La técnica fue muy utilizada por Decca Records gracias a sus ingenieros Roy Wallace y Arthur Haddy, y posteriormente a Ken Wilkinson y Stan Goodall. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.mixonline.com/news/profiles/decca-tree/365206>

¹¹ Sistema envolvente basado en el diseño inicial OCT de Günther Theile y Helmut Wittek. El concepto de este sistema ha servido de base para la realización de numerosas adaptaciones. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.imaico.co.jp/schps/stereo/oct.htm>

¹² Sistema en cruz utilizado en la captación de ambientes. Diseñado por el Institut für Rundfunktechnik (IRT). Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: http://www.decibel.ch/documents/CB140_m_en.pdf

¹³ Sistema ORTF (Oficina de Radiodifusión y Televisión Francesa), doblado para su versión surround. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: http://www.live-production.tv/sites/default/files/ORTF_Surround.pdf

¹⁴ Doble M/S (Mid-Side), es una versión ampliada de la técnica de grabación en estéreo M/S. Es considerada como la técnica más monocompatible. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: http://www.cinesonics.pt/Locmat/Manuais/Schoeps_DoubleMS_Paper_small.pdf

¹⁵ Sistema diseñado en 1999 por el ingeniero de la NHK, Akira Fukada. Para más información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.sengpielaudio.com/Surround-Fukada-Hamasaki.pdf>

¹⁶ Sistema diseñado por el ingeniero de la NHK, Kimio Hamasaki. Para más información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.sengpielaudio.com/Surround-Fukada-Hamasaki.pdf>

¹⁷ El sistema INA 5 es una extensión para las grabaciones de sonido envolvente de la configuración estéreo INA 3. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.microtechgefell.de/index.php/en/microphones/191-ina-5-m930>

¹⁸ Sistema envolvente que permite captación referencial en dos planos. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.holophone.com/>

¹⁹ Basado en el diseño del ingeniero Michael Gerzon, compuesto por cuatro cápsulas dispuestas en tetraedro. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.soundfield.com/>

principal, a continuación se procede a enunciar de forma básica las principales características estructurales de cada uno de los modelos citados.

- El sistema Decca Tree Surround consiste en una estructura frontal compuesta por tres micrófonos (L C R), con los micrófonos de los extremos (L y R) en línea separados 2 m y el central (C) adelantado 1,5 m respecto al eje de los anteriores. La parte *surround* o trasera tiene diferentes variables, siendo una de las más utilizadas la compuesta por dos micrófonos traseros (Ls y Rs) en ángulo de entre 90 y 110° (ORTF). Se insiste en que esta configuración es una de las muchas variaciones existentes.

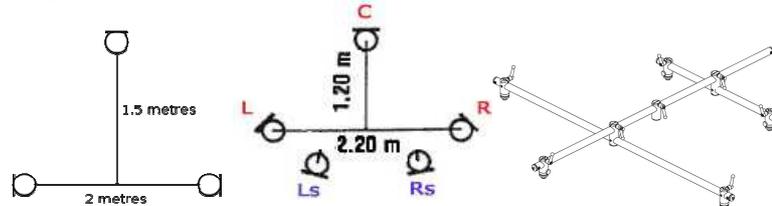


Figura 1: Sistema Decca Tree más variaciones del sistema Decca Tree Surround. Fuente: <http://www.gracedesign.com>

- El OCT Surround (Triángulo Cardioide Optimizado), está compuesto por una estructura frontal de hasta 1 m con dos micrófonos (L y R) en sus extremos, más un micrófono central (C) perpendicular a los anteriores orientado hacia el frente con una separación de 8 cm respecto al eje anterior. La parte *surround* está compuesta por otros dos micrófonos (Ls y Rs) separados 40 cm del eje L-R y con una distancia variable entre ellos de 40 a 110 cm, estando orientados plenamente hacia la parte trasera.

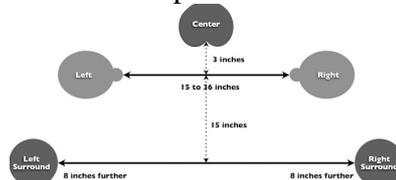


Figura 2. Sistema OCT Surround. Fuente: <http://bobbyowsinskiblog.com/>

- El IRT Cross (Cruz IRT), está compuesto por una estructura en cruz con los micrófonos posicionados en ángulos de 90° en cada eje (tanto frontal como trasero) y una distancia aproximada de 25 a 28 cm entre los elementos captadores de cada frente. Los cuatro

puntos de captación poseen una orientación con ángulos de 315° y 45° en la parte frontal y de 135° y 225° en la trasera o *surround*.

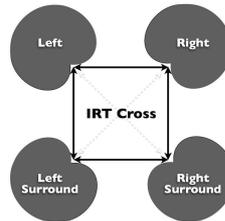


Figura 3. Sistema IRT Cross. Fuente: <http://bobbyowsinskiblog.com/>

- El sistema ORTF Surround es un sistema ORTF duplicado. Está considerado como uno de los más realistas en cuanto a la toma. Está compuesto por un frente de dos micrófonos separados 17 cm y con un ángulo de 110° . La parte *surround* es exactamente igual pero con una separación aproximada de 25 cm entre ambos frentes.

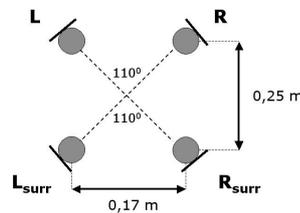


Figura 4. Sistema ORTF Surround. Fuente: http://www.live-production.tv/sites/default/files/ORTF_Surround.pdf

- El sistema Doble MS (Mid-Side) está compuesto por dos micrófonos cardioides en línea opuestos 180° y un micrófono bidireccional o figura de ocho en el centro perpendicular a los anteriores. Está considerado como el sistema más monocompatible o que menos problemas de fase presenta.

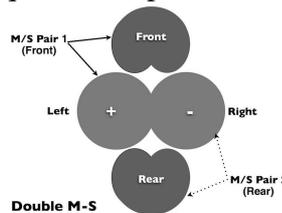


Figura 5. Sistema Doble M-S. Fuente: <http://bobbyowsinskiblog.com/>

- El sistema Fukada Tree o árbol de Fukada, al igual que en otros casos, posee variaciones realizadas por su diseñador. La versión original se conoce de 1999, mientras que existe una variante de 2006 aplicada por el propio Akira Fukada en el Symphony Hall de Osaka en el citado año. Es una estructura en tres niveles compuesta por siete micrófonos distribuidos de la siguiente forma: un eje frontal con cuatro micrófonos (Lw, L, R y Rw) separados entre 90 y 100 cm cada uno respecto al eje central, más un micrófono central adelantado entre 24 y 150 cm respecto al eje frontal anterior. La parte trasera o *surround* está compuesta por dos micrófonos separados entre 1,8 y 6 m. Esta variación de medidas se corresponde con las dos versiones mencionadas del citado sistema.

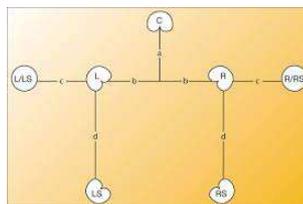


Figura 6. Sistema Fukada Tree. Fuente: <http://www.radiomagonline.com/products/0002/next-steps-in-surround/29350>

- El sistema Hamasaki Square (Cuadrado Hamasaki), está compuesto por cuatro micrófonos bidireccionales o de figura de ocho dispuestos en los extremos o esquinas de un cuadrado de 2 m por lado. Este sistema es válido en sí mismo o como complemento de otras estructuras de captación, como el OCT frontal.

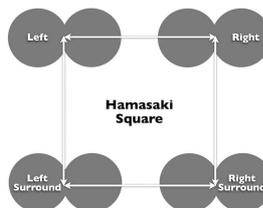


Figura 7. Sistema Hamasaki Square. Fuente: <http://bobbyowsinskiblog.com/>

- El sistema INA 5 es una formación de 5 micrófonos distanciados entre 17 y 53 cm. Se compone de un eje frontal con tres micrófonos L y R más un micrófono central C separado de dicho eje unos 17 cm y en ángulo de 90° respecto a los micrófonos del eje frontal. Los dos micrófonos traseros están dispuestos en ángulos de entre 30 y 60° respecto al eje central y a una distancia de 53 cm de los micrófonos frontales L y R.

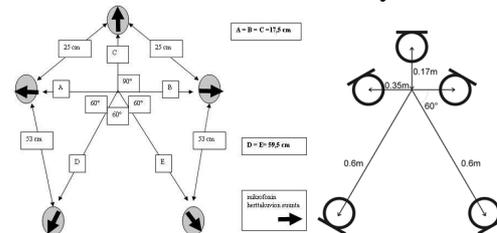


Figura 8. Sistema INA 5. Fuente: <https://www.soundonsound.com/forum/viewtopic.php?f=15&t=37548>

- El sistema Holophone está compuesto por siete micrófonos, siendo una formación parecida a la distribución INA5 pero con un micrófono superior añadido. Es un *array* muy utilizado en exteriores y ambientes de diferentes espectáculos.

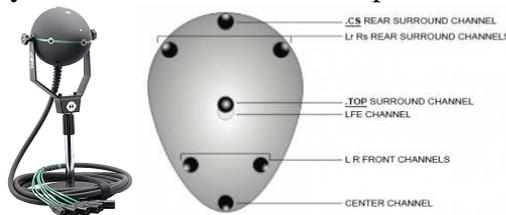


Figura 9. Sistema Holophone. Fuente: <http://www.wildtracksoundlibrary.com/product/coda-holophone-audio-library/>

- El sistema Soundfile está compuesto por cuatro micrófonos en tetraedro que mediante procesado permite una captación de 360° en dos planos. Su monocompatibilidad es muy valorada.

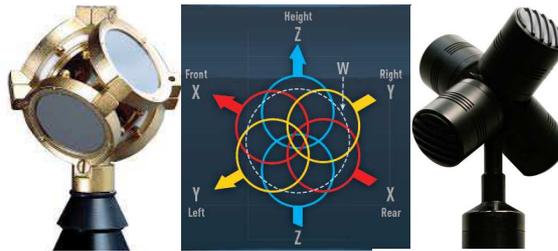


Figura 10. Sistema Sounfile. Fuente: <http://www.soundfield.com/> y <http://www.soundfield.com/products/surroundzone2>

Citados los sistemas *surround* más representativos, se procede a describir el sistema OCTOSON, objeto del presente estudio.

III. ESTUDIO DEL CASO

1. POR QUÉ EL OCTOSON. OBJETIVOS Y ASPECTOS DE RELIEVE

El sistema OCTOSON nace como consecuencia de las necesidades profesionales de los autores y como resultado de una constante inquietud investigadora y formativa.

Los requerimientos de las producciones de sonido envolvente generaron una tímida y escasa reacción en los productores de tecnologías, lo que implicaba una costosa inversión a la hora de producir con estos sistemas. Esto, junto a la búsqueda de una conceptualización espacial sonora mucho más realista frente a los estándares habituales, significó el diseño y desarrollo de un sistema que permitiese generar una sensación inmersiva pura en relación al punto de captación/escucha. Por ello, conforme a una idea de multiperspectiva envolvente más entroncada con la realidad del espacio sonoro, se entendió que era necesario diseñar un sistema de captación versátil, capaz de proporcionar tomas funcionales de hasta 360° mediante el uso de hasta ocho micrófonos en una única toma, facilitando su compatibilidad con los formatos mono, estéreo y envolvente (cuadrafónico, 5.1, 6.1 y 7.1 si fuese necesario), así como de permitir una perfecta reducción de mezcla o *downmix* sin pérdidas o contrafases.

Era oportuno que fuese sencillo en su concepto y versátil en las variables de la toma, por ello se pensó en un sistema discreto con ejes horizontales fijos pero con cierta variación pivotante en las articulaciones sostenedoras de los micrófonos, ya que la posición del *array* podría ser en el plano de las

fuentes sonoras, así como en una posición inferior o superior respecto a las mismas, lo que sería susceptible de requerir ciertas modificaciones angulares en los propios micrófonos.

Otra motivación importante era generar una invención que partiese del ingenio propio sin necesidad de recurrir a sistemas de terceros, lo que podría significar una patente española que pudiese competir con los sistemas existentes, casi todos asociados a empresas de primer nivel internacional. El proceso de patente se llevó a cabo entre las universidades Rey Juan Carlos y Carlos III de Madrid, resultando ambas instituciones como titulares de la invención, siendo la autoría de Manuel Sánchez Cid y Anto J. Benítez (profesores de tecnologías, producción y realización en las citadas universidades).

El diseño se probó en distintos escenarios, tanto en formaciones musicales (orquestas sinfónicas, septetos, coros y grupos de *jazz*), captación de ambientes para producciones audiovisuales, así como en la investigación de paisajes sonoros. Se utilizó en espacios abiertos y cerrados, siendo especialmente significativos por su realismo los resultados obtenidos en una iglesia de base octogonal con recubrimiento interno de mármol. Las especiales y complejas características acústicas del recinto, junto a la enorme formación musical (orquesta sinfónica y coro), evidenciaron las bondades del sistema, ya que situado el *array* en el centro de la sala generó una sensación hiperrealista de su dimensionalidad y de la localización espacial de cada una de las fuentes sonoras, manteniendo una perfecta relación entre sonido directo y reflejado. Todas estas grabaciones se expusieron públicamente para su análisis en actos académicos, así como se facilitó su difusión mediante el libre acceso en la página de la radio de la Universidad Rey Juan Carlos -RADIO URJC-.

Entre otras propiedades, el sistema destaca por su capacidad para generar una sensación inmersiva compacta en el receptor, ya sea éste estático o móvil. Cuestión que ha sido resaltada por reconocidos especialistas y directores técnicos de importantes salas de mezcla de cine. Este aspecto es muy valorado a la hora de construir ambientes sonoros creíbles en los contenidos audiovisuales, ya que un montaje realista captado con un sistema mono o estéreo multiplica el número de tomas y es susceptible de perder la continuidad de un evento sonoro, con todo lo que eso puede significar. Otro aspecto importante fue la necesidad de crear un dispositivo cómodo en su transporte y de fácil montaje y manejo, por lo que parte de su diseño se basó en este concepto, además de las oportunas consideraciones técnicas relacionadas con ángulos, tiempos y fase de la señal, que se verán a

continuación. La idea era generar un sistema de precisión de bajo coste que permitiera asumir trabajos *immersivos* profesionales o experimentales a todos los usuarios, principalmente a los estudiantes, que por regla general no están en disposición de asumir las cantidades económicas asociadas a este tipo de dispositivos de nivel profesional. En definitiva, se buscó una realización propia con capacidades profesionales que compitiese e incluso superase a los productos existentes, a fin de poder expandir la actividad del sonido envolvente a todos los niveles y principalmente en los procesos de toma. Esta cuestión queda plenamente acreditada por la especialidad académica de los autores y por su constante actividad divulgativa realizada en el campo del sonido entre los años 2004 y 2017, organizando numerosos eventos académico-profesionales²⁰ de primer nivel en los que se han dedicado sesiones específicas a este tipo de invenciones y realizado actividades abiertas de promoción a fin de multiplicar la innovación tecnológica, siempre en pro de una mejor comunicación audiovisual.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El sistema OCTOSON comprende medios para captar señales sonoras procedentes de una pluralidad de fuentes repartidas en un entorno de hasta 360°, posibilitando señales de salida independientes en concepto discreto (independientemente del patrón polar de cada micrófono), así como un propósito sumatorio mediante la suma de las distintas señales parciales obtenidas en la captación.

La citada invención consta de una estructura definida por una doble cruz invertida formada por 4 pares de brazos unidos entre sí mediante una articulación pivotante. La estructura, que conforma una estrella de ocho puntas, establece ocho ejes angulares fijos predeterminados por el diseño. A su vez, cada uno de los soportes de micrófono permite variaciones angulares verticales con una margen de oscilación de hasta 90°, lo que incrementa las posibilidades de ubicación en la toma.

²⁰ Entre las actividades relacionadas organizadas por los distintos autores que suscriben se encuentran: la I, II y III Jornadas Internacionales de Audio Multicanal Global; la I y II Jornadas Internacionales de *Loudness* o Sonoridad; la I, II y III Jornadas Universitarias de UHD; Jornadas Internacionales de Postproducción; Jornadas Universitarias de 3D y Realidad Virtual, así como las Jornadas técnicas de captación, mezcla y creatividad, entre otras. Todas ellas con un claro afán divulgativo, habiendo sido la mayoría transmitidas en *streaming* y publicadas en prestigiosas editoriales académicas.

La estructura del sistema consta de un soporte para hasta un máximo de ocho elementos captadores ubicados estratégicamente²¹ en ángulos de 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 y 360°, con la posibilidad de utilizar una minorización del sistema para hacerse compatible con los formatos estándar compuestos por: 1 micrófono (mono); 2 micrófonos (estéreo L y R); 3 micrófonos (estéreo L, C, R); 4 micrófonos (*surround* – cuadrafonía L, R, Ls y Rs); de 5 a 8 micrófonos (sistema *surround* 5.1/3.2; 6.1 y 7.1). No obstante, por sus cualidades respecto a la reducción de mezcla, las pruebas realizadas han demostrado su compatibilidad en sistemas mono y estéreo, así como su total adaptación a los formatos 5.1, 6,1 y 7.1, siendo a su vez perfectamente aplicable en configuraciones superiores.

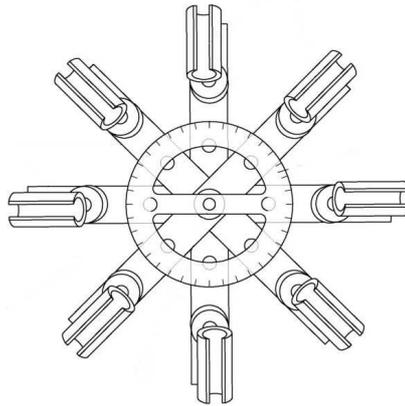


Figura 11.- Diagrama estructural del prototipo OCTOSON sin micrófonos acoplados. Fuente: Elaboración propia.

Los valores de configuración del sistema vienen predefinidos por el diseño, por lo que en función de la activación de sus puntos de captación se podrá hacer efectiva una espacialidad de hasta 360° en un plano por estructura. El sistema permite la localización y seguimiento de fuentes sonoras estáticas y móviles, dejando a decisión del operador determinar qué ángulos intervienen así como el número de elementos de captación a utilizar. La disposición angular y distancias entre los elementos captadores han sido estudiadas cuidadosamente de cara a su compatibilidad con los sistemas de codificación envolvente. Al ser un sistema de concepto discreto, el envío de las señales captadas a grabación o mezcla se realiza mediante

²¹ La angulación y distancias de los micrófonos en un sistema captador son importantes de cara a la localización de las fuentes y las posibles interferencias en la señal.

enrutamientos independientes y directos a los canales de entrada del sistema receptor de la señal, es decir, cada señal microfónica irá directamente a un punto de entrada del sistema receptor, ya sea un grabador o una mesa de mezclas. La especificación de cuál o cuáles de los envíos discretos deben ser asignados a los dispositivos de entrada estará en función de las decisiones del operador, quien determinará los puntos de interés y los parámetros específicos según el tipo de captación y mezcla elegida (mono, estéreo o envolvente).

3. RELACIONES ESPACIO-TEMPORALES CON Y SIN ELEMENTOS CAPTADORES

La sensación de espacialidad sonora que puede aportar un sistema multimicrofónico se basa en las diferencias de angulación, intensidad y tiempo que se dan entre los distintos elementos captadores (valorando siempre la correlación de fase de la señal). El sistema OCTOSON es del tipo *no coincidente*²² (aunque las capsulas microfónicas estén próximas entre sí), permitiendo su distribución en un plano, diferencias de intensidad y tiempo oportunas como para posibilitar un alto realismo de la imagen espacial así como un elevado nivel de precisión en la localización de las fuentes sonoras.

Conforme a las medidas del prototipo, se establecen las siguientes relaciones espacio-temporales entre soportes pivotantes con y sin elementos captadores²³. No obstante, debe considerarse que dependiendo del modelo de microfónica aplicada estos datos podrán variar. Los cálculos realizados con y sin microfónica, se han valorado considerando una temperatura de 20° y una velocidad del sonido de 340 m/s:

- Valores aproximados entre los extremos de los soportes sin elementos captadores y distancia máxima recomendada de 28 cm:
 - o Con variación de 45° = 11 cm = 0,320 ms
 - o Con variación de 90° = 20 cm = 0,582 ms
 - o Con variación de 135° = 26 cm = 0,756 ms

²² Se considera sistema microfónico *no coincidente* cuando el sonido no llega al mismo tiempo a las cápsulas de los distintos elementos captadores.

²³ Las pruebas y mediciones con elementos captadores se han realizado utilizando el micrófono marca RODE modelo NT5. Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://es.ode.com/microphones/nt5>

- Con variación de $180^\circ = 28 \text{ cm} = 0,814 \text{ ms}$
- Distancia entre eje L-R y micro C = $4 \text{ cm} = 0,116 \text{ ms}$
- Valores aproximados entre los extremos de los soportes con elementos captadores y distancia máxima media de 40 cm:
 - Con variación de $45^\circ = 15 \text{ cm} = 0,436 \text{ ms}$
 - Con variación de $90^\circ = 27 \text{ cm} = 0,785 \text{ ms}$
 - Con variación de $135^\circ = 37 \text{ cm} = 1,076 \text{ ms}$
 - Con variación de $180^\circ = 40 \text{ cm} = 1,163 \text{ ms}$
 - Distancia entre eje L-R y micro C = $7 \text{ cm} = 0,204 \text{ ms}$

Estos datos se establecen conforme al modelo prototipo, contemplando la patente todas aquellas posibles variaciones estructurales que mantengan la esencia del diseño. Los datos aportados podrán variar conforme a las modificaciones instrumentales que los expertos consideren oportunas.

4. ESTUDIO COMPARATIVO PREVIO, METODOLOGÍA BÁSICA Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A fin de obtener un análisis prospectivo previo sobre las cualidades del sistema OCTOSON en su variante de captación estereofónica (L,C,R), aunque sin validez representativa, se realizó un ejercicio comparativo de toma utilizando distintas técnicas de captación para su posterior estudio. Las técnicas estéreo utilizadas fueron: XY 90° ; ORTF; NOS²⁴; AB a 90 cm ; OCT; IRT y OCTOSON. En dicho ejercicio participó un grupo compuesto por 15 estudiantes (de Ingeniería de Telecomunicación y del Grado en Comunicación Audiovisual). La prueba sonora se realizó en las instalaciones audiovisuales del campus de Fuenlabrada de la URJC (Estudio A)²⁵. La función de fuentes sonoras fue asumida por un grupo de seis estudiantes distribuidos en tres filas, conformando una estructura triangular de 9 metros de base y 6,5 m por lado. El posicionamiento de las fuentes sonoras (alumnos) fue el siguiente: una primera fila de tres estudiantes en la base, situándose dos en los extremos (4,5 m cada uno del eje central) y uno en el centro; una segunda fila de dos estudiantes separada 2,5 m de la base y

²⁴ NOS hace referencia a Netherlande Omroep Stichting = Netherlande Broadcasting Corporation.

²⁵ Superficie rectangular con un volumen de 2.400 m^3 (240 de planta y 10 m de altura). Acondicionamiento acústico con tiempo de reverberación promediado entre 0,4 y 0,5 s.

a 2 m del eje central cada uno; y una tercera fila compuesta por un estudiante situado en el vértice del triángulo a 5 m de la base. El grupo evaluador, formado por los 9 estudiantes restantes se situó a 3 m del vértice opuesto a la base, conformando una distancia a la misma de 8 m. Se realizó una escucha individualizada en directo desde el citado punto, reproduciendo un pasaje sonoro consistente en una misma frase compuesta por 10 palabras que tuvo que repetir cada uno de los alumnos situados dentro del triángulo. Para la reproducción se estableció un triángulo equilátero virtual de 9 m por lado, posicionando un frente estéreo con dos cajas BOSE 802²⁶ (una en cada extremo de la base del triángulo), y el punto de escucha exactamente en el vértice contrario a la base, a fin de conseguir un posicionamiento estéreo óptimo, aunque se sumó 1 m al punto de escucha original. El objetivo de la prueba se centró en valorar la representación espacial de las fuentes sonoras en cada una de las técnicas utilizadas, concretamente aspectos como apertura, proximidad, estabilidad y precisión. La elección de atributos a valorar es propia, aunque se han tenido en cuenta las observaciones de Berg y Rumsey (2003). Conscientes de que cada individuo puede presentar una respuesta diferente en la localización de las fuentes sonoras conforme a su sistema perceptivo, las muestras también fueron comparadas mediante el programa de análisis espectral y de representación espacial PAZ Analyzer²⁷, aunque estos resultados visuales no se aportan en el presente trabajo. Los micrófonos utilizados fueron RODE NT5, de respuesta equilibrada aunque con un sutil incremento en altas frecuencias. Evaluados de forma sumatoria los ejercicios con toma estéreo, se aportan los resultados derivados, señalando en cada apartado los dos sistemas más puntuados:

	APERTURA	PROXIMIDAD de las fuentes	ESTABILIDAD de las fuentes	PRECISIÓN en la localización	>SATISFACCIÓN	<SATISFACCIÓN
XY						X (1°)
ORTF						
NOS		X (1°)				
AB 90 cm	X (1°)					
OCT	X (2°)		X (2°)	X (1°)	X (1°)	
IRT						X (2°)
OCTOSON		X (2°)	X (1°)	X (2°)	X (2°)	

Tabla 1: Resultados del estudio prospectivo. Fuente: Elaboración propia.

²⁶ Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.gaplaza.com/bosepro/producto/Panaray/802.htm>

²⁷ Para mayor información se ruega consultar el siguiente enlace: <http://www.waves.com/plugins/paz-analyzer>

IV. CONSIDERACIONES FINALES

El sistema presentado, denominado OCTOSON, resulta operativo en la toma de sonido tanto de ambientes como de fuentes puntuales, mostrando claridad y precisión en la captación de fuentes estáticas y móviles. Su reducido tamaño y concepto de señal discreta múltiple permiten la libre elección del tipo de microfonía, así como resulta extremadamente versátil en la elección del número de elementos captadores conforme al formato a elegir (mono, estéreo y surround). Los estudios y pruebas realizadas evidencian una imagen espacial ancha, bien compensada tanto en el eje Y (L[+Y]/R[-Y]), como en el X (frontal [+X]/trasero[-X]), aportando una sensación de volumen satisfactoria y una localización de fuentes precisa, recalcando su gran exactitud en la captación de trayectorias móviles. Su monocompatibilidad es satisfactoria, presentando las lógicas contradicciones de fase en los puntos de captación invertidos 180°. Esto no representa ninguna anomalía en la distribución multicanal. En aras de no generar falta de definición en la localización intermedia, se recomienda que los micros intermedios Lw y Rw sean cardioides o supercardioides. Los puntos centrales frontal y trasero han demostrado no aportar perturbación sumatoria a la señal en ejes, si bien es cierto dependerá del tipo de micro y de sus características. Otra cuestión a considerar es la reducción de costes del sistema frente a otros modelos comercializados, pudiendo reproducirse fácilmente por el usuario a un coste extremadamente bajo, lo que pone de relieve un modelo de investigación y producción basado en el beneficio común.

V. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS REFERENCIADAS

- Altavoces BOSE 802. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.gaplaza.com/bosepro/producto/Panaray/802.htm>
- Analizador de señal, PAZ de Waves. (s.f). [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.waves.com/plugins/paz-analyzer>
- Berg, J & Rumsey, F. (2003). *Systematic evaluation of perceived spatial quality*. In: AES 24th International Conference, Sound. Systematic evaluation of perceived spatial quality. Surrey Research Insight Open

Access. 2012. [ONLINE] Recuperado en Agosto de 2017 de: <http://epubs.surrey.ac.uk/567/>

- INSTALIA (2017). *RADIO URJC: la primera radio española en difundir contenidos de sonido envolvente en dos planos*. Recuperado de: <https://www.instalia.eu/2017/05/15/radio-urjc-la-primer-radio-espanola-difundir-contenidos-sonido-envolvente-dos-planos/>
- Sistema microfónico Doble MS. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: http://www.cinesonics.pt/Locmat/Manuais/Schoeps_DoubleMS_Paper_small.pdf
- Sistema microfónico Fukada Tree. (2005). Comparativa Fukada-Hamasaki. Recuperado de: <http://www.sengpielaudio.com/Surround-Fukada-Hamasaki.pdf>
- Sistema microfónico Holophone. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.holophone.com/>
- Sistema microfónico INA 5. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.microtechgefell.de/index.php/en/microphones/191-ina-5-m930>
- Sistema microfónico IRT. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: http://www.decibel.ch/documents/CB140_m_en.pdf
- Sistema microfónico OCT. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.imaico.co.jp/schps/stereo/oct.htm>
- Sistema microfónico ORTF Surround. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: http://www.live-production.tv/sites/default/files/ORTF_Surround.pdf
- Sistema microfónico Sounfield. (s.f.). [Sitio web]. Recuperado de: <http://www.soundfield.com/> y <http://www.soundfield.com/products/surroundzone2>

- Streicher, R. (2003). *Sistema microfónico Decca Tree*. En MIXonline. Recuperado de: [<http://www.mixonline.com/news/profiles/decca-tree/365206>]
- Theile, G. & Wittek, H. (2004). *(WFS) Síntesis de campo de onda. Un prometedor concepto de representación espacial de audio*. En Acoustic, Ciencia and technology. N° 25. pp. 393-399. Recuperado de: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ast/25/6/25_6_393/_article