



Universitat de les Illes Balears

Tesis doctoral
2014

Técnicas de grabación de música clásica.
Evolución histórica y propuesta de nuevo
modelo de grabación

Iker Olabe Goxencia



Universitat de les Illes Balears
Tesis doctoral
2014

Programa de Doctorado en Historia, Historia del Arte y
Geografía

Técnicas de grabación de música clásica.
Evolución histórica y propuesta de nuevo modelo de
grabación
Iker Olabe Goxencia

Director: Dra. María José Mulet Gutiérrez

Director: Dr. Edwin Pfanzagl-Cardone

Tutora: Dra. Sebastiana María Sabater Rebassa

Doctor por la Universitat de les Illes Balears

Directores de la tesis doctoral

Dra. María José Mulet Gutiérrez (*Co-directora*)

Profesora titular de universidad

Departamento de ciencias históricas y teoría de las artes, Universitat de les Illes Balears

Dr. Edwin Pfanzagl-Cardone (*Co-director*)

Profesor de Universidad

Fachhochschule Salzburg

Director acústico del festival internacional de música clásica de Salzburgo

Memoria presentada por:

Iker Olabe Goxencia,

Licenciado en Música, licenciado en Tecnología del Sonido y master en Acústica

Para aspirar al grado de Doctor por la Universitat de les Illes Balears

La Dra. María José Mulet Gutiérrez, y el Dr. Edwin Pfanzagl-Cardone

Certifican:

Que el presente trabajo de investigación titulado “Técnicas de grabación de música clásica. Evolución histórica y propuesta de nuevo modelo de grabación” ha sido realizado bajo nuestra dirección y que reúne, a nuestro juicio, los requisitos exigidos para la obtención del grado mencionado.

Dra. María José Mulet Gutiérrez

Dr. Edwin Pfanzagl-Cardone

Palma de Mallorca, diciembre 2014

Autor: Iker Olabe Goxencia.

Teléfono de contacto: +34 699307539

Dirección de correo electrónico: ikerolabe@gmail.com

Área del conocimiento: Historia del arte.

Resumen:

La tesis propone un nuevo modelo de grabación de música clásica a partir de la comparación con otros existentes. En la actualidad las técnicas de grabación estereofónica de música clásica más comunes son las denominadas XY, ORTF, DECCA y AB. El tipo de obra musical, grupo instrumental, sala y los gustos y exigencias del posible público consumidor marcan la elección del modelo de grabación a emplear. Cada técnica tiene unas peculiaridades que resaltan distintos aspectos estéticos. En la última década se han desarrollado nuevas técnicas de grabación preparadas para la reproducción multicanal envolventes (surround 5.1) aunque al fin y al cabo la mayor parte de los usuarios emplean sistemas de reproducción estéreo por lo que su utilidad es relativa.

Las grabaciones musicales pueden ser analizadas con modelos matemáticos y mediante información subjetiva psicoacústica dependiente del oyente. Los modelos matemáticos incluyen el análisis de la correlación de señales estéreo en función de la frecuencia (FDSC).

Para la finalidad del estudio que se presenta en 2014 se grabó una orquesta sinfónica mediante las cuatro distintas técnicas estereofónicas mencionadas anteriormente. Se obtuvieron cuatro muestras estereofónicas de esta sesión de grabación para su estudio de correlación matemática y psicoacústica en condiciones controladas de reproducción con 20 oyentes.

Los resultados psicoacústicos y matemáticos arrojaron un conjunto de informaciones que se analizaron extrayendo conclusiones posteriormente empleadas para una nueva disposición de micrófonos. Finalmente se estudió y comparó dicho modelo nuevo de grabación con los modelos ya conocidos universalmente aceptados. Se desarrollaron nuevas conclusiones con las posibles aplicaciones del nuevo sistema de grabación.

Palabras clave: historia técnica de la grabación, acústica, grabación, microfonía, psicoacústica, correlación, música, interpretación de obras de arte.

Resumen catalán

La tesi proposa un nou model de gravació de música clàssica a partir de la comparació amb altres existents. Existeixen diverses tècniques d'enregistrament estereofòniques per als enregistraments de música clàssica. Les que s'empren més sovint són XY, ORTF, DECCA i AB. El tipus d'obra musical, grup instrumental, sala i els gustos i exigències del possible públic consumidor marquen l'elecció del model d'enregistrament que cal utilitzar. Cada tècnica té unes peculiaritats que ressalten diferents aspectes estètics. En l'última dècada s'han desenvolupat noves tècniques d'enregistrament preparades per a la reproducció multicanal envolupant (surround 5.1) encara que al cap i a la fi la major part dels usuaris emprava sistemes de reproducció estèreo, per la qual cosa la seva utilitat és relativa.

Els enregistraments musicals poden ser analitzats amb models matemàtics i mitjançant informació subjectiva psicoacústica dependent de l'oïdor. Els models matemàtics inclouen l'anàlisi de la correlació de senyals estèreo en funció de la freqüència (FDSC).

Per dur a terme aquest estudi es va gravar una orquestra simfònica mitjançant les quatre diferents tècniques estereofòniques esmentades anteriorment (XY, ORTF, DECCA i AB). Es van obtenir quatre mostres estereofòniques d'aquesta sessió d'enregistrament per al seu estudi de correlació matemàtica i psicoacústica, en condicions controlades de reproducció amb 20 oïdores.

Els resultats psicoacústics i matemàtics van llançar un conjunt de resultats que es van analitzar per extreure conclusions que es van emprar per al desenvolupament d'una nova disposició de microfonia. Finalment es va estudiar i va comparar dita nova model d'enregistrament amb els models ja coneguts i universalment acceptats (XY, ORTF, DECCA i AB). Es van desenvolupar noves conclusions amb les possibles aplicacions del nou sistema d'enregistrament.

Paraules clau: història tècnica de la gravació, acústica, gravació, microfonia, psicoacústica, correlació, música, interpretació d'obres d'art.

Resumen inglés

This thesis proposes a new technique for classical music recording from the comparison with other existing models. The most commonly used are: XY, ORTF, DECCA and AB. Parameters such as the type of musical composition, instrumental group, venue and the tastes of the potential audience will be considered to mark the choice of the model to use for a recording. Each technique has its peculiarities that will highlight different aesthetic aspects. During the last decade new recording techniques have been developed for multi-channel surround sound playback (surround 5.1). The reach of surround sound to our homes has been relatively low, the trend still nowadays is to find most home music systems to be stereo.

Musical recordings can be analyzed with mathematical models and with the use of subjective information psychoacoustics dependent of the listener. Mathematical models include the analysis of the correlation over frequency of stereo signals (FDSC - Frequency dependent signal correlation).

For the purpose of this study, a symphony orchestra was recorded through the four different stereo techniques mentioned above (XY, ORTF, DECCA and AB) . Four samples were obtained from this stereo recording session. Mathematical correlation and psychoacoustics analysis were done with these samples in controlled conditions of reproduction with 20 listeners.

The psychoacoustic and mathematical results yielded a set of results that were analyzed, the conclusions obtained were applied for the development of a stereo microphone main system. Finally the new stereo system was studied and compared with the well known techniques analyzed earlier (XY, ORTF, DECCA and AB). New findings were identified as well as possible applications for the new stereo microphone main recording system.

Keywords: art history recording, sound recording, microphones, psychoacoustics, correlation, music, interpretation of artworks.

Directores de la tesis:

Dra. María José Mulet Gutiérrez

Dr. Edwin Pfanzagl-Cardone

Agradecimientos

A la Dra. Catalina Cantarellas por su asesoramiento, apoyo y consejo durante el trabajo.

A la Dra. María José Mulet, co-directora de esta tesis por su confianza, implicación y estímulo.

Al Dr. Edwin Pfanzagl-Cardone por su inestimable ayuda y asesoramiento a lo largo de todo el proceso.

Al Festival Internacional de Salzburgo.

A la orquesta sinfónica de las Islas Baleares y al Auditórium de Palma de Mallorca.

Sumario

1. Introducción	15
2. Objetivos del estudio y precisión de conceptos	19
3. Estado de la cuestión	25
4. Metodología de trabajo	29
5. Técnicas de microfonía en la grabación de música clásica. Breve aproximación histórico-técnica a la grabación	31
5.1. La grabación	31
5.2. Los transductores	37
5.3. El micrófono	38
5.3.1. Orígenes	38
5.3.2. El impulso de la radio difusión y el micrófono de carbón	41
5.3.3. Tecnologías alternativas al micrófono de carbón	43
5.3.4. Caracterización del micrófono	47
6. Estudio comparativo de cuatro sistemas de emplazamiento de micrófono estéreo	49
6.1. Metodología y herramientas informáticas	49
6.2. Técnicas de grabación con sistemas principales estéreo	50
6.3. Análisis mediante correlación matemática	53
6.4. Estudio mediante escalas psicoacústicas	55
6.5. El sujetos de escucha. Selección de los oyentes y examen otológico	59
6.6. Análisis estadístico	62
6.7. Consideraciones éticas	63
6.8. Cronograma del proyecto	65
6.9. Grabación musical	65
6.10. Pruebas iniciales de cámara reverberante	66
6.11. Proceso de grabación	69
6.11.1. Diseño técnico	69
6.11.2. Producción	72
6.11.3. Grabación. Espacio y orquesta	73
6.12. Selección de fragmentos musicales y escuchas	77
6.13. Condiciones de audición y sistemas de reproducción de muestras	78
6.14. Estudios psicoacústicos de Berg y Rumsey	80
6.15. Resultados	83
6.15.1. Curvas de correlación	83
6.15.2. Pruebas psicoacústicas	86
6.15.3. Análisis de correlación	93

6.15.4. Conclusiones iniciales sobre los cuatro métodos de grabación analizados..	94
7. Desarrollo de nuevo modelo de microfonía (DHAB)	99
7.1. Desarrollo DHAB.....	101
7.1.1. Patrones polares de las cápsulas.....	101
7.1.2. Distancias entre L,R y C	101
7.1.3. Línea de retardo en la cápsula C del DHAB	102
7.2. Grabación Orquestal con el modelo desarrollado DHAB.....	103
7.3. Resultados	108
7.3.1. Curva de correlación	108
7.3.2. Resultados psicoacústicos	110
8. Conclusiones	113
9. Bibliografía	115
10. Anexo	121
Índice de figuras	201
Índice de tablas	203

1. Introducción

Esta tesis es un análisis experimental de grabación de música clásica con orquesta mediante la aplicación de una nueva técnica de registro sonoro con micrófonos estereofónicos. Los modelos de grabación de música clásica se desarrollan a la par de la evolución tecnológica y de las preferencias y exigencias estéticas del momento. Se han diseñado múltiples sistemas de grabación desde monoaurales hasta estereofónicos e incluso algunos de sonido envolvente (surround 5.1). La mayor parte de las grabaciones en la actualidad se realizan con modelos estereofónicos dado que simulan la audición empleando varios micrófonos receptores imitando al oído humano. En el momento actual los cuatro modelos de grabación para música clásica universalmente aceptados son el XY, AB, DECCA y ORTF. De estos los más empleados son el DECCA y ORTF.

Las grabaciones musicales tienen un componente artístico por parte del ingeniero. Las preferencias de cada ingeniero varían modificando el resultado final de la grabación. Se podría comparar con la pintura de una obra de arte, no existe lo correcto o incorrecto, pero puede gustar más o menos. Las preferencias estéticas sociales cambian con el desarrollo de los tiempos afectando a las obras artísticas como las grabaciones y las interpretaciones musicales. En un mundo en constante desarrollo se produce la inquietud en los ingenieros de experimentar y valorar la posibilidad de producir nuevas sensaciones y emociones con pequeñas alteraciones en los modelos de grabación universalmente aceptados.

Esta tesis desarrolla un nuevo modelo original de grabación estereofónica (que se denominará DHAB). Se creará un sistema de grabación alternativo que ofrecerá un espectro y cualidades sonoras distintas a las previamente conocidas que creará emociones específicas sobre el público oyente. El nuevo modelo tendrá unas características específicas con sus carencias y cualidades que tratará de ofrecer una alternativa más en el espectro de posibilidades a emplear por los ingenieros de sonido en sus grabaciones musicales.

El autor concibe el progreso en el arte como el desarrollo y la evolución basado en el conocimiento previo. Así pues partimos de la base de los cuatro modelos estereofónicos predominantes (XY, AB, DECCA, ORTF). En primer lugar se analizarán los modelos universalmente aceptados mediante una grabación simultánea de una obra musical.

La grabación se realiza en el Auditórium de Palma con la Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares siendo un grupo musical y una sala de gran calidad para dicho estudio. Las grabaciones se estudiarán de manera objetiva mediante estudios matemáticos de correlación dependiente de la frecuencia (FDSC) y de manera subjetiva mediante la presentación de fragmentos musicales de manera ciega a oyentes entrenados con la posterior respuesta a un formulario de cualidades psicoacústicas (escalas psicoacústicas de Berg & Rumsey). Estos resultados ayudarán a apreciar las características de cada modelo estereofónico de grabación ofreciendo la posibilidad de aprovechar las cualidades específicas de cada uno para la creación del nuevo modelo aprovechando las mejores características de cada uno tratando de suplir las posibles carencias y reforzando algunos aspectos para así crear no solo un modelo alternativo sino con unos rasgos diferenciales mejorados claramente especificados. Una vez decidido el nuevo modelo de grabación se procederá a una nueva grabación para su valoración tanto matemática de correlación de frecuencia como psicoacústica para su posterior comparación con los modelos previos describiendo rasgos, diferencias y posibles aplicaciones del nuevo modelo desarrollado.

Este proyecto comienza en el año 2011 tras tener la posibilidad de colaborar con el departamento de acústica del Festival de Música Clásica de Salzburgo bajo la dirección del Dr. Edwin Pfanzagl. En primer lugar el autor tuvo la oportunidad de perfeccionar la técnica de grabación de música clásica con los modelos ya conocidos. Compartir la experiencia en el desarrollo de nuevos modelos de grabación del Dr. Edwin Pfanzagl alimentó la inquietud de tratar de mejorar los modelos actuales y así empezó un estudio bibliográfico extenso tanto de modelos de grabación como de sistemas de análisis de grabación. Durante ese año también se tuvo que perfeccionar el conocimiento en procedimientos de análisis estadístico, sus aplicaciones y manejo de programas informáticos específicos con la meta de poder analizar todos los datos recogidos durante el trabajo. En el 2012 se realiza la primera grabación simultánea con los modelos estereofónicos ya conocidos XY, AB, ORTF y DECCA con su posterior edición y producción. Se seleccionan los métodos de análisis y se llevan a cabo tanto los matemáticos con curvas de correlación dependiente de frecuencia como los subjetivos con las encuestas psicoacústicas rellenas en formularios ciegos por oyentes adecuadamente seleccionados.

En el 2013 se emplean todos los datos recogidos para analizarlos con los modelos estadísticos oportunos valorando sus características, diferencias y cualidades. Aprovechando dichas conclusiones se desarrolla el nuevo modelo original (DHAB) realizando las primeras pruebas de grabación a finales del 2013. En enero del 2014 se realiza la grabación orquestal con el nuevo modelo propuesto (DHAB) y en los siguientes meses se repiten los mismos estudios con los datos recogidos para posteriormente compararlo con los modelos previos. Finalmente se formulan conclusiones y las posibles aplicaciones del nuevo modelo creado.

Durante el proyecto aparecen múltiples problemáticas que se han ido resolviendo para conseguir el resultado de esta tesis. La primera problemática es la de la complejidad de la grabación simultánea con múltiples modelos de grabación. La superposición arquitectónica y las limitaciones tecnológicas de recogida de información suponen un problema pero con el uso de varios soportes informáticos de recogida y pericia en la colocación de micrófonos con sistemas de poleas desde el techo del auditorio se resuelve adecuadamente contando con la colaboración de un arquitecto que elaboró planos de la sala en Autocad. La disposición y paciencia necesaria por parte del conjunto orquestal se obtuvo haciéndoles a los músicos partícipes del proyecto comprendiendo la importancia de estos estudios en el progreso del arte de las grabaciones musicales. La selección de oyentes adecuadamente preparados y promover su interés y dedicación para las escuchas de fragmentos musicales en condiciones específicas y la respuesta completa de los largos formularios se consiguió con explicaciones detalladas y específicas del proyecto y su finalidad. Finalmente la recogida y el análisis de gran cantidad de datos se solventó con el uso de programas informáticos como Excel, Matlab y SPSS.

El referente bibliográfico fundamental de esta tesis es el trabajo realizado por el Dr. Pfanzagl-Cardone (Pfanzagl-Cardone, 2008) donde analiza diversos modelos de microfónica con la creación de un nuevo modelo que denomina Blumlein-Pfanzagl-Triple (BPT) especialmente orientado para grabaciones de sonido envolvente "surround". También se toma como referencia el trabajo de Martin G sobre una nueva técnica de microfónica para la grabación en cinco canales (Martin, 2005). Se aprovecha esta experiencia para llevar a cabo el desarrollo de un modelo dirigido únicamente a las grabaciones estereofónicas. Otras publicaciones de peso para esta tesis con las que describen técnicas de análisis de grabaciones de música clásica matemáticas objetivas y subjetivas mediante escalas psicoacústicas (Berg & Rumsey, 2003; Berg & Rumsey 2001;

Cook, 1955; Damaske, 2008; Howard, 2000; Griesinger, 2000; Guastavino, 2004; Nunnally, 1994; Rumsey, 1998; Rumsey, 2002). También tuvieron cierta importancia publicaciones sobre los modelos más comunes de grabación con los detalles de disposición de microfónica y técnicas de recogida de datos (Badal, 1996; Bartlett, 1991; Eargle, 2004; Hecker, 2000; Miles, 2001).

Estos aspectos de carácter experimental se irán desarrollando en los capítulos VI y VII.

Se trata, por tanto, de una tesis doctoral con un alto componente y práctico, y que se debe de situar en el contexto tecnológico actual que hace posible el grado de experimentalidad que se presenta.

Con todo, en épocas precedentes se desarrollaron y difundieron otras modalidades de registro sonoro musical, por lo que esta tesis no quiere descuidar la evolución histórica de las diferentes tecnologías aplicadas. Este aspecto se describe de manera breve, sencilla y puramente introductoria en el capítulo V.

El último capítulo corresponde a las conclusiones y resultados, incidiendo en la posible aportación y originalidad del estudio.

Finalmente, la tesis se cierra con los referentes bibliográficos utilizados y con la relación de documentos o anexos que ha generado.

2. Objetivos del estudio y precisión de conceptos

El objetivo principal de esta tesis es el estudio y análisis de las cuatro técnicas de grabación de música clásica universalmente aceptadas (XY, ORTF, AB y DECCA TREE) y el desarrollo de una nueva técnica estereofónica empleando los resultados obtenidos del estudio de las anteriores.

Para alcanzar los objetivos se realizará la grabación musical simultánea de la obra musical empleando las cuatro técnicas estereofónicas de grabación. Estas grabaciones se editarán y producirán para su posterior análisis de datos mediante técnicas objetivas matemáticas de correlación de frecuencia (FDSC) y subjetivas psicoacústicas mediante la encuesta ciega a 20 oyentes seleccionados de la escala de trece atributos psicoacústicos de Berg & Rumsey. Los resultados se importarán a una base de datos de Excel.

Los datos obtenidos -que son el resultado de otro de los objetivos conseguidos- se emplearán para comprender y describir los rasgos, cualidades y diferencias entre los cuatro modelos de grabación utilizados. Para su análisis se utilizarán los métodos estadísticos adecuados para dichas variables que incluirán la Correlación de Pearson, Análisis de la Varianza y Test de Tuckey con los intervalos de confianza. La hipótesis nula será que no existen diferencias significativas entre los cuatro modelos empleados en las tablas de criterios psicoacústicos.

El objeto de este estudio será el desarrollo de una nueva disposición de microfónica tratando de aprovechar lo mejor de cada uno de los cuatro modelos estudiados. Una vez elaborado el nuevo modelo se realizará una grabación con dicha disposición de micrófonos original y se volverán a analizar los datos de la misma manera que los de la primera fase de la investigación. Se compararán los resultados con los de los modelos previamente estudiados para valorar las posibles diferencias.

Finalmente se elaborarán conclusiones sobre los sistemas de grabación y su comparación con el nuevo modelo desarrollado estudiando su posible utilidad y repercusión como alternativa en la grabación de música clásica.

A modo de resumen se propone dar respuesta a una serie de interrogantes:

¿En qué difieren los trazados gráficos FDSC de DECCA TREE, ORTF, XY y AB, y cómo pueden interpretarse?

¿En qué difieren los atributos psicoacústicos de DECCA TREE, ORTF, XY y AB, y cómo pueden interpretarse?

¿Existe alguna correlación entre FDSC y los atributos psicoacústicos? ¿Se observa alguna tendencia en los resultados que pueda ayudarnos a seleccionar el emplazamiento idóneo de micrófonos estéreo para cada grabación?

¿En qué difieren los trazados gráficos FDSC del nuevo modelo de grabación desarrollado respecto a DECCA TREE, ORTF, XY y AB, y cómo pueden interpretarse?

¿En qué difieren los atributos psicoacústicos del nuevo modelo de grabación desarrollado respecto a DECCA TREE, ORTF, XY y AB, y cómo pueden interpretarse?

¿Cuáles son los beneficios y aplicaciones del nuevo sistema de grabación desarrollado?

Para el mejor entendimiento de la propuesta es necesario explicar y definir algunos conceptos que se utilizarán en este estudio. Son los siguientes: función de análisis de correlación de señales, correlación de señales en función de la frecuencia, sistemas principales de micrófonos estéreo, imagen estéreo, despliegue estéreo y atributos psicoacústicos.

La función de análisis de correlación de señales audio derecha e izquierda `mcorroverfreqISO31_48k_engl (wave1, wave2)`: permite estudiar la correlación en función de la frecuencia entre los canales derecho e izquierdo de 4 sistemas principales estereofónicos. La función matlab aplicada al realizar el scripting de esta expresión fue “mscohere”, una fórmula de la densidad espectral de potencia cruzada entre unos valores X e Y. (Pfanzagl-Cardone, Hoeldrich, 2008).

Se utilizan gráficos lineales para representar los resultados obtenidos con esta función. La frecuencia (Hz) se traza en el eje X y la correlación, en el eje Y.

La correlación de señales en función de la frecuencia (FDSC) se define por la variación de la correlación en todo el espectro de frecuencias. Al analizar sistemas microfónicos estéreo, se combinan parámetros de FDSC con el uso de la expresión matemática `mcorroverfreqISO31_48engl (wave1, wave2)`.

El término “coherencia” también se utiliza para definir la correlación entre señales. FDSC difiere un poco de esto porque ofrece valores de correlación para distintas bandas de frecuencia. (Damaske, 1967).

Los **sistemas principales de micrófonos estéreo** se utilizan fundamentalmente en grabaciones de música clásica, así como en grabaciones en vivo en las que la acústica desempeña un papel importante. Las técnicas de estéreo captan un paisaje sonoro utilizando normalmente 2 o 3 micrófonos, según el sistema escogido (Bartlett, 1991).

La mayoría de ingenieros que trabajan en ámbitos de grabación comercial utilizan sistemas principales.

Estos están diseñados para obtener una imagen estéreo coherente (Miles, 2001). La música clásica fue compuesta para ser tocada en auditorios y salas de conciertos y se considera haber logrado un buen sonido cuando una grabación es fiel al sonido directo producido en el auditorio (Misner, 2001). Los sistemas principales en estéreo están pensados para captar dicha fidelidad del sonido en directo.

La **imagen estéreo** es el término que se utiliza para definir aspectos de la reproducción de sonido respecto a la ubicación espacial, en anchura y profundidad. Las imágenes estéreo ofrecen la posibilidad de visualizar claramente la disposición de los instrumentos en un escenario sonoro. El sonido directo y las primeras reflexiones se utilizan para localizar el sonido mediante el sistema auditivo humano.

Las ondas sonoras, que llegan en 5ms, pueden utilizarse como atributos de localización. Algunos términos utilizados habitualmente en relación con las imágenes estéreo son: profundidad¹, perspectiva², distancia ,ambiente³ (Bartlett , 1991).

Percibimos el **despliegue estéreo** cuando una grabación se reproduce mediante altavoces o auriculares, los instrumentos deberían poderse localizar en una posición y distancia similares a la del concierto original cuando se grabó en el auditorio u otro escenario (Alkin, 1996). El término despliegue estéreo ayudará a definir visualmente en qué punto de la anchura se encuentra la fuente sonora (figura 1).

¹ Profundidad: distancia desde cada instrumento.

² Perspectiva: distancia de la orquesta desde el oyente.

³ Ambiente: también conocido como reverberación, o sensación espacial del entorno acústico.

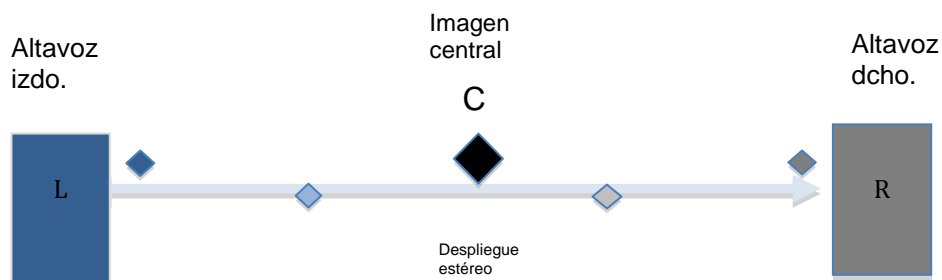


Figura 1 Diagrama que ilustra las posiciones de despliegue estéreo en altavoces.

Los **atributos psicoacústicos** se utilizan para definir claramente las respuestas cerebrales individuales que se producen al escuchar sonidos y música. Es difícil evaluar lo “bien” que suenan las grabaciones debido a la ambigüedad de este término. Esta es una de las razones por las que se utilizan escalas validadas en las evaluaciones psicoacústicas realizadas en este proyecto. Los aspectos evaluados, “amplitud de sala, presencia”, se conocen como atributos. Todos los oyentes participantes en las pruebas reciben una clara definición de lo que significa exactamente cada atributo (véanse secciones 6.5 y 6.14).

NAT	<i>Naturalidad</i>
PSC	<i>Presencia</i>
PRF	<i>Preferencia</i>
LFC	<i>Contenido de baja frecuencia</i>
EW	<i>Amplitud del conjunto</i>
ISWIDTH	<i>Amplitud de fuente individual</i>
LOC	<i>Localización</i>
SDIST	<i>Distancia de la fuente</i>
SENV	<i>Envolvimiento de la fuente</i>
RWIDTH	<i>Amplitud de sala</i>
RSIZE	<i>Tamaño de sala</i>
RSLEVEL	<i>Nivel de sonido en sala</i>
RENV	<i>Envolvimiento de sala</i>

Tabla 1 Abreviaturas de los atributos psicoacústicos de Berg y Rumsey (2003).

Para los fines de esta investigación, los trece atributos relacionados a continuación se evaluaron según la escala psicoacústica⁴ de Berg y Rumsey (2003).

En el estudio estadístico, se usan generalmente los valores medios de cada atributo. Siempre se hace referencia a ellos como ATRIBUTOM, por ejemplo NATM: naturalidad media.

⁴ Anexo 10.2.2

3. Estado de la cuestión

La industria de la grabación de música clásica se ha desarrollado paralelamente al nacimiento y evolución de nuevas tecnología de audio y nuevos formatos de grabación. Los equipos de grabación y reproducción han progresado enormemente desde la primera grabación de música clásica de la que se tiene noticia, en el Crystal Palace de Londres en 1888 (Goddard, 2006).

A partir de 1920 en adelante, gracias al desarrollo tecnológico e industrial, los equipos de reproducción doméstica de música han avanzado a gran velocidad. El 27 de agosto de 1920, Susina (Radio Argentina) emitió en directo la ópera Parsifal de Wagner desde Buenos Aires (Argentina) (Ulanovsky, 1996). Este mismo año, el 15 de junio, Marconi retransmitió, de forma experimental, un concierto de la soprano Nellie Melba desde Chelmsford (Inglaterra) (Bowen, 2010).

Hoy en día la grabación de música clásica ha alcanzado niveles de perfección gracias a los grandes avances tecnológicos de que se dispone durante la grabación y la postproducción. Sin embargo, esto ha creado una falsa imagen para el público que asiste ocasionalmente a salas de conciertos ya que utiliza las grabaciones como referencia para juzgar el sonido de una orquesta.

En las grabaciones con orquesta se deberían tener en cuenta cuatro variables: el espacio acústico, la calidad de la orquesta, la composición de la orquesta y la disposición de los micrófonos. El emplazamiento de los micrófonos normalmente se planifica en base al sonido conseguido en experiencias anteriores. Si bien se pueden obtener buenos resultados “de oído”, éste no es siempre el método más fiable.

Algunas de las técnicas más representativas de la microfónica estéreo han sido desarrolladas por ingenieros de sonido en compañías discográficas (DECCA, Mercury Records, Philips, EMI) y compañías de radiodifusión (ORTF, Swiss Radio / Jecklin Disk). Si bien las técnicas de grabación más recientes se diseñaron para una audición multicanal en Surround, su emplazamiento de micrófonos proviene de aquellas que se desarrollaron para el estéreo. Por otro parte, las preferencias de la mayoría de consumidores de música hacen que el sistema estéreo siga siendo plenamente válido debido al uso ingente de aparatos estereofónicos portátiles.

El oyente juzga subjetivamente y establece sus preferencias.

De este modo, podríamos desarrollar el modelo de grabación en estéreo mediante un emplazamiento “de oído” de los micrófonos. La evaluación psicoacústica podría inducir a los oyentes a usar expresiones imprecisas como “parece estar muy cerca” o “suena bien”. Afortunadamente, se ha desarrollado un tipo de análisis objetivo que nos permite, en tiempo real o diferido, verificar algunos parámetros como el grado de correlación de las señales obtenidas con técnicas microfónicas en estéreo. Este concepto remite al “análisis de correlación de señales en función de la frecuencia”, o “FDSC”. Tras el estudio y revisión de las ideas expuestas, se propuso la elaboración de métodos reproducibles de grabación musical en estéreo. Hacía falta contar con una base física y matemática de los sistemas microfónicos en estéreo. Se aplicó el análisis de la “correlación de señales en función de la frecuencia” y evaluaciones perceptivas del oyente (psicoacústica) mediante las escalas psicoacústicas de Berg y Rumsey (2003).

La utilización y uso de esta doble metodología puede mejorar el desarrollo de las grabaciones en estéreo aportando una base científica más sólida.

La industria de la música y el sonido aprovecha el desarrollo tecnológico para ofrecer al oyente un producto de alta calidad que le permita sentir que está asistiendo a un concierto en directo desde su equipo reproductor doméstico. Pfanzagl-Cardone (2008) mencionó diversas líneas de trabajo e investigación para conseguir estos objetivos mejorando los sistemas de altavoces y aumentando el número de cajas (sistema multicanal en Surround). Existen otros sistemas que se están utilizando para entregar audio comprimido de alta calidad, éstos modifican el rango dinámico de la señal en base a principios psicoacústicos (codificación MP3) y nos permiten una mayor eficacia en su almacenamiento y transmisión de datos.

No obstante, las técnicas de grabación y emplazamiento de micrófonos siguen siendo esenciales para obtener un producto musical de calidad. Griesinger (2000) estudió la correlación de señales estéreo en grabaciones de orquestas con un par de micrófonos omnidireccionales, y calculó el grado de correlación de un emplazamiento dado de micrófonos en función de la frecuencia (correlación de señales).

Más tarde en Pfanzagl-Cardone (2002) propuso el concepto de frecuencia crítica (f_{crit}), en el que la correlación de señales se acerca al valor 1 (es decir, la señal se transforma en monofónica). Otro concepto relacionado con la señal estéreo es la coherencia (Blauert, 1976).

Más recientemente, Martin (2005) desarrolló este concepto e incluso aplicó funciones matemáticas (promedio de Welch) para establecer valores que oscilan entre 0 y 1 e indican el grado de coherencia de las señales estéreo (a y b) en función de la frecuencia. Theile (2001) intentó realizar grabaciones que fueran lo más naturales posibles introduciendo aspectos psicoacústicos en el proceso de evaluación. Propuso que la coherencia mínima se establezca en $k \geq 0,35$, con lo que la grabación sonará más espaciosa y natural en todas las frecuencias. Damaske (1967) estudió la coherencia de las señales estéreo y la sensación de impresión espacial. Muchos especialistas en sonido, como Wuttke (1998), siguieron a estos autores e intentaron realizar grabaciones musicales con índices de correlación y coherencia de la señal estéreo en consonancia con los mencionados. Otros, como Pfanzagl-Cardone, (2008), debatieron sobre la interpretación que se ha ido dando a estos conceptos. El objetivo de estas grabaciones musicales es ofrecer al oyente una experiencia musical lo más cercana posible a la percepción que tendrían en un auditorio. Cuando se menciona la percepción musical, de inmediato viene a la mente el concepto de psicoacústica, que deposita una considerable carga subjetiva en el oyente.

Berg y Rumsey (2001) analizaron y estudiaron este concepto y revisaron las experiencias de análisis psicoacústicos previos: Mason (2000), Rumsey (1998), Nunnally y Bernstein (1994). También desarrollaron una escala psicoacústica (Berg y Rumsey, 2003), aunque existen otras: Zacharov (1999), Toole (1985) y Gabrielsson (1990). Guastavino (2004) realizó una segunda revisión de la percepción audio espacial de diversas reproducciones y llevó a cabo estudios experimentales con la evaluación de atributos espaciales preferidos.

La evaluación de la calidad de las grabaciones musicales de manera reproducible es de vital importancia para el progreso de la ingeniería musical. Por ello emplearemos análisis matemáticos de correlación de ondas y psicoacústicos para valorar diferentes aspectos de las grabaciones, establecer patrones y mejorar los resultados en la percepción de nuestras grabaciones.

4. Metodología de trabajo

Se realizará el estudio de la grabación de una composición musical analizando las cuatro técnicas estereofónicas de grabación universalmente aceptadas (XY, ORTF, AB, DECCA) teniendo en cuenta características objetivas (correlación de señales en función de la frecuencia - FDSC) y subjetivas (atributos psicoacústicos).

Finalmente se emplearán los resultados para desarrollar una nueva disposición de microfónica tratando de mejorar los modelos universalmente empleados. Se analizarán sus características y se comparará con los modelos previamente citados.

Las técnicas de grabación con micrófonos estereofónicos han ido evolucionando progresivamente y se han consolidado varios métodos estándar que se pueden encontrar en la mayor parte de proyectos de ingeniería sonora. Algunas de estas técnicas de uso generalizado son AB, ORTF, XY y DECCA TREE. Cada una tiene sus indicaciones específicas para distintas formaciones musicales y lugares de grabación.

La técnica estéreo AB, también conocida como estéreo por diferencia de tiempo, utiliza dos cápsulas omnidireccionales separadas entre ellas el efecto estéreo se crea por las pequeñas diferencias de tiempo y fase entre las señales auditivas lo que ofrece una vívida imagen estéreo y transmite fielmente la acústica de la sala al oyente. Esta técnica se utiliza, por lo general, para grabar en teatros, que ya suelen gozar de buena acústica, por lo que el técnico o ingeniero intenta transmitir la misma sensación que percibe el público.

La técnica estéreo ORTF busca emular la percepción humana binaural mediante dos micrófonos cardioides con una separación de 17 cm y un ángulo de 110°. Se utiliza sobre todo en condiciones en las que se requiere localización sonora precisa. Para encajar la amplitud de la orquesta en un sistema estéreo ORTF, se mide la distancia desde la orquesta, pues presenta una proporción entre sonido directo y difuso que hace que las fuentes sonoras parezcan estar más cerca de lo que realmente están.

Es útil especialmente para grabar en teatros con acústica mediana o deficiente. La ORTF es muy apreciada por los radiodifusores porque ofrece una buena imagen estéreo y una excelente compatibilidad con sistemas monofónicos.

XY es una técnica estéreo de coincidencia. Esto significa que las dos cápsulas cardioides casi se tocan y forman un ángulo de 90°.

En este caso, la imagen estéreo se produce por la atenuación de la desviación del eje. Este método de grabación no permite imágenes estéreo amplias, por lo que se usa mayormente para grabar pequeños conjuntos o instrumentos solistas.

DECCA TREE consiste normalmente en un triángulo de tres micrófonos omnidireccionales que forman un triángulo equilátero con una separación de 1-2 metros. Uno de los micrófonos apunta directamente hacia la sección de viento madera (micrófono central) y los demás (derecho e izquierdo) forman un emplazamiento estéreo AB amplio. Este triángulo se sitúa por encima del director. Se utiliza sobre todo para grabar música de cine y grandes orquestas sinfónicas, pues ofrece una amplia imagen estéreo controlada, sin el efecto de "hueco en el centro", gracias al micrófono central.

Existen pocos estudios objetivos sobre los usos exactos de estas técnicas estéreo habituales. El objetivo de esta investigación es comparar diversos atributos sonoros en cada una de las técnicas. Se realizó una evaluación de los puntos fuertes y débiles de cada una con el fin de definir unos criterios de selección para los sistemas de micrófonos estereofónicos. Se trabajó con una orquesta sinfónica como fuente sonora. Estos cuatro sistemas estéreo principales se grabaron al unísono. Se seleccionó una muestra sonora representativa y se editó para ulterior análisis matemático y encuesta psicoacústica. El estudio incluyó un análisis matemático de correlación en función de la frecuencia. La encuesta se administró a oyentes con el oído formado que anteriormente habían evaluado muestras de música grabada siguiendo un método comparativo. Los candidatos cumplieron un formulario en línea en el que se evaluaron trece atributos psicoacústicos. Se aplicó un análisis estadístico a esos datos para evaluar cualesquiera posibles diferencias estadísticamente significativas.

Finalmente se emplearon estos datos para desarrollar una nueva disposición de microfónica aprovechando los mejores rasgos de las cuatro analizadas. Se realizó nueva grabación, estudio de correlación y atributos psicoacústicos y comparación con los anteriores para describir los rasgos, diferencias y posibles aplicaciones del nuevo modelo desarrollado.

5. Técnicas de microfonía en la grabación de música clásica. Breve aproximación histórico-técnica a la grabación

5.1. La grabación

La historia de la grabación del sonido propiamente dicha comienza en 1877 con Thomas A. Edison el fonógrafo (Hoffmann, 2004; Turner, 1983). Años antes, en 1860, Leon Scott había conseguido la primera grabación de la voz humana, que fue registrada en hojas de papel de fumar. El fonógrafo de Edison consiste en una lámina muy fina de aluminio que envuelve un tambor cilíndrico con eje que permite girar con una manivela y avanzar lateralmente bajo un estilete o punzón unido a una membrana a modo de diafragma, capaz de vibrar con el impacto de las ondas sonoras que emite el operador al hablar a través de una boquilla. La vibración de la membrana se transmite al punzón que va variando su presión sobre el papel de aluminio que gira en el tambor, creando unos surcos a modo de ondulaciones que corresponden a los patrones de presión de las ondas sonoras.

La reproducción consistía en colocar el punzón en el comienzo del surco de grabación realizado en la hoja de aluminio e ir girando el tambor con la manivela; el movimiento del mismo transmite vibración al diafragma que mueve el aire de la boquilla repitiendo el sonido grabado.

Los resultados de este rudimentario proceso inicial eran desalentadores pero fueron el comienzo. Edison abandonó pronto esta línea de trabajo ya que al parecer la idea de grabar música no era prioritaria para él, e incluso se dice que probablemente tuviera ciertas dificultades auditivas.

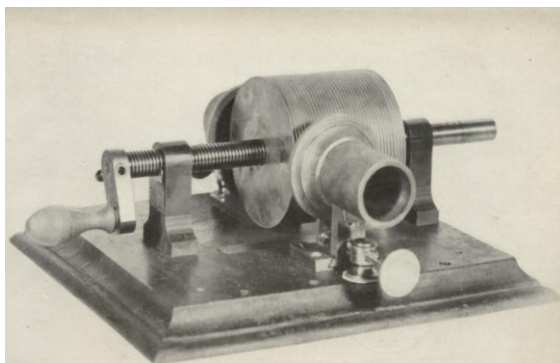


Figura 2 El Fonógrafo original de Edison (1877).

En los años sucesivos, utilizando la idea preliminar de Edison, Graham Bell y Charles Tainter realizan modificaciones del prototipo original. Sustituyen el cilindro con la lámina de aluminio por un cilindro de cera sólida extraíble del eje de giro, consiguiendo con mayor facilidad el efecto del fonógrafo de Edison.

En 1888 Emile Berliner desarrolló el fonógrafo de disco plano (gramófono) que será el prototipo que evolucionará hasta nuestros días (Martland, 2013; Turner, 1983). Inicialmente trataba de evitar la patente del fonógrafo de Edison aunque el concepto básico seguía siendo equivalente. Utiliza discos metálicos cubiertos por una capa de negro de humo y sustituye el cilindro por un disco plano que gira en un eje central y el estilete o punzón se mueve estimulado por la vibración de las ondas sonoras a través del diafragma en sentido horizontal. A medida que avanza el punzón va cortando surcos en la lámina de -negro de humo- del disco giratorio creando una pista. Finalizada la grabación, el disco se introduce en un baño de ácido que provoca una ranura en el surco creado por el punzón al quedar expuesto el metal subyacente. Este disco ya constituye el positivo de la grabación, pero Berliner piensa en la posibilidad de copiar múltiples discos del original para ofrecerlos comercialmente y desarrolla un método de copia mediante electrodeposición seguido de estampación con una prensa de vapor consiguiendo copias exactas del original. De este modo aparecen en el mercado discos de metal decapados capaces de reproducir pequeñas piezas musicales grabadas con el gramófono de Berliner.

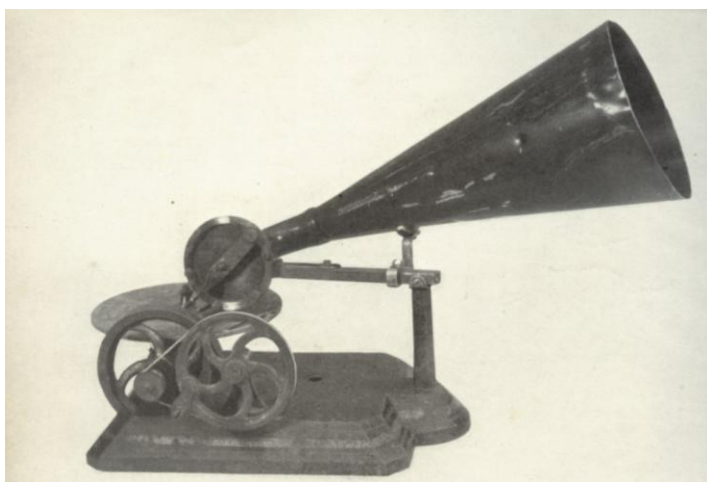


Figura 3 Gramófono de Berliner (1888).

Se trataban habitualmente de grabaciones de canciones populares. Dichos discos eran excesivamente ruidosos y pronto se desarrollaron otros de cera, recuperando las experiencias con cilindros de cera de Bell y Tainter. La cera sólida es un medio ideal para la grabación con el punzón o lápiz vibrátil y permite la duplicación de discos de modo más fiable y eficaz.

En 1901 es una realidad el proceso de grabación y reproducción con el gramófono de Berliner adaptado a los avances apuntados, de modo que los grandes cantantes de ópera del momento (Caruso, Chaliapin, Melba etc.) se interesan por el procedimiento y comienzan a realizarse grabaciones. El aumento de tamaño de los discos, que inicialmente eran de 7 pulgadas y pasan a 12 pulgadas, influye positivamente permitiendo grabaciones de mayor duración.

Los hermanos Gaisberg, representantes de las primeras compañías de grabaciones musicales de Berliner (Gramophone and Typewriter Co. que con los años fueron el germen de EMI), viajan con su gramófono y discos de cera por Europa e incluso llegan a la India, recogiendo grabaciones de arias operísticas y otras obras de cantantes del momento (Caruso, Tamagno, Battistini, Chaliapin). Realizan las grabaciones en habitaciones de hotel y luego transportaban los discos de cera grabados (máster) para elaborar las copias comerciales en su fábrica central.

La primera grabación de Enrico Caruso constituyó un auténtico “best seller” y el proceso de reproducción del máster fue tan intenso que se degradó, obligando a repetir de nuevo la grabación ante la ingente solicitud de copias (Martland, 2013; Tschmuck, 2012).

Otras de las primeras grabaciones corresponden a cantantes célebres de la Ópera Imperial de Rusia como Chaliapin, Figner y su esposa Medea (Gronow, 1998).

Paralelamente comienzan a surgir problemas técnicos por el desgaste de los discos copiados en las reproducciones. Por este motivo, Víctor Recordings, filial norteamericana de Gramophone and Typewriter Co. denominada ya HMV, desarrolla un test de calidad en sus copias grabadas garantizando más de 50 reproducciones.

También se dieron otras iniciativas en estos comienzos de la grabación musical. En 1911, la compañía HMV en colaboración con la conocida cantante de ópera Dame Nellie Melba realiza el primer test o prueba de grabación de voz en función de diferentes distancias de la cantante a la bocina del receptor del gramófono lo que permite analizar la calidad de las grabaciones detectando la pérdida de presencia o inmediatez de la fuente sonora en función de la distancia a la que es grabada.

Tras estas experiencias iniciales comienzan a aparecer profesionales expertos en grabaciones de HMV que era como se denominaban en aquella época a los actuales ingenieros de sonido.

En Estados Unidos, Columbia desarrolla su gramófono utilizando las patentes de Bell & Tainter, pero no alcanza gran desarrollo hasta 1925, momento de aplicación de la electricidad al proceso de grabación. En Francia, la empresa Pathé introduce una considerable actividad en grabación de música clásica, pero su sistema de cilindros dobles y corte vertical por el punzón grabador / lector conlleva mucho ruido mecánico y muy pobre calidad de reproducción (Gronow, 1998).

Aunque en los inicios de la grabación musical el protagonismo lo lleva la voz humana de la ópera, la compañía HMV desarrolla grabaciones instrumentales de violín a Kreisler y Kubelik con resultados razonables en sus registros (Hoffman, 2004).

El siguiente reto fue la grabación de una formación musical. Se conservan documentos sonoros de la grabación de 1913 realizada en ocho partes de una versión reducida de la Quinta Sinfonía de Beethoven, dirigida por Artur Nikisch e interpretada por la London Symphony Orchestra (Badal, 1996). Aunque el escuchar actualmente estos fragmentos nos parecen de una inaceptable calidad técnica, en su momento supusieron un hito histórico y mantienen esa complicidad que evoca el placer y la pátina de lo añejo bien interpretado.



Figura 4 Ejemplo fotográfico de una grabación preliminar de Kubelik. Obsérvese la posición del intérprete y el cuerno o bocina receptora del gramófono.

Directores, compositores y estrellas de la época como Elgar, Toscanini, Ronald y Stokowski quedaron seducidos por el invento y con sus respectivas formaciones orquestales desarrollaron laboriosas sesiones de grabación.

La limitación tecnológica del proceso no permitía grabaciones superiores a cuatro minutos, obligando al director de la orquesta a realizar arreglos o crear cadencias finales o bien transiciones para enlazar el primer disco con el siguiente de la misma obra evitando cortes abruptos en la reproducción.



Figura 5 Grabación de orquesta con el maestro Edward Elgar en 1914.

El proceso de una sesión de grabación orquestal en 1920 podría describirse así: en primer lugar se procedía a la preparación del gramófono con una considerable pila de discos máster de cera sólida de la mejor calidad de elaboración. El punzón o estilete que realizaría la grabación ya era de vidrio, estaba conectado al diafragma que transmitía la vibración de la onda sonora recogida por el receptor o receptores (llamados cuernos o bocinas) de diferentes dimensiones, únicos o múltiples, en este último caso con conexiones en "y" metálicas y conductos tubulares de goma que finalizaban en el diafragma del gramófono. Si se trataba de una bocina receptora los intérpretes tenían que agruparse para transmitir su sonido a la misma. Si se tuvieran varias bocinas, se decidiría la colocación.

Para evitar resonancias propias de los cuernos receptores, estos se envolvían en cinta elástica. Estaban suspendidos frecuentemente por soportes para transmitir la onda sonora con mayor fidelidad.

El disco de cera máster giraba en el gramófono aproximadamente a 78 vueltas o revoluciones por minuto (rpm) y el estilete de vidrio o lápiz se desplazaba lateralmente de fuera a dentro hasta finalizar la grabación del disco que en función de su diámetro podía conseguir unos cuatro minutos de grabación.

Inicialmente cada compañía tenía su propio sistema de grabación que trasladaba a la sala de conciertos y ocultaba tras un telón o cortina con el pretexto de amortiguar ruido de fondo, aunque en realidad el objetivo era ocultar su incipiente tecnología para evitar el espionaje industrial.

La colocación de los músicos dependía del número de bocinas receptoras, lo que confería un aspecto de organización poco ortodoxo de las secciones orquestales. Técnicamente, esta aglomeración de instrumentos sobre la bocina receptora impedía grabar con la sensación espacial que ofrece una orquesta en la sala de concierto.

Por otra parte, y para evitar el traslado de los pocos versátiles sistemas de grabación y facilitar el trabajo comienzan a crearse salas o estudios de grabación. de dimensiones adecuadas, con aislamientos acústicos, iluminación y disposición variable de los equipos de grabación en función del trabajo a realizar y el conjunto musical.

Además, los estudios permiten disponer de almacén, archivo y múltiples facilidades técnicas. Se plantean soluciones para la colocación de las bocinas receptoras en las secciones orquestales: cuerda, madera etc., bocina exclusiva para la voz, sistemas rodantes para acercar o alejar al intérprete del cuerno receptor y dar sensación de presencia o lejanía.

También se proponen sistemas de espejos para garantizar en toda la estancia la imagen del director, en ocasiones semi oculta para no interponerse entre los intérpretes y las bocinas receptoras. Se dieron algunos detalles curiosos, como indicar a los pianistas tocar siempre “fortissimo” o colocar el piano detrás y elevado en relación al tenor para conseguir la mejor proyección del sonido hacia la bocina receptora.



Figura 6 Proceso de grabación mecánica de orquesta. Victor Talking machine Company, Candem; New Jersey (Maxfield & Harrison).

Una vez realizada la grabación en cera, los discos máster se sometían al proceso de galvanoplastia consiguiendo una copia negativa en metal y luego un positivo por presión. Esta copia era reproducida y se escuchaba por los ingenieros HMV, intérprete, director de orquesta, compositor, etc. Si el resultado se considera satisfactorio se lleva a efecto el proceso definitivo de copias negativas máster en níquel (más resistente) y se dedican a la fase de reproducción de positivos en goma laca que será el disco definitivo para reproducir por el gran público en el gramófono. Debe destacarse que en este proceso rudimentario no existe la posibilidad de someter la muestra grabada a técnicas de postproducción ofreciendo al público la grabación “nativa”.

Dicho proceso de grabación se denominará grabación mecánica en contraposición a la grabación eléctrica, que se desarrolla tras la invención del teléfono y radio.

5.2. Los transductores

El transductor es la herramienta indispensable para la grabación musical porque es un dispositivo capaz de transformar o convertir una determinada forma de energía de entrada en otra forma diferente a la salida. El desarrollo de la tecnología transductora ha marcado las grabaciones musicales.

En las primeras grabaciones el transductor utilizado para recoger el sonido se denominaba bocina captora.

Se trataba de una pequeña bocina terminada en un diafragma alargado flexible que vibraba conforme a la presión sonora ejercida por el sonido. Las vibraciones resultantes proporcionaban la energía mecánica necesaria para mover la aguja encargada de trazar el surco sobre el soporte.

El fonógrafo utiliza por tanto un sistema de grabación mecánica analógica en el cual las ondas sonoras son transformadas en vibraciones mecánicas mediante un transductor acústico-mecánico.

Estas vibraciones mueven un estilete que labra un surco helicoidal sobre un cilindro de fonógrafo, mientras que si se trata de un disco se registran surcos en forma de espiral.

El descubrimiento y existencia de transductores que transforman el sonido en electricidad representa un salto tecnológico, que podríamos calificar de cuántico, en la capacidad de registrar sonido.

Este concepto primitivo de transducción acústico eléctrico, con sus diferentes soluciones tecnológicas (que serán objeto de revisión más adelante) se ha venido perpetuando hasta nuestros días.

Los hitos fundamentales serán la aplicación del micrófono, el altavoz y obviamente la electricidad a la grabación musical. Se trata del inicio de la grabación eléctrica analógica. El micrófono es el transductor que transforma la energía acústica en energía eléctrica. El término es de origen griego: micro, que significa pequeño y phon, que significa sonido; es decir pequeño sonido. Fue acuñada por Sir Charles Wheatstone en 1827 (Eargle, 2004). Realmente el micrófono convierte pequeños sonidos en grandes sonidos.

5.3. El micrófono

5.3.1. Orígenes

El origen de la invención del micrófono no es fácil de identificar, particularmente cuando consideramos la solución tecnológica aplicable.

Sus inicios pueden remontarse al físico alemán Johann Philipp Reis al diseñar hacia 1861 un transmisor de sonido que utilizaba una tira metálica unida a una membrana con un punto metálico de contacto, que cerraba el circuito eléctrico (Eargle, 2004).

Las variaciones de la membrana asociadas a la presión de las ondas sonoras producían la apertura y cierre del circuito eléctrico, generando una intensidad de corriente eléctrica, variable sincronizada con el sonido.

El siguiente intento registrado corresponde a Elisha Gray (inventor americano que fundó la que vino en llamarse Western Electrical Company). Su diseño estaba basado en un transmisor líquido en el cual un diafragma estaba unido a una barra conductora (electrodo) móvil inmersa en una solución ácida.

Un segundo electrodo de carácter fijo, continuaba el circuito eléctrico a través de la solución (Evenson, 2000).

Las variaciones en el diafragma debidas a la presión sonora originaban la separación entre los dos electrodos de manera proporcional a la variación del sonido, modificando la resistencia eléctrica del circuito entre electrodos y consecuentemente produciendo una variación de la corriente eléctrica proporcional que circula por el circuito.

En 1876 Graham Bell registra su patente del teléfono que incluía un micrófono de transmisor líquido similar al concepto de Gray. De hecho Gray presentó una queja a la patente de Bell y hubo una disputa alrededor de este tema (Evenson, 2000).

Con este micrófono de transmisor líquido, Graham Bell pronunció la famosa solicitud a su asistente Watson, que se encontraba en otra habitación: *“Mr. Watson come here, I want you”*.

Establecidos estos antecedentes, puede definirse el micrófono como un dispositivo electromecánico que utiliza las vibraciones de la presión sonora en el aire para transformarlo en una señal eléctrica proporcional a la onda de presión.

La escasa calidad de los micrófonos con base en los transmisores líquidos hizo que muchos inventores se embarcaran en la investigación de alternativas tecnológicas.



Figura 7 Micrófono de transmisor líquido de Bell.

David Edward Hughes diseñó en 1878 un nuevo tipo de micrófono usando gránulos de carbono empaquetados en una capsula cerrada (Hughes, 2008). En respuesta a la variación en el diafragma causada por las ondas de presión sonora, la resistencia eléctrica a través de los gránulos de carbón se ve modificada en modo proporcional y consecuentemente la corriente eléctrica que atraviesa dicha resistencia.

Aún cuando las prestaciones de estos micrófonos de carbón hoy en día se considerarían de muy baja calidad, constituyeron un paso muy importante hacia delante y facultaron entre otras cosas la tecnología de voz por teléfono.

Así Edison, trabajó en su mejora mediante un micrófono de botón de carbón (1885). La capsula o botón de carbón contenía gránulos de carbón de antracita confinados entre dos electrodos uno de los cuales estaba unido a un fino diafragma metálico. El transmisor de Edison era sencillo y de reducido coste para su fabricación, siendo a la vez muy eficiente y duradero.

Ha sido la base de los micrófonos usados en millones de teléfonos en todo el mundo durante el siglo pasado (Rolt, 2013).

Una de las características que se observa en estos micrófonos de carbón para aplicación telefónica es su limitación para la reproducción de las altas frecuencias.

Si bien esto no constituye limitación alguna para los canales telefónicos dado que el ancho de banda asignada se corresponde con 4kHz.

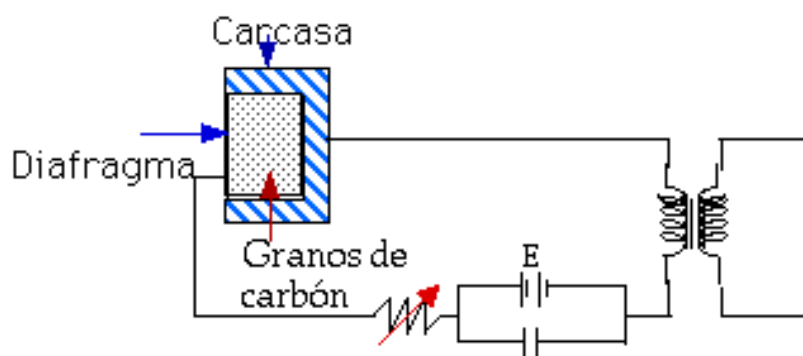


Figura 8 Esquema eléctrico del micrófono de carbón.

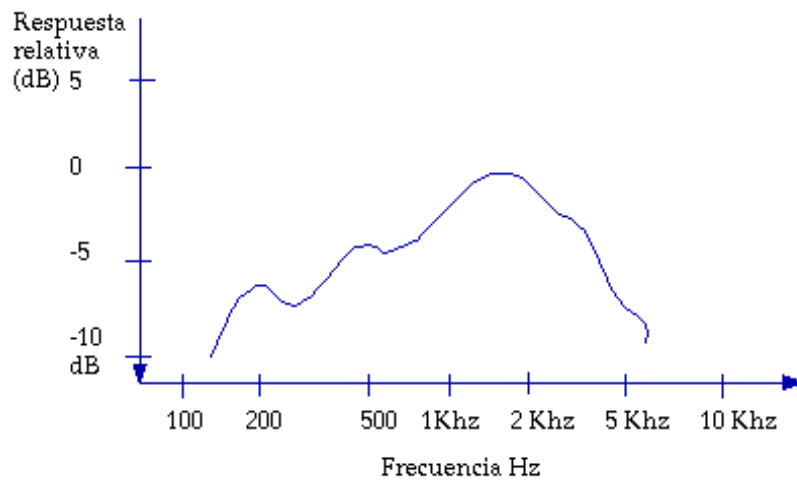


Figura 9 Gráfica mostrando la respuesta de frecuencia del micrófono de carbón.

5.3.2. El impulso de la radio difusión y el micrófono de carbón

Finalizada la Primera Guerra Mundial, en 1920 las compañías discográficas se enfrentan a una competencia seria: la radio.

El desarrollo de la radio utiliza el invento del micrófono y el altavoz fusionados, siendo la calidad del sonido emitido muy superior al conseguido hasta la fecha con la grabación mecánica del gramófono.

Este advenimiento de la radiodifusión estimula el desarrollo de micrófonos de carbón de mejor calidad. Uno de los más destacados fue el micrófono de carbón desarrollado por Marconi-Reisz, inventado en Alemania por un joven empleado de la compañía Reisz, Georg Neumann, quién más adelante llegó a fabricar micrófonos con su propio nombre (Baker, 2013).

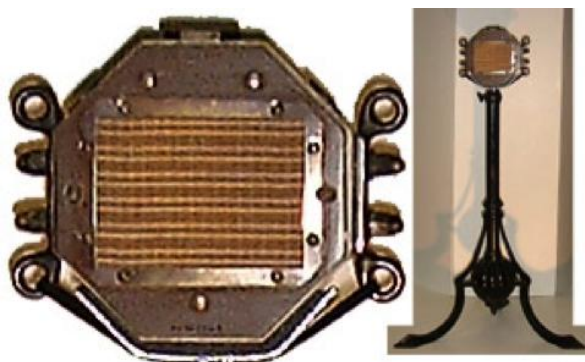


Figura 10 Micrófono de carbón desarrollado por Marconi-Reisz.

Aún cuando el Marconi-Reisz fue inventado en Alemania se fabricó en el Reino Unido. En 1925 fue utilizado diariamente por la recién creada BBC (British Broadcasting Corporation) durante más de una década (Baker, 2013).

El Marconi-Reisz también denominado “bloque de mármol”, consistía en un bloque de mármol octogonal vaciado internamente por una cara para formar una cavidad donde las partículas de carbón eran ubicadas y confinadas con un diafragma inicialmente de goma y más tarde de mica. Los diafragmas de mica tenían un pico desagradable en el entorno de los 5KHz y eventualmente fueron sustituidos por un diafragma de papel de arroz.



Figura 11 Micrófono Reisz denominado “bloque de mármol “con diafragma de papel de arroz.

Este micrófono, fue el utilizado en 1923 por la primera estación de radio alemán, la famosa Vox House, en Postdamer Platz 1, Berlín.

Las características del micrófono presentaba una respuesta en frecuencia lineal entre 50Hz y 1kHz, presentando una ganancia de 10dB hasta los 4kHz para luego decaer unos 15dB a 10KHz . Esto da una idea de las limitaciones técnicas del producto pero fue una solución aceptable para la tecnología de la época durante más de una década.

Apoyada en estas tecnologías, la radiodifusión establece una nueva forma de hacer llegar no solamente la información sino también la música a un espectro cada vez más amplio de radioescuchas. Así, uno de los primeros usos de la radio fue la transmisión cotidiana de música clásica. Se considera como acto fundacional de la radiofonía la transmisión el 27 de agosto de 1920, del espectáculo sacro Parsifal, de Richard Wagner, desde el teatro Coliseo de Buenos Aires, a cargo de la Sociedad Radio Argentina, de Enrique Susini, César Guerrico, Miguel Mugica y Luis Romero, quienes improvisaron un equipo transmisor en el techo del edificio.

El mismo año, el 15 de junio, Marconi retransmitió, de forma experimental, un concierto de la soprano Nellie Melba desde Chelmsford (Inglaterra) (Bowen, 2010).

5.3.3. Tecnologías alternativas al micrófono de carbón

Si bien la tecnología de los micrófonos de carbón supuso un gran avance permitiendo la disponibilidad de una señal eléctrica para un procesamiento ulterior, pronto se detectaron sus limitaciones iniciándose una búsqueda de mejores alternativas.

En ese sentido la ruta piezoeléctrica parecía una opción. Se trata de un transductor con base en un cristal, que genera unas señales eléctricas por la presión que se ejerce sobre el mismo, en este caso por las ondas sonoras. El concepto se basaba en las investigaciones de los esposos Curie. Estos transmisores usaban cuarzo o sales de Rochelle pero la calidad de sonido no era particularmente buena. Hoy en día existen micrófonos de naturaleza piezoeléctrica con base en cerámicas especiales, pero su aplicación está orientada a usos específicos, como micrófonos de contacto en la amplificación de instrumentos acústicos o en exploraciones bajo el agua.

Otra tecnología alternativa es el micrófono de condensador. El primer fue desarrollado por Edward Christopher Wenthe, investigador de la Western Electric/Bell Labs. Lo patentó en 1916 (Bayer, 1999).

El micrófono de condensador supuso un avance enorme en términos de las prestaciones comparadas con el micrófono de carbón con un ancho de banda de 15KHz y una mejora sustancial respecto a las tecnologías disponibles.

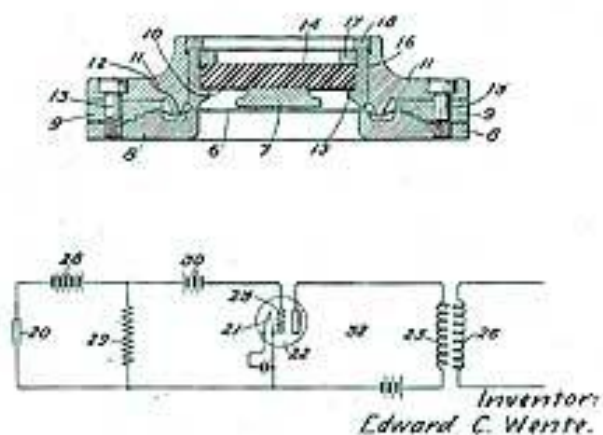


Figura 12 Edward Christopher Wenthe desarrollador del micrófono de condensador.

Figura 13 Esquema de la patente del micrófono de condensador - Western electric/ Bell Labs 1916.

Además sentó las bases para la revolución en las grabaciones, así como en el registro de sonido asociado a la cinematografía.

El desarrollo de Wente adquirió expresión práctica a inicios de 1920 cuando los micrófonos de condensador empezaron a ser fabricados para su utilización tanto en grabaciones como en radiodifusión. Desde 1926 fueron empleados con carácter limitado en la BBC. Su reputación, sin embargo, no era muy buena debido a que su susceptibilidad a la humedad producía con frecuencia los típicos ruidos de fritura.

El siguiente avance fueron los micrófonos electromagnéticos tanto de bobina móvil como de cinta corrugada. Aparecieron en la escena del desarrollo de la microfónica relativamente tarde, dado que los imanes permanentes disponibles eran muy débiles y solamente los electroimanes podían crear suficientes densidades de flujo. Así que los primeros micrófonos electromagnéticos, también llamados dinámicos, necesitaban la utilización de electroimanes bastante voluminosos.

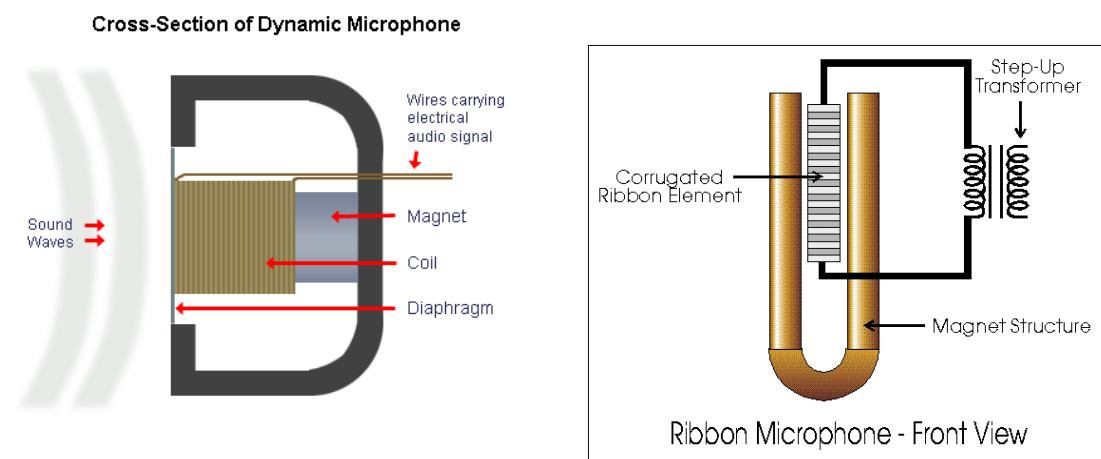


Figura 14 Sección del micrófono dinámico.

Figura 15 Esquema frontal del micrófono de cinta.

Las figuras que preceden representan las dos soluciones asociadas al principio del micrófono electromagnético (bobina móvil y de cinta). El micrófono de cinta presenta a su vez la ventaja de no necesitar diafragma, actuando las ondas sonoras directamente sobre la cinta corrugada. En ambos casos la corriente inducida en la bobina (o cinta corrugada) al moverse en el campo magnético es de carácter proporcional a las ondas sonoras.

Alan Blumlein investigo con el micrófono de bobina móvil para complementar sus sistemas de grabación por corte utilizados cuando trabajaba para la compañía Columbia. Su primer diseño, el micrófono HB1A (nombrado así por sus inventores Holman y Blumlein), fue ensayado en noviembre de 1930 y comparado directamente con el micrófono de condensador de la Western Electric (Burns, 2000). Tras varias revisiones de diseño, incluido un sistema de ajuste de la frecuencia de resonancia del diafragma, el modelo HB1B fue usado ampliamente en los estudios de grabación de EMI y en los de la recién inaugurada televisión de la BBC en 1936.

El micrófono de cinta apareció hacia 1930 y se cree fue desarrollado por Harry Olson, según unos diseños previos de Gerry Gerlach en 1924 (Olson, 2013). Los primeros diseños eran muy voluminosos por la necesidad de los electro imanes pero eran de una calidad equiparable a los micrófonos de condensador pero sin el problema de la susceptibilidad a la humedad.



Blumlein's HB1

Figura 16 Micrófono HB1 inventado por Alan Blumlein.

El micrófono de cinta BBC/Marconi tipo A fue introducido en 1935 y fue el elegido por los servicios de radio de la BBC, mientras que el micrófono dinámico HB1B fue el utilizado preferentemente por la estación de televisión de la BBC.



Figura 17 *Micrófono de cinta BBC/Marconi tipo A.*

Tras la Segunda Guerra Mundial, con la disponibilidad de imanes permanentes de mayor potencia, se desarrollaron variantes más pequeñas del micrófono de cinta.

En 1958 Eugen Beyer introdujo el micrófono de cinta corrugada corta con lo que sus dimensiones fueron reducidas y similares a la capsula del HB1B.

Una de las características singulares del micrófono de cinta es su bidireccionalidad con un diagrama polar en forma de ocho.

Dicho rasgo, que tenía sus ventajas (una entrevista entre dos personas con el micrófono en el medio), también presentaba sus desventajas, pero abrió líneas de investigaciones sobre la direccionalidad en los micrófonos con independencia de la tecnología usada.

En 1960 James Edward West y Gerhard Sessler trabajaron juntos para producir el micrófono electret. Es un micrófono basado en el concepto del micrófono de condensador pero que incorpora una carga electrostática permanente en la lámina que actúa a su vez como diafragma. Esta solución permitió a su vez disminuir el tamaño de los micrófonos proveyendo múltiples soluciones en su aplicación. En 1968 su producción fue difundida mundialmente, siendo el tipo de micrófono más comúnmente extendido en la actualidad.

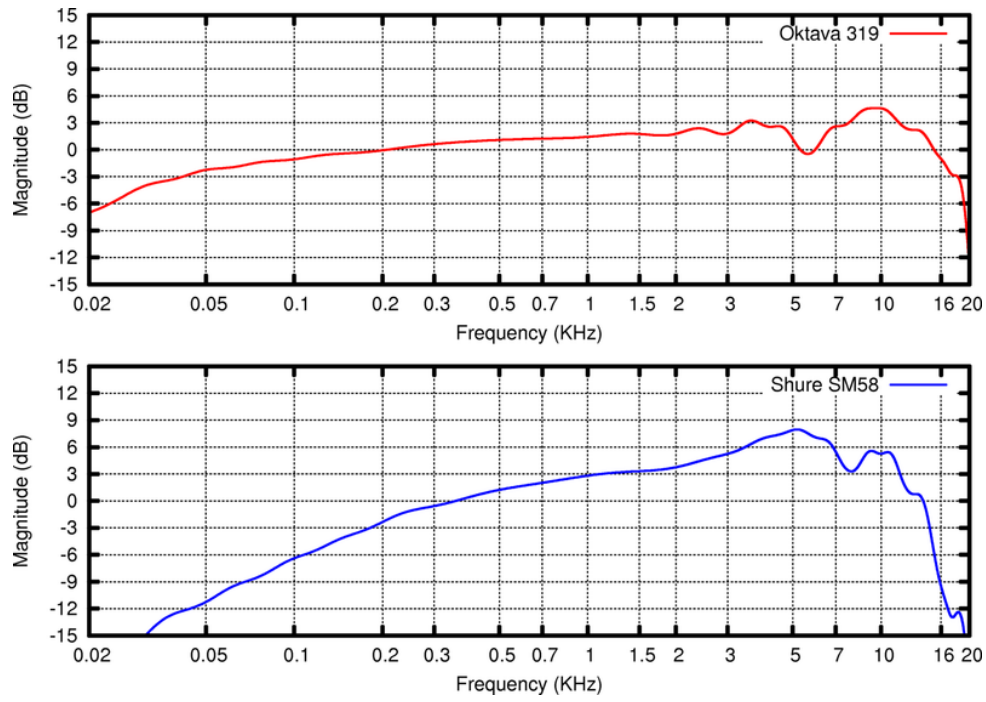


Figura 19 Ilustra la respuesta de frecuencia de dos micrófonos un Oktava 319 y un Shure SM58.

6. Estudio comparativo de cuatro sistemas de emplazamiento de micrófono estéreo

6.1. Metodología y herramientas informáticas

Este proyecto elabora un estudio comparativo de cuatro sistemas de emplazamiento de micrófonos estéreo a través de dos enfoques: un estudio matemático y otro perceptivo. El enfoque matemático consiste en un estudio comparativo de las ondas sonoras recibidas por los sistemas de micrófonos estéreo por medio de funciones de correlación. El estudio perceptivo recoge impresiones de los oyentes de cuatro sistemas de microfonía estéreo diferentes por medio de pruebas de reproducción y cuestionarios aplicados a 20 candidatos. Se utiliza una escala psicoacústica para evaluar las muestras de audio.

La primera etapa de la investigación consiste en estudiar los cuatro sistemas de estéreo (XY, ORTF, DECCA, AB). Se selecciona una orquesta y un auditorio, colocando de manera simultánea las disposiciones de micrófonos y se realiza una grabación multicanal simultánea de una actuación musical. La parte matemática del estudio se realiza analizando la “correlación de señales en función de la frecuencia” de las cuatro muestras de audio registradas previamente. Se seleccionan muestras de las grabaciones antes de proceder a estudiar la correlación matemática en distintas frecuencias. Este estudio matemático, aunque complejo, posee la importante característica de no depender de observaciones subjetivas (como ocurre con los resultados psicoacústicos).

Posteriormente se realiza el análisis de las impresiones psicoacústicas producidas por los distintos tipos de grabación. Para esta sección se tienen que contemplar la adecuada selección de oyentes (escogiendo músicos e ingenieros de sonido profesionales) y la elección de los atributos psicoacústicos del sonido a evaluar. Se considera que la escala más completa es la desarrollada por Berg y Rumsey por lo que se decide usarla como escala psicoacústica.

Se crea un formulario en línea con las puntuaciones de los trece atributos psicoacústicos. Los veinte oyentes escuchan “a ciegas” los fragmentos musicales.

Cada sujeto escucha cuatro veces la muestra de 1 minuto de cada uno de los diferentes sistemas de micrófonos. En total, cada uno de los participantes escucha dieciséis fragmentos de un minuto.

Durante cada reproducción, el oyente rellena el formulario en línea con sus puntuaciones psicoacústicas. Los datos del formulario se exportan a una hoja de cálculo para análisis posterior.

Por último, los resultados de correlación FDSC y psicoacústicos se estudian para detectar las diferencias en los cuatro tipos de grabación. Estos datos pueden proporcionar a los ingenieros de sonido más información sobre estas cuatro técnicas de grabación microfónica de uso habitual reflejando sus ventajas y desventajas. Esto ayudará a seleccionar la mejor técnica de grabación y a optimizar los resultados.

En cuanto a los recursos nos referimos a las distintas grabaciones realizadas en diferentes disposiciones de micrófonos. Con la ayuda de la herramienta Matlab⁵ (2012) se establecieron gráficas y coeficientes de correlación frente a frecuencias. Se escogió la escala psicoacústica (Berg y Rumsey, 2003) para evaluar los atributos por parte de los oyentes con el software Google docs app⁶. Se utilizó el software Logic pro 9⁷ para la reproducción de la muestra musical. Para la recolección de datos y elaboración estadística se utilizó el software adecuado: programas estadísticos Excel 2013⁸.

6.2. Técnicas de grabación con sistemas principales estéreo

Se seleccionaron las siguientes cuatro técnicas de grabación estéreo: XY, ORTF, AB y DECCA TREE para captar señales acústicas de audio procedentes de una orquesta sinfónica tocando en un auditorio. Se escogió una combinación de sistemas estéreo de coincidencia, de casi coincidencia y separados en el espacio con el fin de contar con una amplia selección que permitiera establecer más tarde comparaciones.

La técnica **XY** pertenece a la familia de coincidencia y se compone de dos cápsulas cardioides casi tocándose situadas a 90° una de otra. Este par de micrófonos produce la mayor parte de la reverberación en el centro (Julstrom, 1991) a menos que la fuente sonora rodee el par estéreo XY en 180° (formando un semicírculo).

5 <http://www.mathworks.es>

6 <http://docs.google.com>

7 <http://www.apple.com/logicpro/>

8 <http://office.microsoft.com>

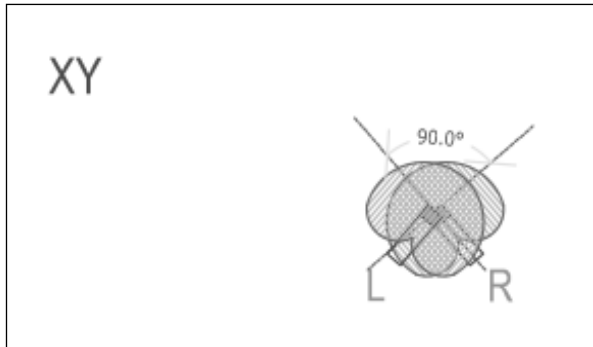


Figura 20 Técnica estéreo XY mediante cápsulas cardioides.

La técnica de micrófonos estéreo XY también se puede ejecutar con dos cápsulas bidireccionales en posición coincidente a 90°. Esto produce una mayor atenuación en los puntos nulos del patrón bidireccional y proporciona así una imagen estéreo más amplia y un mayor sonido ambiental global que el estéreo XY con cápsulas cardioides.

La técnica **ORTF** fue inventada por la Organización de Radiotelevisión Francesa, ofrece una fiel localización y una buena compatibilidad mono. se trata de un par de micrófonos cardioides con las cápsulas separadas por 17cm entre ellas y formando un ángulo de 110°.

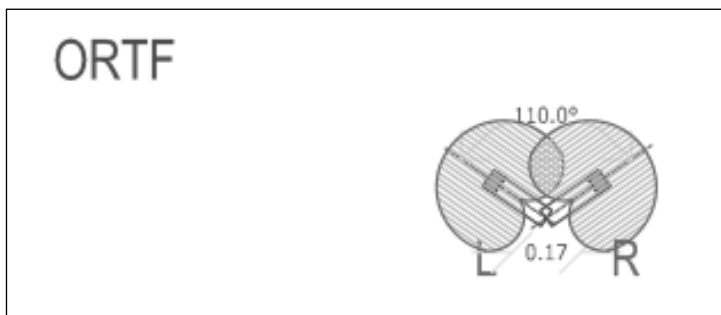


Figura 21 Técnica estéreo ORTF.

La compañía discográfica DECCA inventó en los 1950 la técnica estéreo **DECCA TREE**, o árbol DECCA. Se compone normalmente de tres micrófonos omnidireccionales situados en un triángulo de cara a la orquesta, con el micrófono central en el frente.

La distancia entre micrófonos pueden variar, pero por regla general es de una separación entre cápsulas de 1-2m entre los micros L, R y C (Braun, 2000). Para esta investigación se utilizó el espaciado que ilustra la figura 22.

Los micros L y R pueden abrirse ligeramente en ángulo hacia fuera para captar toda la amplitud de la orquesta sin riesgo del efecto del llamado hueco en el centro, pues hay un micrófono central que lo impide.

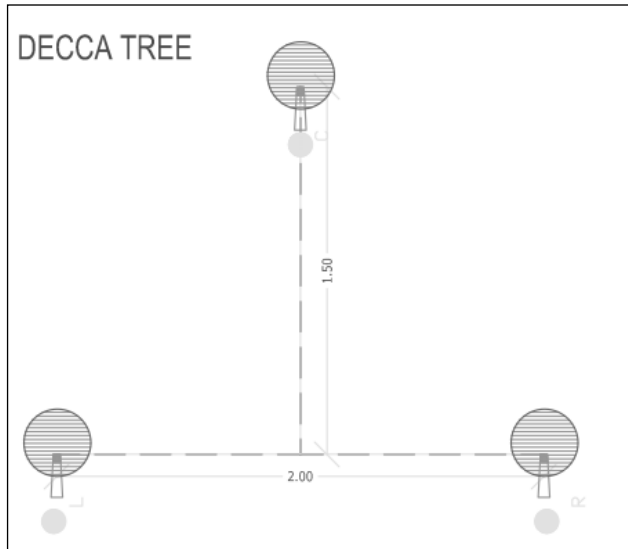


Figura 22 Técnica estéreo DECCA TREE.

Por otro lado el sistema estéreo **AB** está basado en dos cápsulas omnidireccionales a una distancia de 50cm entre ellas (AB pequeño). Esta disposición se coloca teniendo en cuenta el radio de reverberación de la ubicación para encontrar una proporción adecuada entre señal directa y reverberante. Este par de micrófonos normalmente acentúa los instrumentos del centro. En un gran $AB > 100\text{cm}$, esta disposición ofrece un campo sonoro más amplio y una cobertura equilibrada de la orquesta, así como una imagen sonora más definida. Si distanciamos las cápsulas de este gran AB excesivamente ocurre un efecto de agujero en el centro de la imagen sonora de modo que se debe cuidar este aspecto a la hora de diseñar un sistema AB grande (Eargle, 2004).

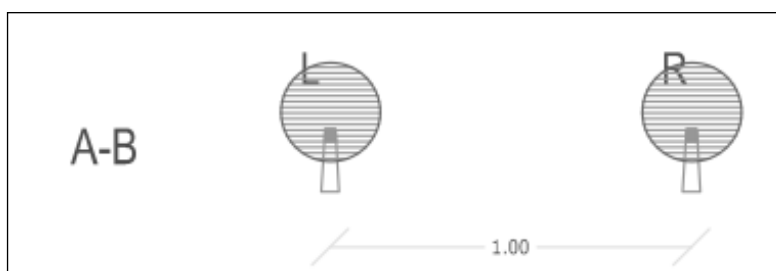


Figura 23 Técnica estéreo AB.

6.3. Análisis mediante correlación matemática

Se realizó un cuidadoso estudio del enfoque matemático para analizar la correlación en función de la frecuencia y obtener una fuente clara de resultados objetivos para la investigación. La mayoría de ingenieros de sonido consideran que el estéreo AB es la representación pura de los sistemas principales de audio estéreo. Es simétrico, cubre 360 °, puesto que utiliza dos micrófonos omnidireccionales de patrón polar. Constituye un montaje idóneo para entender el concepto de correlación en función de la frecuencia y frecuencia crítica.

Cuanto más cerca estén los micrófonos izquierdo y derecho tanto más alta será la correlación media del sistema principal. En este caso, las ondas sonoras recibidas por los micros L y R tienen muchas partes en común. Es por ello que poseen un valor alto de correlación media. Cuanto más se separen los micrófonos, menos tendrán en común las ondas sonoras y, por ende, un valor de correlación inferior. Cuando los micrófonos están lo bastante separados pueden verse afectados también por las reflexiones tempranas y la reverberación del auditorio (Cook, 1955). Los valores de correlación media calculan la correlación media a lo largo de todo el espectro de frecuencias. Los valores de correlación en función de la banda de frecuencias, más que la señal global de banda ancha, ofrecen información muy útil para mejorar el emplazamiento de los micrófonos.

Se han investigado empírica y teóricamente, los fundamentos de la correlación de señales en un par AB de cápsulas de micrófono omnidireccionales separadas. Cook et Al (1953) y Hecker (2000) señalan la importancia de la separación de las cápsulas en relación con la impresión espacial, así como sus ventajas creativas para el sonido global de una grabación. Hecker ofrece una fórmula para el cálculo aproximado de la frecuencia por encima de la cual las señales de un par de micrófonos AB se vuelve razonablemente des-correlacionado. Así:

$$f = c / 2r$$

f = frecuencia en Hz

c = velocidad del sonido (340m/s)

r = separación de micrófonos en m

En Pfanzagl-Cardone, (2002) introduce el término “frecuencia crítica” (f_{crit}), que se refiere a la frecuencia por debajo de la cual la correlación aumenta hacia 1. Más tarde, también Pfanzagl-Cardone (2011) refina más la fórmula para calcular f_{crit} .

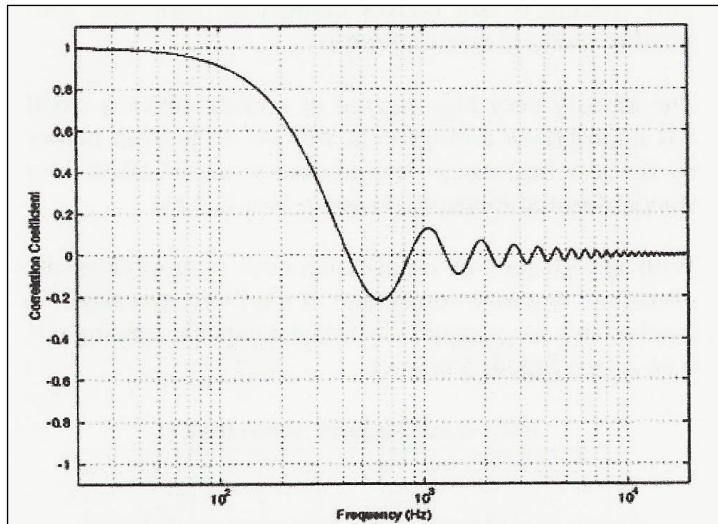


Figura 24 Relación entre frecuencia y correlación para un par de micrófonos omnidireccionales a una separación fijada en 40 cm en un campo difuso (Martin, 2005).

En general, la correlación de dos señales, en este caso de dos señales de audio acústicas, se define como:

$$R = \int_{\theta}^T \rho_1(t) \rho_2(t) dt / \left[\int_{\theta}^T \rho_1(t) dt \int_{\theta}^T \rho_2(t) dt \right]^{1/2}$$

Donde $p_1(t)$ y $p_2(t)$ son las respectivas presiones sonoras en el periodo t en dos puntos de medición. Por definición, R puede adoptar valores entre -1 y 1 : una correlación de 1 significa que las dos señales son idénticas, -1 que son idénticas pero de polaridad opuesta, 0 significa que no están correlacionadas.

Con el uso del software de Matlab FDSC (correlación de señales en función de la frecuencia) se trazaron gráficos mediante la función "McorroverfreqISO48k".

Se aplicó la función FDSC a las cuatro técnicas de emplazamiento estéreo con el fin de obtener cuatro gráficos para un análisis comparativo posterior.

Sin embargo, un oyente educado puede añadir detalles sobre la presencia de bajas frecuencias, por ejemplo, de dónde procede el sonido o las características del auditorio. Es capaz de comparar y distinguir entre varias grabaciones equivalentes. Como estas percepciones son múltiples y subjetivas es necesario organizar la información de forma coherente. Las percepciones psicoacústicas seleccionadas con mayor frecuencia se denominan atributos.

Los atributos son respuestas que intentan medir una determinada característica de un objeto, por ejemplo la textura de un determinado alimento.

Ciertos objetos no son medibles pero se pueden comparar mediante análisis de atributos (Rumsey, 1998; Nunnally y Bernstein, 1994). Unos son más específicos que otros en cuanto a los atributos que pueden caracterizar un objeto. En los últimos años, varios investigadores han analizado y desarrollado el concepto de los atributos como sistema de evaluación psicoacústica del sonido y la música. Algunos distinguen familias de atributos; en otras palabras, atributos que reflejan un concepto genérico que se subdivide en matices. Por ejemplo, el nivel de sonido en un auditorio el tamaño del mismo y su anchura. Otros autores analizan distintos conceptos semánticos que corresponden a atributos similares, por ejemplo: espacioso, envolvente, ambiente e impresión ambiental. Por último, en la mayoría de estudios, algunos atributos se asignan de forma parecida, por ejemplo: presencia (Beranek, 1996; Shaw, 1989).

Una vez descrito el concepto de atributo es esencial intentar objetivar la respuesta psicoacústica del oyente mediante la elaboración de una escala con una lista de atributos convenidos. Esta escala se entrega a los oyentes para que puedan evaluar sus impresiones sobre la música escuchada. Existen numerosas escalas, pero la que se destaca aquí es obra de Berg y Rumsey (2003), que es la más utilizada (véase Tabla 2).

Atributo	Descripción
Naturalidad	Cómo suena de parecido un sonido a una experiencia de audición natural (esto es, no reproducida y sin altavoces)
Presencia	La sensación de estar en el mismo entorno acústico que la fuente sonora, p. ej., en el mismo auditorio.
Preferencia	Si el sonido que oye le gusta. Si piensa que, en su conjunto, suena bien. Intente prescindir del <i>contenido</i> del programa, o sea, no valore el género musical o el contenido del discurso.
Contenido de bajas frecuencias	El nivel de bajas frecuencias (registros graves)
Amplitud del conjunto	La amplitud/anchura percibida del conjunto musical, desde el flanco izquierdo hasta el derecho. El ángulo que ocupa el conjunto. "Conjunto" significa todas las fuentes sonoras discretas consideradas en su conjunto. (No indica necesariamente el tamaño conocido de la fuente, por ejemplo, se conoce el tamaño de un cuarteto de cuerda en la realidad, pero aquí se trata de valorar la amplitud con que se "percibe" dicho cuarteto. Prescinda de otros sonidos que lleguen del entorno de la fuente sonora, como la reverberación, valore únicamente la amplitud de la fuente sonora).
Amplitud de fuentes discretas	La amplitud percibida de una fuente discreta (instrumento o voz). El ángulo que ocupa la fuente. No indica necesariamente el tamaño conocido de la fuente, p.ej., se conoce el tamaño de un piano en la realidad, pero aquí se trata de valorar la amplitud con que se percibe dicho piano. Prescinda de otros sonidos que lleguen del entorno de la fuente sonora, como la reverberación, valore únicamente la amplitud de la fuente sonora.
Localización	Facilidad de percibir la ubicación exacta de la fuente – facilidad de señalar la dirección de la fuente. Lo opuesto es cuando la posición de la fuente resulta difícil de situar – una ubicación desdibujada.
Distancia de la fuente	La distancia percibida desde el oyente hasta la fuente sonora.
Envolvimiento de la fuente	El grado en que la fuente le envuelve/rodea/existe a su alrededor. La sensación de estar rodeado por la fuente sonora. Si hay varias fuentes sonoras en el fragmento escuchado: valore la fuente sonora percibida como la más envolvente. Prescinda de otros sonidos que lleguen del entorno de la fuente sonora, como la reverberación; valore únicamente la fuente sonora

Atributo	Descripción
Amplitud de sala	La anchura/ángulo ocupados por los sonidos procedentes de las reflexiones de la fuente sonora en la sala (reverberación). Prescinda del sonido directo de la fuente sonora.
Tamaño de la sala	En los casos en que se percibe una sala/auditorio, ello denota el tamaño relativo de esa sala.
Nivel sonoro en sala	El nivel de sonidos generados en la sala como resultado de la acción de la fuente sonora, por ejemplo, reverberación, es decir, no los sonidos molestos externos. Prescinda del sonido directo de la fuente sonora.
Envolvimiento de la sala	El grado en que el sonido que llega de las reflexiones de la fuente sonora en la sala (la reverberación) –y no la fuente sonora en sí– le envuelve/rodea/existe a su alrededor. La sensación de estar rodeado por el sonido reflejado.

Tabla 2 Escala psicoacústica⁹ (Berg y Rumsey, 2003) con sus atributos definidos.

Berg y Rumsey (2003) compararon su escala psicoacústica y desarrollaron una interesante tabla comparativa para los atributos (figura 27). Cabe resaltar que algunos atributos se nombran de formas distintas y otros remiten a una cualidad o impresión en una escala equivalente a otras escalas. (Zacharov, 1999; Toole, 1985; Gabrielsson, 1990).

⁹ Anexo 10.2.2

Berg	Zacharov y Koivuniemi	Toole	Gabrielsson <i>et al.</i>
Contenido frecuencias bajas			
Naturalidad	Naturalidad	Perspectiva*	Fidelidad
Preferencia			
Presencia	Sensación de espacio	Perspectiva*	Sensación de espacio
Amplitud del conjunto musical	Anchura*	Amplitud del escenario sonoro	
Localización	Sentido de dirección	Definición de imágenes sonoras	
Envolvimiento de fuente	Anchura*		
Amplitud de fuente (discreta)	Anchura*	Definición de imágenes sonoras	
Distancia de fuente	Distancia a sucesos	Impresión de distancia	Cercanía
Envolvimiento de sala	Anchura*	Reproducción de ambiente, espaciosidad y reverberación	
Tamaño sala			
Nivel sala			
Amplitud sala	Anchura*		
	Sensación de movimiento		
Externalización (opuesto)**	Penetración	Efectos anormales	
	Profundidad		
		Continuidad del escenario sonoro	

Tabla 3 Tabla de comparación de algunas escalas psicoacústicas ¹⁰(Berg y Rumsey, 2003).

6.5. El sujetos de escucha. Selección de los oyentes y examen otológico.

Se seleccionaron veinte voluntarios no remunerados para participar en el experimento. Procedían de distintos ámbitos relacionados con la música clásica: músicos, intérpretes, ingenieros de sonido, alumnos de último curso de Conservatorio y melómanos de renombre. Todos los voluntarios tenían entre 18 y 60 años, con un promedio de edad de 32. Doce eran hombres y ocho, mujeres.

¹⁰ Anexo 10.2.3

Si bien se suponía que todos oían bien, el autor de la investigación realizó un examen básico del canal auditivo, una prueba de audición y un estudio con potenciales acústicos evocados (Pickles, 1982). Se solicitó consentimiento previo para ello.

En marzo 2012 se realizó la revisión en el departamento de Otolología del Hospital Universitario Son Espases, de Palma de Mallorca, España. Si se observaban alteraciones en el estudio otológico el voluntario sería descartado.

Tras una revisión de ambos canales auditivos mediante microscopio se descartaron los sujetos con alteraciones del tímpano y obstáculos físicos (cera, osteomas, infecciones de oído). El examen se completado con una audiometría y unos potenciales evocados del tronco encefálico.

La audiometría examina la pérdida de audición y determina su magnitud en relación con las vibraciones acústicas. El voluntario tenía que responder con un clic cuando percibía las emisiones acústicas a través de los auriculares. Las gráficas clínicas utilizadas eran universales. Se reprodujeron frecuencias de 125 a 8000Hz o de 128 a 8192 en intervalos iguales de octavas. La pérdida de decibelios (dB) se representa en relación con la marca 0dB, que representa el umbral normal de los canales óseo y aéreo. Un pequeño círculo para el oído derecho y una cruz para el izquierdo representan cada señal. De este modo, ambos oídos se pueden representar en una sola gráfica. A continuación aparece la prueba de audición de uno de los voluntarios que presentó deficiencias de oído (véase figura 26).

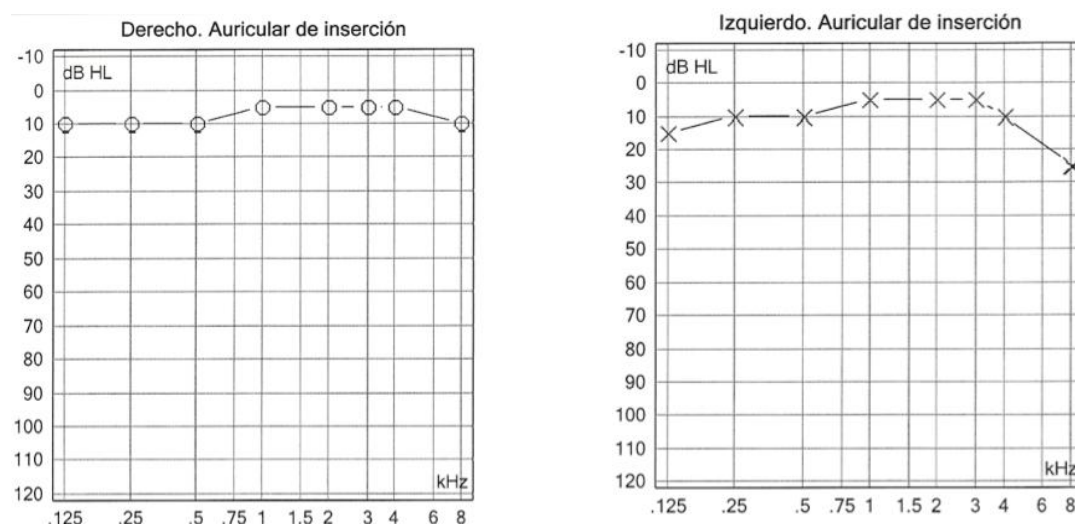


Figura 26 Prueba audio métrica de un oyente descartado.

Los potenciales evocados corresponden a una actividad eléctrica provocada en respuesta a un estímulo auditivo que se registra mediante electrodos colocados en el pericráneo. La respuesta auditiva se registra en los diez primeros milisegundos tras la estimulación sonora en forma de clics. Los clics son estímulos auditivos repetidos (10/20 por segundo) generados por un breve impulso eléctrico (50/100ms) aplicado a los auriculares. La Auditory Brain Response (ABR) refleja la actividad secuencial de los canales auditivos estimulando el nervio coclear y extendiendo esto a los núcleos auditivos en el tronco encefálico. Se pueden distinguir potenciales evocados auditivos latentes durante mucho tiempo (>100ms) que corresponden a estructuras auditivas asociadas y a una latencia media (20 – 100ms) que parecen reaccionar bien con las estructuras auditivas primarias en la corteza cerebral.

La respuesta de potenciales evocados consiste en siete picos que se desarrollan durante los diez milisegundos posteriores a la aplicación del estímulo acústico. Stockard (1978) describió las correlaciones anatómicas de cada onda, siendo de especial importancia la V1 que corresponde al potencial de acción del nervio auditivo y la V5 que se refiere al núcleo folicular mesencefálico inferior.

Se estimula un oído con 60/70dB, con enmascaramiento en el oído contra lateral de 40dB. Con una frecuencia de diez clics por segundo se alcanzó un mínimo de 2000 clics. Se registró y controló la imagen en el osciloscopio. La latencia media de la V1 era de 1,3/1,5ms y la de la V5 de 5,3/5,6ms. El estudio ABR no precisa de la colaboración del voluntario y confirma la integridad del sistema nervioso auditivo. Veinte de 22 voluntarios superaron satisfactoriamente todas las pruebas auditivas.

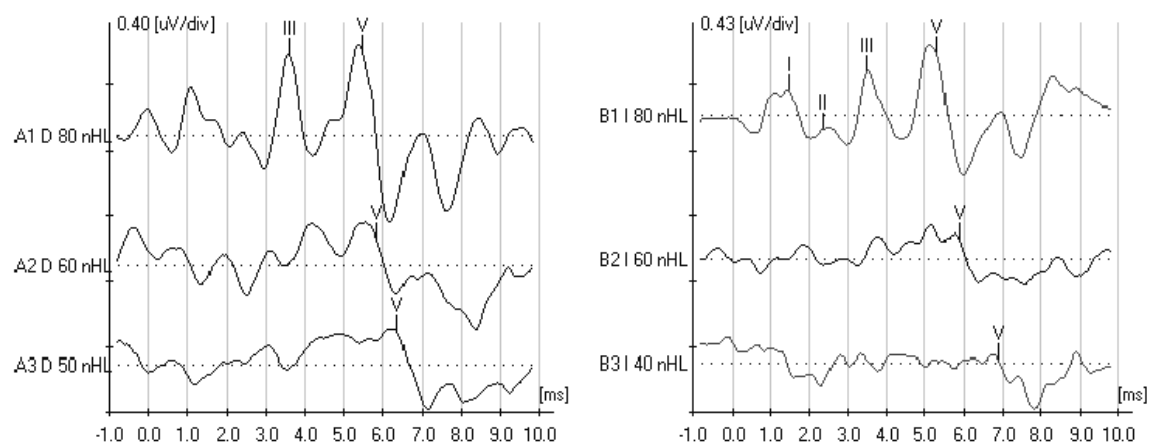


Figura 27 Muestra de un ABR de un oyente.

6.6. Análisis estadístico

Una vez recogidos todos los datos de las encuestas, éstas se pasaron a una tabla de Excel con cuatro grupos (uno por cada técnica de microfónica estéreo) y trece atributos (resultados psicoacústicos). Esto mostró los resultados de cada uno de los veinte participantes por cada atributo evaluado cuatro veces. El resultado medio de cada oyente y atributo se calculó para ulterior análisis estadístico. Las variables no paramétricas independientes eran los cuatro grupos de técnica microfónica. Las variables paramétricas lineales dependientes eran los resultados numéricos de los trece atributos psicoacústicos.

La hipótesis nula era que las cuatro técnicas microfónicas tenían el mismo efecto. Rechazar la hipótesis nula implicaba que las distintas técnicas microfónicas presentarían diferencias estadísticamente significativas en los resultados psicoacústicos de algunos de los atributos.

Se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) como medio de análisis estadístico, examinando si los promedios de varios grupos eran equivalentes. Normalmente se presupone independencia y homogeneidad de las variables. Había cuatro grupos (cada uno de las técnicas microfónicas) y trece atributos numéricos por grupo (atributos psicoacústicos) por lo que había que usar un ANOVA multifactorial. Un resultado significativo de ANOVA sugería que la hipótesis nula global debía ser rechazada.

Esto significaba que la diferencia agregada entre los promedios de las cuatro técnicas microfónicas era significativamente mayor que cero.

Para determinar cuál de los grupos era diferente se empleó un procedimiento de comparación por múltiples pares en un solo paso. Se utilizó el método **Tukey** para comparar estas diferencias como prueba **post-hoc de ANOVA**. Este test compara simultáneamente los promedios de las muestras de los cuatro grupos. El test de Tukey requiere que el modelo sea equilibrado, o sea, que el tamaño de la muestra en cada uno de los grupos debe ser igual. En este caso, el tamaño de la muestra era de veinte sujetos por grupo.

Los datos de los trece atributos se sometieron a análisis de correlación. Se utilizó el análisis de correlación producto-momento de **Pearson** para calcular la covarianza de las variables dividida por el producto de sus desviaciones estándar. Esto arrojó un resultado de valor de producto que oscilaba entre -1 y +1.

6.7. Consideraciones éticas

Se requirió la firma de participación voluntaria en un proyecto de investigación previo a iniciar el proceso de investigación por parte de los oyentes. Se creó un “Formulario de aprobación ética de proyectos”. Se cumplimentó dicho formulario y se entregaron los documentos requeridos.

Parte de este proyecto requirió la percepción psicoacústica de una obra musical por parte de voluntarios que habían pasado previamente un examen no invasivo otológico y de oído.

Si bien estas pruebas no presentaban efectos secundarios ni complicaciones de salud para la persona, aún así era necesario presentar un documento de consentimiento informado. El documento respondía a las siguientes cuestiones: se explicaba el motivo de la investigación, lo que se requería del voluntario, una descripción de las pruebas otológicas y la confidencialidad y anonimato del voluntario. Esto se llevó a cabo con la Declaración de Helsinki (Williams, 2008) (véase figura 28).

Documento de participación voluntaria en un proyecto de investigación

Accedo objetivamente a participar como voluntario en todos los aspectos del proyecto de investigación:

“Creación de modelos de imágenes estéreo mediante la correlación de señales en función de la frecuencia, en sistemas estereofónicos y procedimientos de mejora de la localización” (Iker Olabe Goxencia)

Firmo el presente documento con plena comprensión de los siguientes puntos:

1. Mis datos se mantendrán de forma anónima y no se utilizarán para ningún otro fin.
2. He recibido suficiente información sobre los métodos utilizados y los objetivos de la investigación en cuanto a mi participación.
3. He sido informado de la necesidad de realizar un examen auditivo consistente en: inspección microscópica del canal auditivo exterior, audiometría, respuesta auditiva del tronco encefálico (ABR), todo ello de forma no invasiva y sin perjuicio alguno para mi salud.
4. La administración de estas pruebas seguirá todas las normas deontológicas recogidas en la Declaración de Helsinki.
5. Mis apreciaciones y resultados en la escala de evaluación utilizada son veraces.
6. No actúo bajo presión ni recibiré compensación económica por mi participación.

Nombre y apellidos : _____

Fecha: ___ / ___ / ___

Figura 28 Consideraciones éticas para participación en el proyecto de investigación.

6.8. Cronograma del proyecto

FUNDAMENTOS INVESTIGACIÓN					GRABACIÓN AUDIO XY AB ORTF DECCA			AUDICIÓN Y SELECCIÓN DATOS			RESULTADOS Y CONCLUSIONES iniciales						Análisis de nuevo modelo y conclusiones finales							
S.I.F.1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 2.4				DISEÑO TÉCNICO			GRABACIÓN SELECCIÓN MUESTRA	PST	S.I.F.2	ANÁLISIS DATOS	CONCLUSIONES	Desarrollo nuevo modelo microfonia	Pruebas de grabación en cámara de reverberación	Primeros tests de grabación con música	Grabación musical con DHAB - Duo - Hemi AB	Análisi psicoacústico del nuevo modelo y estudio comparativo con 4 modelos básicos	Análisis FDSC de grabación con modelo DHAB	Conclusiones finales					
	ACTUALIZAR MATLAB Y TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PRUEBAS				PRODUCCIÓN																			
	INICIALES																							
	CÁMARA																							
	REVERBERACIÓN																							
A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A				M
2011					2012							2013						2014						

Tabla 4 Calendario del proyecto.

6.9. Grabación musical

Durante el mes de agosto de 2011 el autor de esta tesis doctoral trabajó en el departamento de acústica del Festival de Salzburgo, dirigido por el Dr. Edwin Pfanzagl. Esto representó una oportunidad para ampliar conocimientos y planificar la investigación. Durante ese mes se dieron varias colaboraciones con orquestas. Se diseñaron los planos para micrófonos y se ejecutaron para grabar y retransmitir conciertos durante ese periodo. En general se observó que se aplicaba una técnica basada en la experiencia previa para decidir el emplazamiento de los sistemas de micrófonos estereofónicos. Ello llevó al autor a pensar que una revisión de la acústica y la psicoacústica, así como un análisis matemático, reforzaría la base lógica y aumentaría el control sobre los resultados.

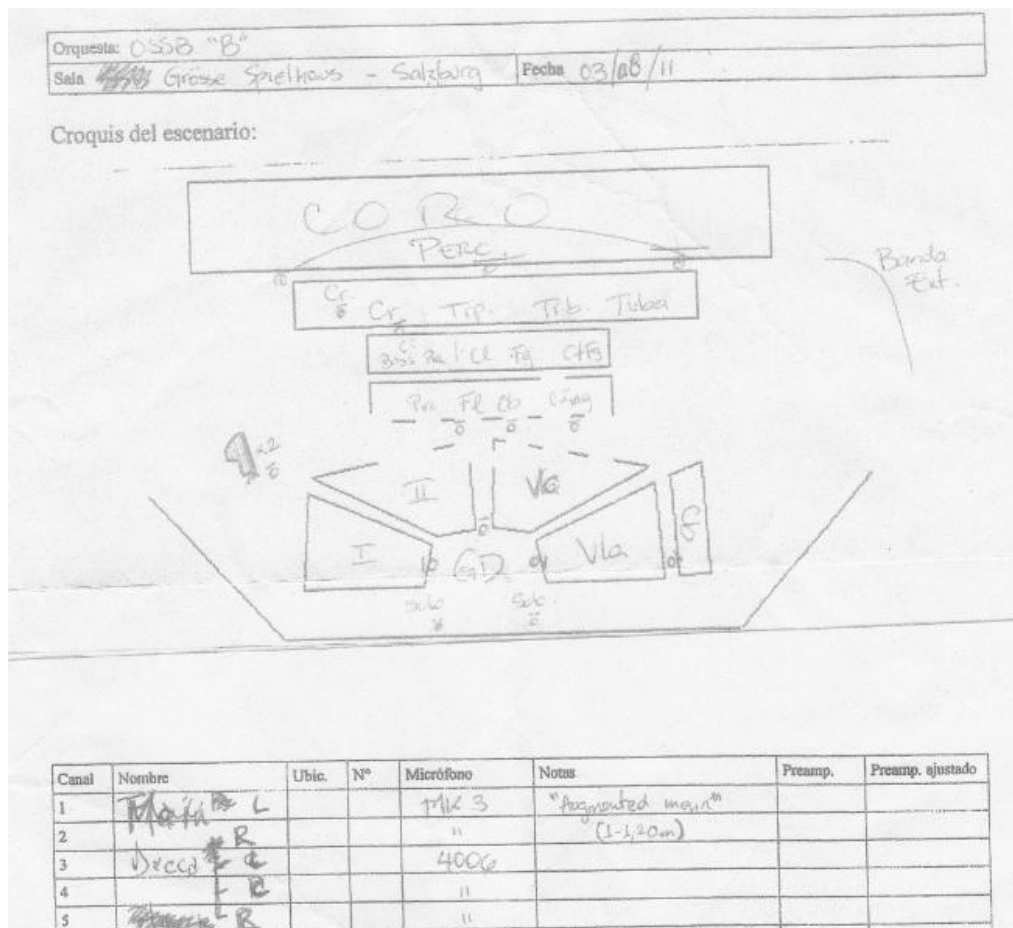


Figura 29 Plano de micrófonos de técnica estéreo para la Orquesta Simón Bolívar de Venezuela dirigida por Gustavo Dudamel. Fecha 03/08/2011 Salzburger Festspiele, Grosse Festspielhaus.

6.10. Pruebas iniciales de cámara reverberante

La música constituye un contenido muy aleatorio puesto que cambia constantemente con el tiempo, tanto en frecuencia como en amplitud. Para controlar la fuente sonora durante los experimentos iniciales se pensó que sería más idóneo trabajar con el ruido "rosa".

Al principio se montó una cámara reverberante con una fuente de ruido rosa y un micrófono AB. Se aplicó una medición de correlación en tiempo real y su ulterior análisis mediante la función matlab "McorroverfreqISO48k", a las señales izquierda y derecha de una técnica estéreo AB situada a varias distancias de cápsula, con el fin de observar la tendencia.

Las muestras grabadas se reprodujeron a cuatro ingenieros de sonido, y se realizó una evaluación perceptiva mediante la escala de atributos de Berg y Rumsey. Este procedimiento ofreció una idea aproximada del esquema de trabajo de todo el sistema.



Figura 30 Técnica estéreo AB en una cámara reverberante.

La figura 33 muestra dos micrófonos omnidireccionales en una configuración estéreo AB que graba ruido rosa en una cámara reverberante. Uno de los micrófonos se montó en una plataforma corrediza para facilitar el emplazamiento del micrófono estéreo AB durante las sesiones de grabación. La herramienta de software de medición en tiempo real seleccionada fue Final Check de Merging Technologies ¹¹. Se utilizó para medir los valores medios de correlación entre los micrófonos izquierdo y derecho del sistema estéreo AB (Figura 34).

La figura 17 muestra la primera grabación analizada de las grabaciones de ruido rosa. En este caso, se puede ver un análisis de un montaje de micrófonos AB con una separación de 25 cm.

¹¹ <http://www.merging.com>

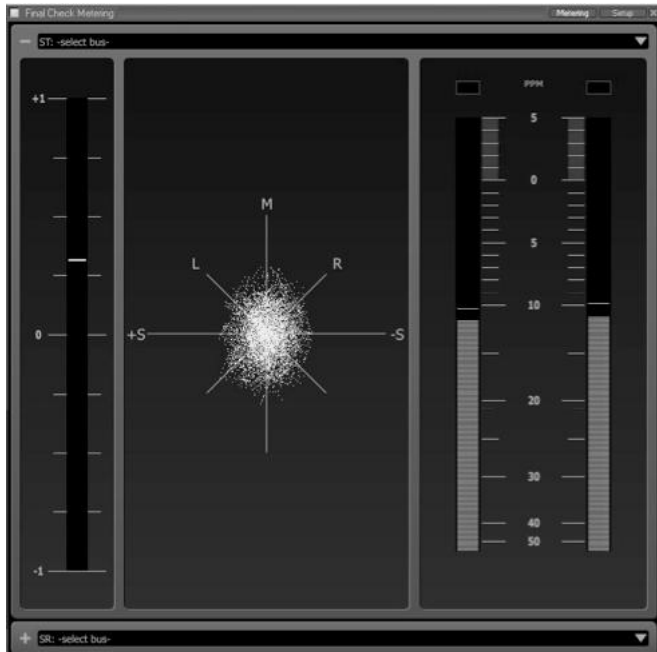


Figura 31 Medidor de correlación en tiempo real (Final Check) mostrando 0,35.

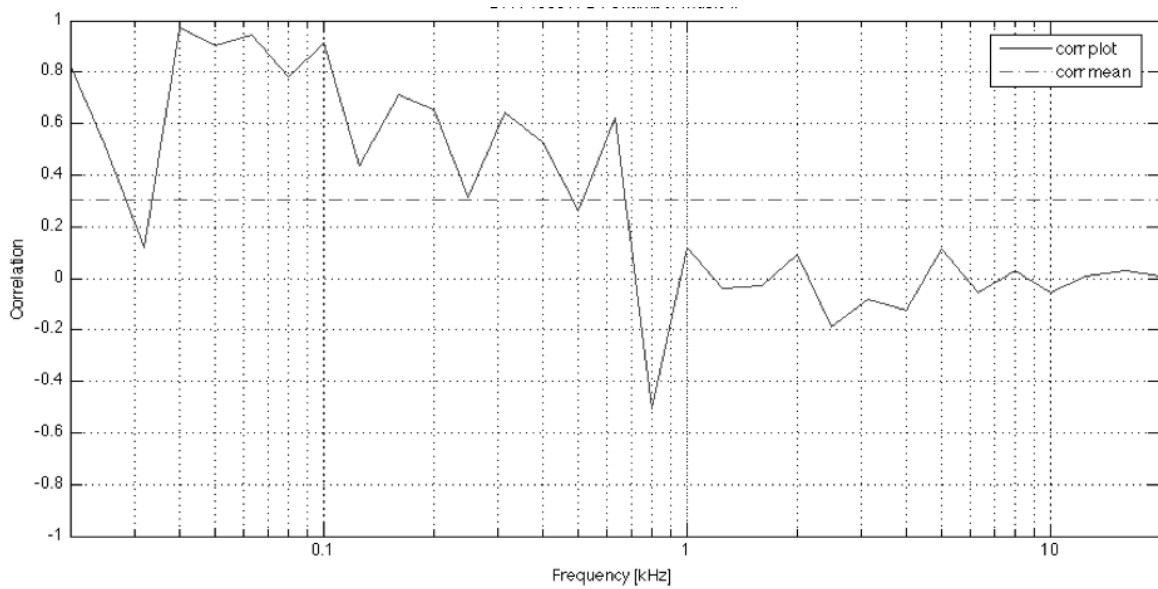


Figura 32 Trazado FDSC de una técnica estéreo AB con separación de cápsulas de 25 cm situada en una cámara reverberante de ruido rosa.

6.11. Proceso de grabación

6.11.1. Diseño técnico

El proceso de grabación se dividió en tres fases: diseño técnico, producción y grabación. Se elaboró un plan con las técnicas estéreo más representativas (Anexo 10.1.3). En total, se contempló una combinación de cuatro técnicas, que incluían coincidente, pares espaciados y grupos de micrófonos. Cada técnica se aparejó con los micrófonos adecuados, respetando los patrones polares y usando pares aparejados, cuando hacía falta, como ilustra la figura 36.

Técnica estéreo	Modelo micrófono	Patrón polar	Canal de parche
XY L	Neumann KM 184	Cardioide	01
XY R	Neumann KM 184	Cardioide	02
ORTF L	Neumann KM 184	Cardioide	03
ORTF R	Neumann KM 184	Cardioide	04
DECCA L	Schoeps CCM 2H	Omnidireccional	05
DECCA C	Schoeps CCM 2H	Omnidireccional	06
DECCA R	Schoeps CCM 2H	Omnidireccional	07
AB L	DPA 4006 TL	Omnidireccional	08
AB R	DPA 4006 TL	Omnidireccional	09

Tabla 5 Representa los modelos de micrófono, técnicas estéreo y especificaciones de patrón polar utilizados para este experimento.

Los cuatro sistemas de micrófonos estéreo se distribuyeron sobre un plano AutoCAD ¹² del Auditorium de Palma para reducir la complejidad durante el montaje (véase figura 33).

¹² <http://usa.autodesk.com/autocad>

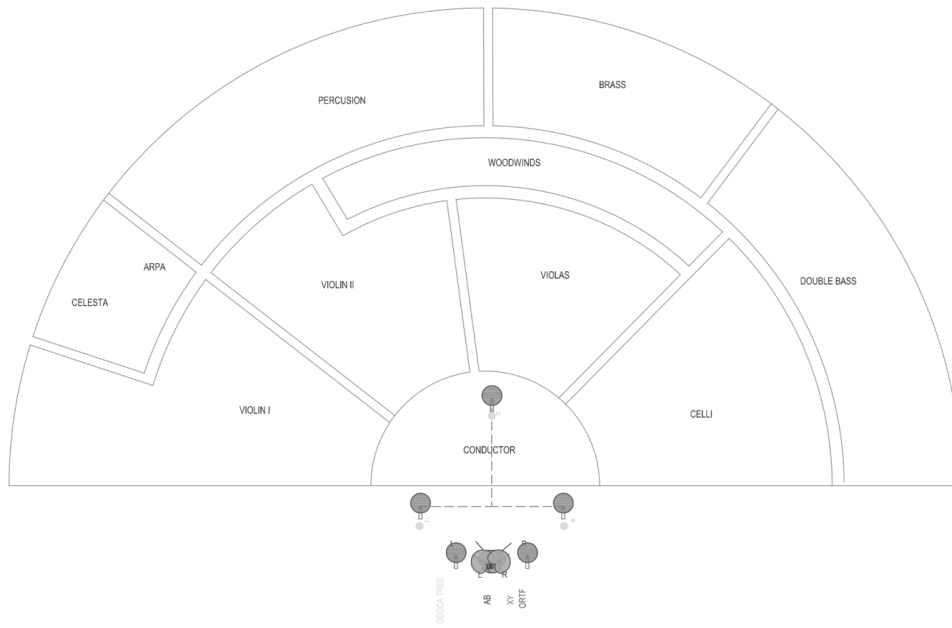


Figura 33 Plano¹³ del foso de la orquesta y las posiciones de los micrófonos vistos desde arriba.

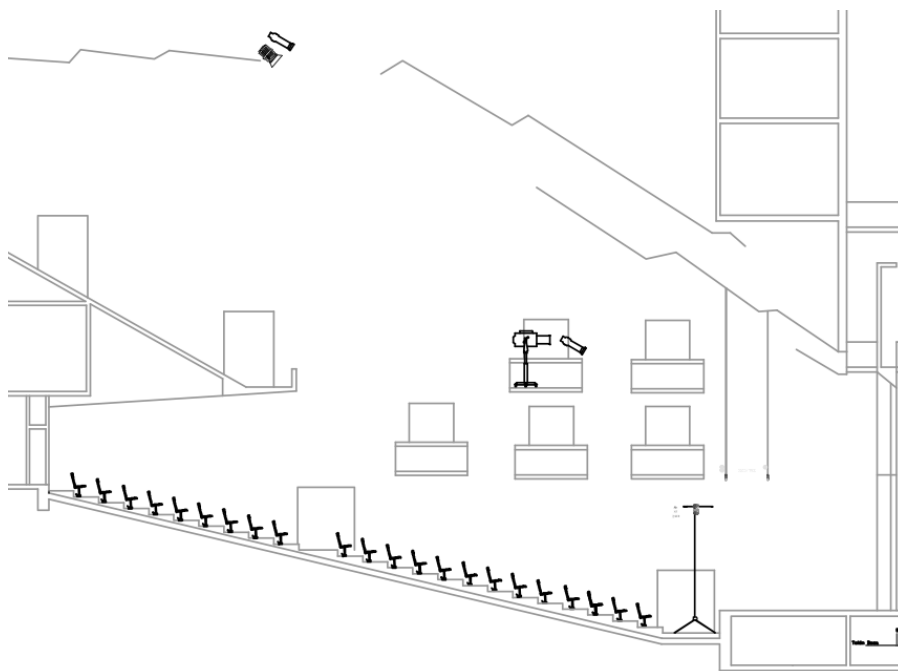


Figura 34 Vista lateral del auditorio¹⁴ y las alturas relativas de los pies de micrófono y los micrófonos suspendidos.

¹³ Anexo 10.1.3
¹⁴ Anexo 10.1.5.2

Las señales de los micrófonos se grabaron en un sistema multipista digital 24trk y en resolución lineal PCM a 24bit / 48Khz con el formato wav. Las ganancias de preamplificador de las nueve señales de micrófono se utilizaron para establecer entradas de señal equivalentes en todos los micrófonos. Finalmente, había que encontrar una orquesta y una sala de conciertos. El autor tuvo la fortuna de poder implicar en el proyecto a la Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares y a su director, Sr. Salvador Brotons, así como el Auditórium de Palma con el apoyo de su director técnico el Sr. Mateo Picornell y del director y propietario, Sr. Juan Ferragut. Su colaboración desinteresada fue de gran ayuda durante el proyecto. Se efectuó una grabación simultánea multipista de los 4 sistemas estereofónicos en un grabador audio digital de disco duro. Los micrófonos se posicionaron según una combinación de pies de micrófono, micrófonos suspendidos y barras hechas a medida especialmente diseñadas para el proyecto.

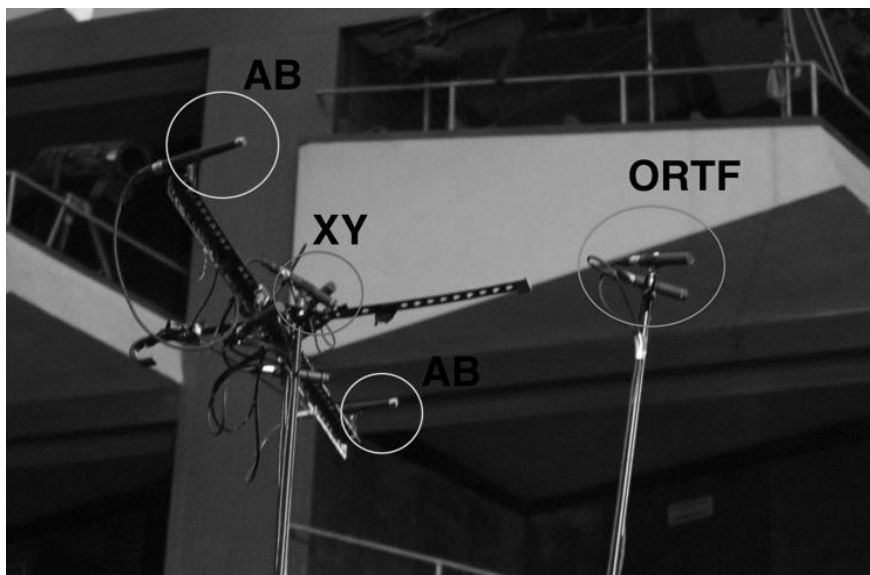


Figura 35 Técnicas estéreo AB, ORTF y XY en el Auditórium de Palma montadas mediante barras estéreo y barras T metálicas hechas a medida.



Figura 36 Técnica estéreo DECCA TREE en el Auditorium de Palma con micros suspendidos.

6.11.2. Producción

Grabar una orquesta con fines de investigación conlleva una gran labor de organización. Uno de los principales requisitos era contar con una orquesta sinfónica al completo ensayando en una sala de conciertos vacía con las propiedades acústicas adecuadas. Los micrófonos se podrían disponer entonces durante la fase técnica. Ninguna otra fuente sonora externa aparte de la orquesta afectaría a la grabación.



Figura 37 Vista frontal de la Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares tocando durante la sesión de grabación con sistema multiestéreo.

Era de suma importancia contar con un sólido equipo de trabajo y coordinación entre el equipo técnico del Auditórium y el departamento de acústica del Festival de Salzburgo desde los inicios del proyecto con el fin de prever las necesidades técnicas y de material para poder llevar a cabo con éxito las grabaciones. Se celebraron reuniones por Skype y en persona durante varios meses antes del día de grabación para concretar aspectos técnicos y de producción, tales como disponer de la documentación correcta en cuanto a derechos artísticos y de grabación.

6.11.3. Grabación. Espacio y orquesta

Se disponía de una sesión de grabación de 3 horas y otros 15 minutos para pruebas de sonido. El control se realizó por medio de altavoces y auriculares. La prueba de sonido era crucial para comprobar la sensibilidad de todas las señales y detectar matices a tener en cuenta en las señales microfónicas. Durante la sesión de grabación se interpretó la obra “Los planetas”, de Holst. Se grabó asimismo el estreno mundial de la obra original “Variacions Bàrbares”, del compositor Nigel Carter, que al final no se utilizó.

El Auditórium de Palma de Mallorca es una sala con un aforo de 1739 plazas. Construido en 1969, acoge una gran variedad de espectáculos, entre ellos las temporadas regulares de conciertos de la Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares.

La figura 24 muestra los tiempos típicos de reverberación de distintos espacios vacíos. Los auditorios están representados en el segmento entre 1,5 y 2,0 segundos. El Auditórium de Palma posee un tiempo de reverberación de 1,6 segundos, un valor adecuado para este tipo de espacio (véase figura 38).

El Auditorio de Palma cuenta con una concha contenida de orquesta y una marquesina de proscenio reflejante de sonido que extiende la concha contenida (véase figura 39). Esta extensión resulta especialmente eficaz para aumentar la cantidad de sonido directo necesaria para crear intimidad. Las aberturas entre los paneles permiten que la energía sonora fluya hacia la parte trasera del auditorio y reflejen la reverberación de bajas frecuencias para alimentar la sala principal, aportando así calidez al sonido final.

La Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares “Ciudad de Palma”, bajo la dirección de su director: Salvador Brotons (véase figura 40).

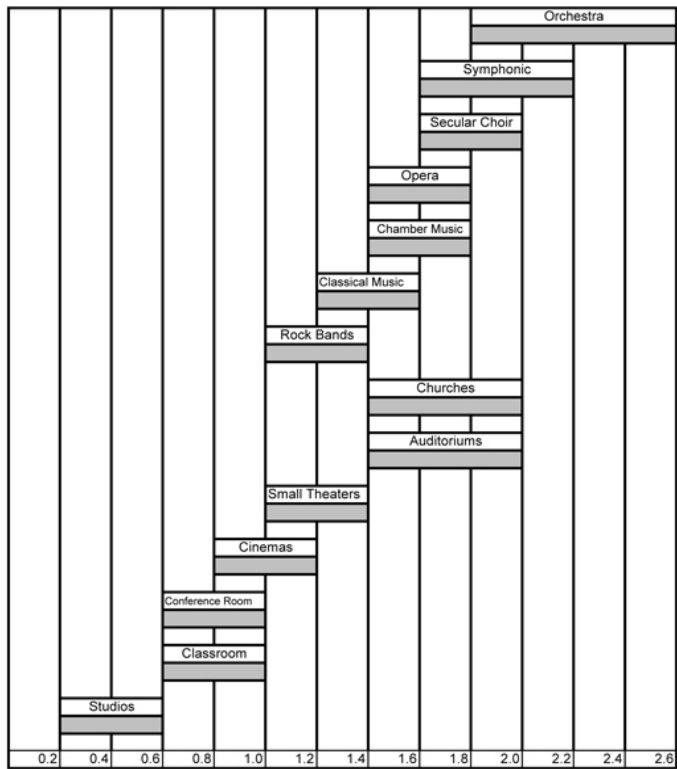


Figura 38 Tiempos típicos de reverberación (en segundos) para varios espacios y aplicaciones (Acoustical solutions, 2012).



Figura 39 Muestra un ángulo detallado de la marquesina de proscenio reflejante del sonido en el Auditorium de Palma.

CONSORCI PER A LA MÚSICA DE LES ILLES BALEARS
ORQUESTRA SIMFÒNICA DE LES ILLES BALEARS "CIUTAT DE PALMA"

Inicio | Sa Simfònica | Director titular | Concertos | Equipo | Òrganos de Gobierno | Publicaciones | Abono | Contacto

Inicio

Concierto 12 - Auditòrium 2011/2012

Jueves, 10 de Mayo de 2012

Salvador Brotons,
director

Orfeó Mayurqa i Studi
Vocal (veus femenines)

Joan Lainez, director
cors

N. Carter: Variacions
bàrbares
Holst: Els planetes

Salvador Brotons

Figura 40 Programa musical de la sesión de grabación.

El 10 de mayo de 2012 (el decimosegundo concierto) la OSB interpretó en el Auditòrium las obras estudiadas en este proyecto. La grabación tuvo lugar antes del ensayo general en la sala magna del auditorio. La Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares "Ciudad de Palma" fue fundada en 1988 y, además de sus temporadas de conciertos, participa en la ópera de Mahón (Menorca), Festival de Música del Castell de Bellver y el Festival Internacional de Música de Pollensa.

La forman 75 músicos, con 43 en la sección de cuerda, 27 en la de viento, y el resto en percusión. Dicha orquesta es la orquesta más importante de las islas Baleares.

Las obras a interpretar fueron cuidadosamente seleccionadas. Las obras eran distintas en cuanto a dinámicas sonoras y arreglos de instrumentos. De estas interpretaciones, se escogieron los momentos de dinamismo más extremo para su análisis. Dos críticas de prensa de las obras interpretadas por la OSB las describían así:

Variacions Bàrbares, de Nigel Carter. Es una obra tonal, repleta de los sonidos que han influido en su vida social y profesional: jazz, tango, Shostakovich y las big bands americanas.

Todo esto se repite durante la primera media hora de la obra para ilustrar el tema principal, presentado por la sección de cuerda. Después entra la percusión y, por último, el viento, seguido de variaciones al estilo de las grandes sinfonías.

Si bien esta primera obra sugiere que al autor le espera un gran futuro, contiene seguramente demasiados motivos e ideas para una sola pieza (Esterlich, 2012).

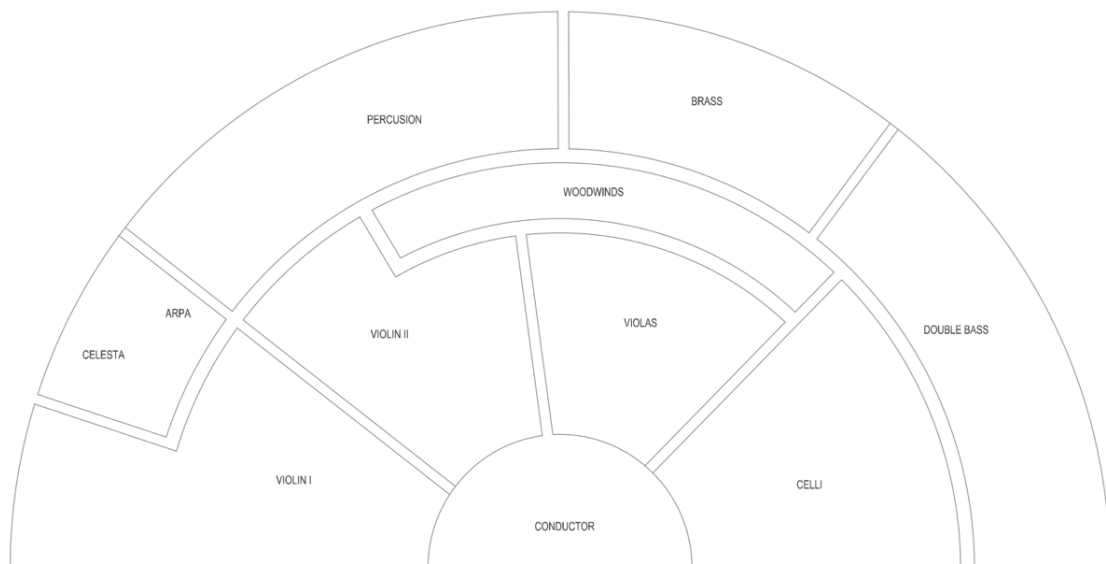


Figura 41 Distribución instrumental de la OSB.

Los planetas op. 32 es la obra más conocida del compositor inglés Gustav Holst, y fue compuesta entre 1914 y 1918. Es una suite de 7 movimientos, cada uno con el nombre de un planeta (y su correspondiente deidad en la mitología grecorromana).

Los planetas (1914) de Gustav Holst, es considerada un “prodigio” por el colaborador de (“1001 classical music records you must listen to before dying”, Anthony Burton.¹⁵). Fue la primera obra británica del siglo XX que se atrevió a emular a los compositores europeos de la época (Strauss, Debussy, Stravinski y Schoenberg). Por otro lado, también integra diversas influencias del folklore inglés. A partir de ello, consigue algo que va más allá de sus componentes; fue un éxito desde el primer día. “El público respondía a la riqueza y calidez de las melodías, la imaginativa partitura para una orquesta opulenta y el claro carácter de cada uno de los movimientos”.

¹⁵ <http://1001discosclasica.megustaescribir.com>

6.12. Selección de fragmentos musicales y escuchas

Se pusieron marcadores de código temporal en los pasajes *piano*, *mezzo forte* y *forte* para poder identificar fácilmente las secciones con dinámicas diversas. Los pasajes musicales, con distintas instrumentaciones, se escogieron con la idea de cubrir todo el espectro audible de frecuencias en los tests posteriores de reproducción musical. Se editó una muestra musical de un minuto, que contenía 20 segundos de cada ejemplo de dinámica.

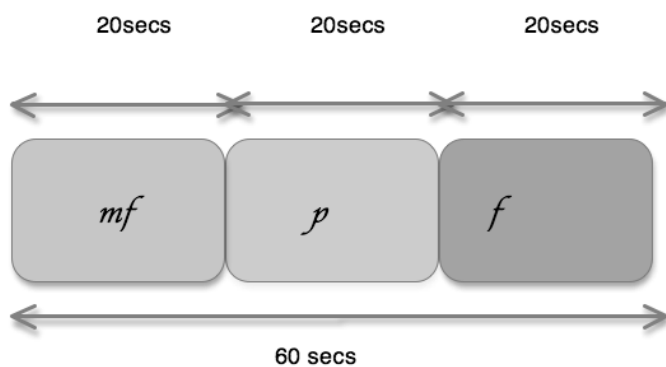


Figura 42 Diagrama que muestra las dinámicas de las muestras de audio editadas.

Este proceso de selección es muy importante, pues cada sistema de micrófonos responde de forma distinta a las variadas frecuencias y dinámicas. La percepción aural humana también varía con estos parámetros, como veremos más adelante.

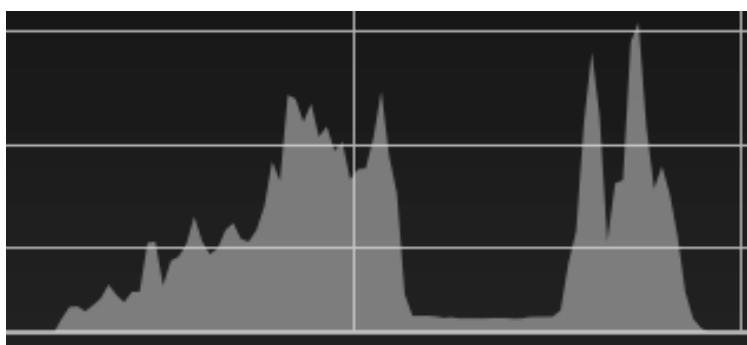


Figura 43 Representación gráfica del ondeado de la muestra de audio.

6.13. Condiciones de audición y sistemas de reproducción de muestras

La sala escogida para las pruebas de audición tenía una acústica seca y un tiempo de reverberación de unos 0,60 segundos. Las paredes estaban revestidas con un material acústico resonante de Helmholtz (Topakustik de haya vapor 13/3). Los altavoces estaban situados a 30° del oyente y a 2 m de separación entre ellos. El oyente se situó a 1,73 m del punto medio entre el altavoz izquierdo y el derecho. Se utilizaron altavoces de cercanía para la reproducción con el fin de obtener un entorno de audición acústicamente controlado, sin prácticamente ningún efecto de las primera reflexiones procedentes de la sala. Se escogieron altavoces ADAM Anf10 de monitor debido a su equilibrada respuesta de frecuencias a lo largo de todo el espectro.

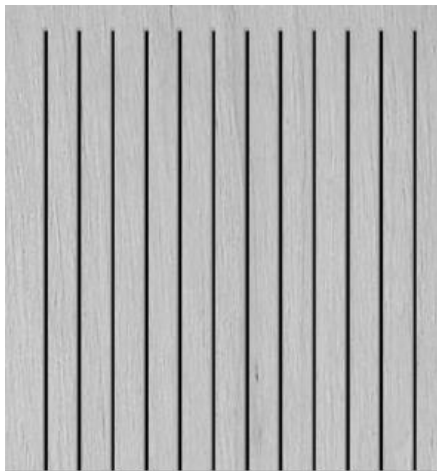


Figura 44 Topakustik de haya vapor 13/3 .

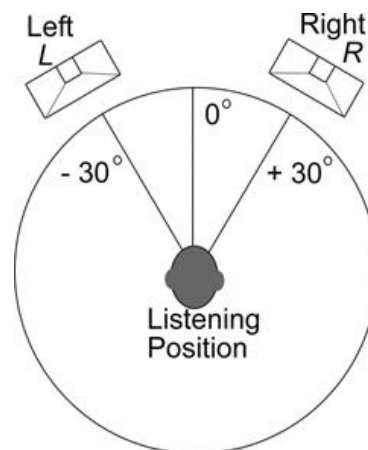


Figura 45 Emplazamiento de altavoces y oyente.

Para realizar encuestas de psicoacústica, la técnica de pruebas A/B resulta muy práctica. Cada situación exige que se diseñe un sistema nuevo para cumplir con sus requisitos. Para satisfacer las necesidades de esta investigación, se diseñó un sistema de reproducción multipista con la ayuda del software Apple Logic Audio Workstation, y un controlador de monitor Mackie "Big Knob".

Se asignaron dos salidas de estéreo individuales a las muestras A y B situadas en la cronología lógica y dirigidas hacia las entradas A y B del controlador de monitor Mackie. Los órdenes de reproducir, pausa y reanudar se controlaban desde un teclado tal como muestra la tabla 6.

Orden	Acceso directo	Controlador
Reproducir	Barra espaciadora	Teclado
Pausa	Barra espaciadora	Teclado
Reanudar	Coma	Teclado
Escuchar muestra A	2track A	Mackie Big Knob
Escuchar muestra B	2track B	Mackie Big Knob

Tabla 6 Órdenes utilizadas para controlar el sistema de reproducción multipista.



Figura 46 Controlador de monitor Mackie Big Knob.

Los oyentes no tenían acceso a ver los medidores VU de la DAW (Digital Audio Workstation) ni ninguna otra representación de audio.

Se reprodujeron combinaciones de las grabaciones con las 4 técnicas microfónicas estéreo mediante un método A/B para todos los oyentes. No se reveló ninguna información sobre las muestras de audio al oyente, sólo la posibilidad de escuchar la muestra A o B. En la siguiente tabla se muestran las combinaciones de pares estéreo que se ofrecieron a todos los oyentes.

De este modo, se escogieron cuatro combinaciones de cada técnica estéreo y se obtuvieron cuatro resultados para cada atributo.

Técnica estéreo	XY	ORTF	AB	DECCA
XY		XY-ORTF	XY-AB	XY-DECCA
ORTF	ORTF-XY		ORTF-AB	ORTF-DECCA
AB	AB-XY	AB-ORTF		AB-DECCA
DECCA	DECCA-XY	DECCA-ORTF	DECCA-AB	

Tabla 7 Pares de técnicas de micrófonos estéreo para evaluación psicoacústica.

6.14. Estudios psicoacústicos de Berg y Rumsey

Se escogió la escala de Berg y Rumsey (2001), pues era la más utilizada en estudios anteriores. Era esencial que los voluntarios ofreciesen respuestas cuantitativas respecto a la escala de atributos psicoacústicos. Esto permitiría la comparación estadística de los estudios. Para ello se utilizaron los siguientes factores: sinónimos, resultados numéricos o decimales y gráficos: (Mason, 2000), (Ford, 2001). En este experimento se utilizó un baremo de evaluación consistente en una correlación numérica del 1 al 7 (mínimo / menos / peor comparado con el máximo / más / mejor) que se emplea en la recolección de datos sobre software comercial (Google docs).

Existen publicaciones, por ejemplo Neher (2006), en las que se estudia la formación de los oyentes para recoger experiencias del análisis de atributos relacionados con la sensación espacial del sonido. Sin embargo, en este estudio, y con el fin de no condicionar a los candidatos, se prescindió de toda formación previa. Al oyente se le entregaba de antemano la escala de Berg y Rumsey para resolver cualquier problema de comprensión. También se les ofreció una explicación individual sobre cómo proceder.

Psychoacoustic A-B online test form for stereo microphone placement techniques [Orchestra recording]

Candidates will be tested for 13 attributes which are clearly defined on the linked document.

<http://goo.gl/M7aAE>

* Required

1 \ Nat : Naturalness *

Sample A

	1	2	3	4	5	6	7	
Unnatural	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Natural

*

Sample B

	1	2	3	4	5	6	7	
Unnatural	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Natural

Formulario en línea de test psicoacústico A-B para técnicas de emplazamiento de micrófonos estéreo [Grabación de orquesta]

Los candidatos deberán responder a 13 atributos que se definen en el documento del enlace y en la figura 36.

<http://goo.gl/M7aAE>

Tabla 8 Apartado del cuestionario en línea de Google Docs diseñado para los tests psicoacústicos¹⁶.

¹⁶ Anexo 10.2.1

Atributo	Descripción
Naturalidad	Cómo suena de parecido un sonido a una experiencia de audición natural (esto es, no reproducida y sin altavoces)
Presencia	La sensación de estar en el mismo entorno acústico que la fuente sonora, p. ej., en el mismo auditorio.
Preferencia	Si el sonido que oye le gusta. Si piensa que, en su conjunto, suena bien. Intente prescindir del <i>contenido</i> del programa, o sea, no valore el género musical o el contenido del discurso.
Contenido de bajas frecuencias	El nivel de bajas frecuencias (registros graves)
Amplitud del conjunto	La amplitud/anchura percibida del conjunto musical, desde el flanco izquierdo hasta el derecho. El ángulo que ocupa el conjunto. "Conjunto" significa todas las fuentes sonoras discretas consideradas en su conjunto. No indica necesariamente el tamaño conocido de la fuente, por ejemplo, se conoce el tamaño de un cuarteto de cuerda en la realidad, pero aquí se trata de valorar la amplitud con que se "percibe" dicho cuarteto. Prescinda de otros sonidos que lleguen del entorno de la fuente sonora, como la reverberación, valore únicamente la amplitud de la fuente sonora.
Amplitud de fuentes discretas	La amplitud percibida de una fuente discreta (instrumento o voz). El ángulo que ocupa la fuente. No indica necesariamente el tamaño conocido de la fuente, p.ej, se conoce el tamaño de un piano en la realidad, pero aquí se trata de valorar la amplitud con que se percibe dicho piano. Prescinda de otros sonidos que lleguen del entorno de la fuente sonora, como la reverberación, valore únicamente la amplitud de la fuente sonora.
Localización	Facilidad de percibir la ubicación exacta de la fuente – facilidad de señalar la dirección de la fuente. Lo opuesto es cuando la posición de la fuente resulta difícil de situar – una ubicación desdibujada.
Distancia de la fuente	La distancia percibida desde el oyente hasta la fuente sonora.
Envolvimiento de la fuente	El grado en que la fuente le envuelve/rodea/existe a su alrededor. La sensación de estar rodeado por la fuente sonora. Si hay varias fuentes sonoras en el fragmento escuchado: valore la fuente sonora percibida como la más envolvente. Prescinda de otros sonidos que lleguen del entorno de la fuente sonora, como la reverberación; valore únicamente la fuente sonora
Amplitud de sala	La anchura/ángulo ocupados por los sonidos procedentes de las reflexiones de la fuente sonora en la sala (reverberación). Prescinda del sonido directo de la fuente sonora.
Tamaño de la sala	En los casos en que se percibe una sala/auditorio, ello denota el tamaño relativo de esa sala.
Nivel sonoro en sala	El nivel de sonidos generados en la sala como resultado de la acción de la fuente sonora, por ejemplo, reverberación, es decir, no los sonidos molestos externos. Prescinda del sonido directo de la fuente sonora.
Envolvimiento de la sala	El grado en que el sonido que llega de las reflexiones de la fuente sonora en la sala (la reverberación) –y no la fuente sonora en sí– le envuelve/rodea/existe a su alrededor. La sensación de estar rodeado por el sonido reflejado.

Tabla 9 Escala psicoacústica¹⁷ entregada a los oyentes encuestados (Berg y Rumsey, 2003).

¹⁷ Anexo 10.2.2

6.15. Resultados

6.15.1. Curvas de correlación

Tras editar la muestra de audio para seleccionar el pasaje musical más representativo, el análisis matemático FDSC¹⁸ se aplicó a cada una de las grabaciones en estéreo por medio de MATLAB. La tabla 10 muestra un resumen de los coeficientes de correlación resultantes para los cuatro sistemas de micrófonos estudiados.

	Baja frecuencia (f _c =400Hz)	Alta frecuencia (f _c =1200Hz)	Alcance medio de todas las frecuencias
XY	0.88	0.56	0.65
ORTF	0.72	0.11	0.45
DECCA	0.04	0.32	0.26
AB	-0.56	0.01	0.13

Tabla 10 Tabla de resultados de coeficientes de correlación de las cuatro técnicas estéreo
f_c = frecuencia de corte.

XY:

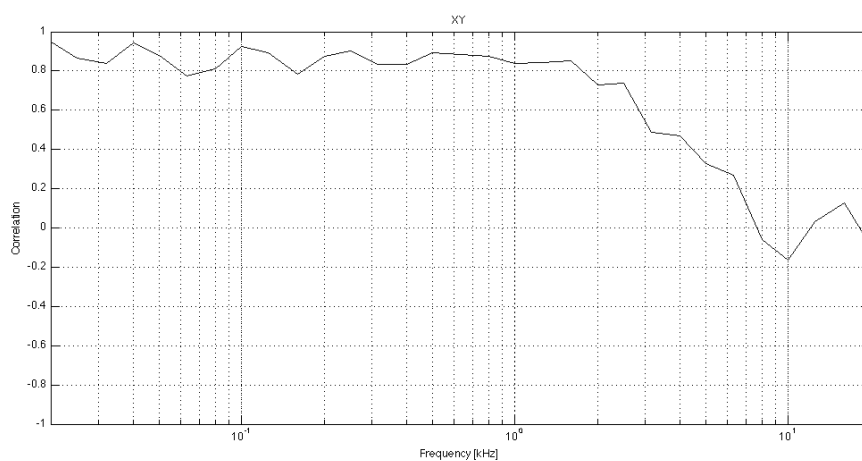


Figura 47 Trazado FDSC de la técnica estéreo XY 90 °.

¹⁸ Análisis de trazado de correlación de señales en función de la frecuencia

Puede verse que la técnica estéreo XY arroja unos altos valores de correlación de 20Hz a 1KHz. Ello sugiere que para las frecuencias por debajo de 1 KHz la señal de grabación es bastante coincidente entre micrófonos, y por ello suena más como si fuera mono. Con los valores de correlación máximos observados de entre 20Hz y 1 KHz de 0,95, y un mínimo de 0,8 de 1 KHz en adelante, la correlación disminuye progresivamente y en proporción inversa a la frecuencia. En estas frecuencias más altas la señal se vuelve más “estéreo” y da una mejor impresión espacial. Esto coincide con la impresión general del uso de XY dirigido a pequeños conjuntos e instrumentos solistas en los que una grabación en estéreo compatible con mono será suficiente.

XY es una técnica estéreo de coincidencia que utiliza cápsulas cardioides. A bajas frecuencias –debidas a grandes longitudes de onda-, las señales llegan de forma similar a ambas cápsulas, mientras que los componentes de señal de altas frecuencias, con longitudes de onda menores al diámetro de las cápsulas, les llega de una forma diferente y por ello disminuye la correlación y acentúa el efecto estéreo. Este cambio empieza a 1kHz (figura 47).

ORTF:

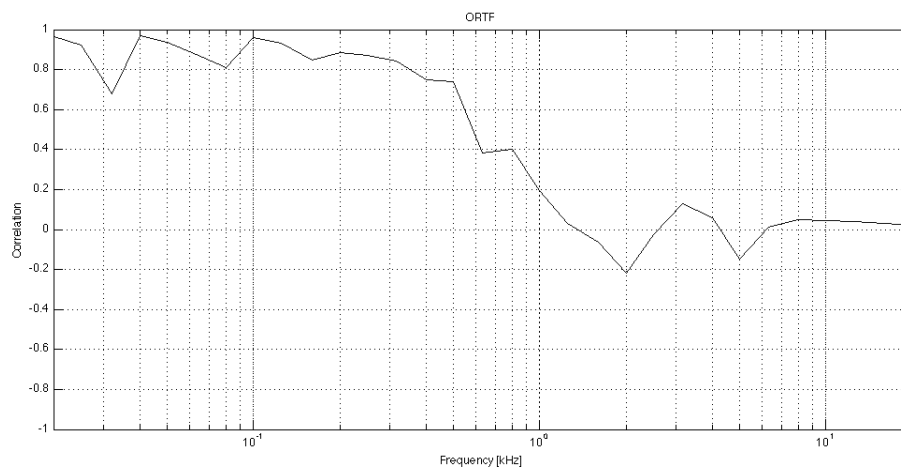


Figura 48 Trazado FDSC de la técnica estéreo ORTF.

ORTF se comporta de una forma similar a XY, puesto que es una técnica estéreo casi coincidente. La frecuencia en la que empieza la correlación máxima sucede a un valor más bajo que en XY (alrededor de 500Hz). La correlación en frecuencias más bajas (entre 20Hz – 500Hz) es alta, alrededor de 0.74-1.0.

El gradiente de correlación en ORTF es más progresivo. Esto se transfiere a una imagen estéreo más amplia y sigue manteniendo la compatibilidad mono en la gama de bajas frecuencias.

DECCA TREE:

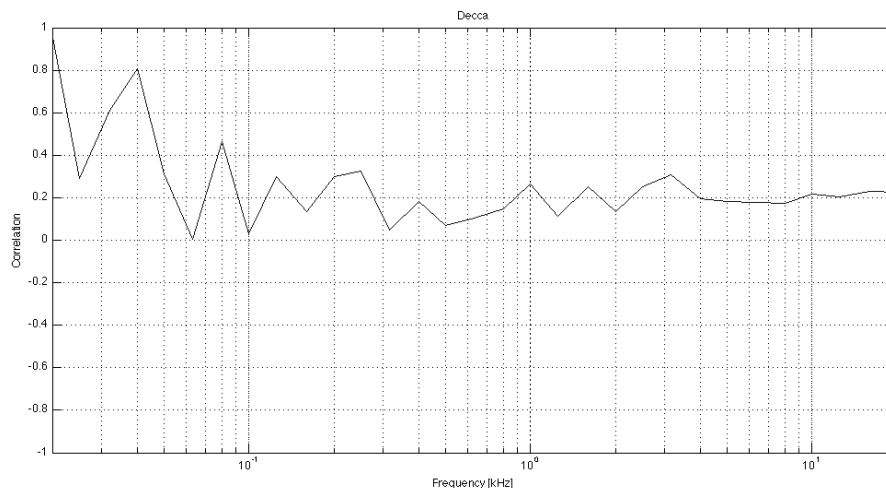


Figura 49 Trazado FDSC de la técnica estéreo DECCA TREE.

El análisis FDSC de DECCA muestra una versión “controlada” de la AB. Aparece una curva estable a lo largo de toda la gama de frecuencias con un leve incremento en las más bajas.

El micrófono central se utiliza para obtener una cobertura más amplia en escenarios sonoros extensos y controlar la baja correlación en ciertas bandas de frecuencia. Ello resulta en una imagen estéreo muy equilibrada y una correcta compatibilidad mono, que se puede mejorar aumentando el nivel de señal del micrófono central.

AB:

El estéreo AB tiene una respuesta de correlación completamente distinta a la de XY y ORTF. Las señales izquierda y derecha registradas en sistemas de micrófonos estéreo espaciados se correlacionan de forma más nivelada en toda la respuesta audible de frecuencias, a pesar de estar sometidas a una elevada influencia de la acústica del auditorio (primeras reflexiones), aparte del sonido directo. Ello se debe sobre todo al uso de cápsulas omnidireccionales de patrón polar.

Las cápsulas microfónicas AB se sitúan con 1 metro de separación entre ellas; de acuerdo con (Pfanzagl-Cardone & Hoeldrich, 2008) esto sugiere que la descorrelación máxima debería ser de $-0,2$ a aproximadamente 225 Hz. En este caso, la descorrelación máxima se sitúa en torno a $-0,6$ cerca de 400Hz (figura 50), lo cual lleva al autor a pensar que puede tener sus raíces en la acústica local de la sala.

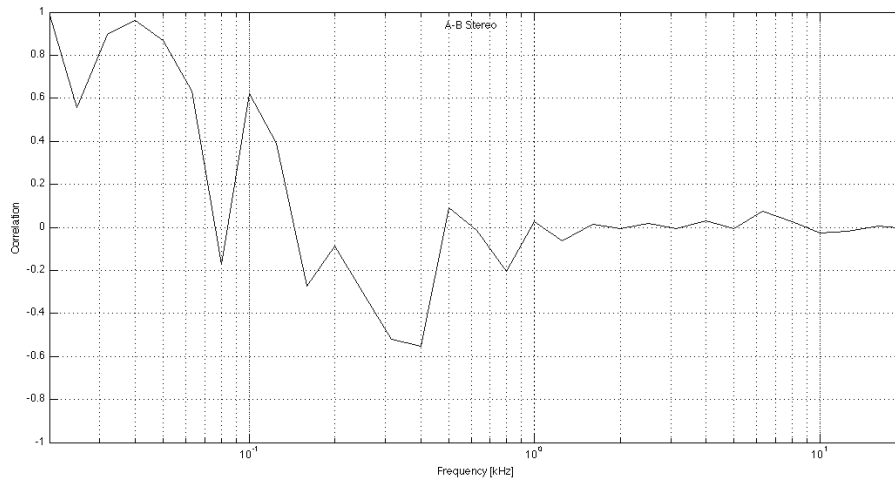


Figura 50 Trazado FDSC de la técnica estéreo AB (100cm de separación)

Estas condiciones acústicas pueden presentar un comportamiento bastante irregular en la gama de frecuencias de 300Hz-400Hz. A partir de 500Hz-20.000Hz, que está ligeramente por encima de una descorrelación de una décima, está relativamente nivelada, mientras que en los sistemas DECCA y XY, aparecen relativamente constantes por más de dos décimas.

6.15.2. Pruebas psicoacústicas

Los resultados de las evaluaciones realizadas por los veinte oyentes se registraron rellenando el formulario en línea mediante la aplicación de cuestionarios de Google descrita anteriormente (sección 6.14). La tabla 11 muestra un apartado del formulario de evaluación. (Anexo 10.2.1).

Psychoacoustic A-B online test form for stereo microphone placement techniques [Orchestra recording]

Candidates will be tested for 13 attributes which are clearly defined on the linked document.

<http://goo.gl/M7aAE>

* Required

1 \ Nat : Naturalness *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

Unnatural Natural

1 \ Nat : Naturalness B *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Unnatural Natural

2 \ Psc : Presence *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very Low very High

2 \ Psc : Presence *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

very Low very High

Tabla 11 Un apartado del formulario en línea de Google Docs utilizado para recoger las respuestas de los oyentes.

Formulario en línea de test psicoacústico A-B para técnicas de emplazamiento de micrófonos estéreo [Grabación de orquesta]

Los candidatos deberán responder a 13 atributos que se definen en el documento del enlace.

<http://goo.gl/M7aAE>

*Obligatorio

1) Nat: Naturalidad B *

Muestra A

	1	2	3	4	5	6	7
poco	*						
natural							natural

Muestra B

	1	2	3	4	5	6	7
poco				*			
natural							natural

2 \ Psc : Presencia *

Muestra A

	1	2	3	4	5	6	7
muy bajo				*			
							muy alto

Muestra B

	1	2	3	4	5	6	7
muy bajo			*				
							muy alto

Tabla 12 Traducción del formulario en la tabla 11.

Los resultados se exportaron a MSEXcel para posterior análisis estadístico. Cada uno de los veinte oyentes realizó cuatro evaluaciones “ciegas” de cada uno de los trece atributos. Las puntuaciones medias de cada oyente y atributo se consignaron en esta hoja de cálculo global. (Anexo 10.3).

Los datos sumarios de los resultados psicoacústicos de cada técnica de micrófonos estéreo se extrajeron de los datos globales en bruto, seguido por el cálculo de promedios, desviaciones estándar e intervalos de confianza de cada atributo. (Anexo 10.4). En la tabla 13 se muestra un ejemplo de estos datos sumarios de la técnica de micrófonos XY.

Los datos sumarios de cada técnica microfónica estéreo se insertaron en una tabla de contingencias globales para posterior estudio estadístico.

Los datos recabados a partir de los tests se sometieron a análisis ANOVA (análisis de varianza), usando la función correspondiente del software XLSTAT en Microsoft Excel, con un valor $p < 0,05$. Después se efectuó una regresión de cada variable y un análisis Tuckey que reveló diferencias significativas en al menos dos de las técnicas de micrófonos para cada uno de los atributos. (Anexo 10.5). Los resultados se exponen en la siguiente tabla 14.

Los valores medios y un 95% de intervalos de confianza de los 13 atributos estudiados se representaron en gráficos de barras (anexo 10.6). La figura 51 ofrece un resumen del mismo.

XY

Sujeto	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVVM
1	3.5	3.75	4.25	2.5	1.75	1.75	4.75	5	1.75	3	2	1.75	2
2	3.5	4	4	2.75	1.5	3.25	5.75	4.75	1.5	1.5	2.5	3	2.5
3	4.75	3.75	3.75	3.25	1.25	1.25	5.25	4.75	1.75	2.25	2	3.75	2
4	3.5	4.75	4.5	3	2	2.5	4.5	5	1.75	1.5	1.75	2.75	2.5
5	3.75	3.75	4.5	3.75	1.5	2.5	5.75	4	2	1.25	2.75	3	2
6	3.75	4.75	4.25	3.5	2	2	6.5	4.25	1.25	2.25	1.75	3	2.25
7	3.75	4.25	4.75	2.75	1.75	2.25	5	5	1.75	1.75	2	2.25	1.75
8	4.5	4	4.25	2.5	2.5	2.5	5.5	4.25	2.5	2.5	2.5	3	2.75
9	4.5	4.5	4.75	4	2	3	6.25	5.75	2.5	2	2	2.75	2.5
10	4	4	4.25	3.5	2	2.75	6	5.75	1.5	1.75	1.75	2.25	2
11	3.75	4.25	3.75	3.25	2.5	2.5	4.5	6	2.25	1.75	1.75	3.25	2.25
12	5.25	4.75	3.75	4	1.75	2.25	5.25	5.75	1.75	2.25	2.5	2.75	2.5
13	3.75	4.25	2.75	3.25	2	2	5.25	5.75	2	1.75	3	2.75	2.5
14	4.25	3.75	4.75	2.75	1.75	2.75	4.25	5.25	1.75	1.75	1.25	2.25	2.25
15	3.25	4	4.25	2.75	2.5	2	4.667	4.5	3.25	2.25	2.5	2.25	1.75
16	4	4.25	5	2.75	1.75	1.75	5.5	5.5	1.25	2.75	3.5	2.75	1.75
17	4.25	4	4	3	2	2	4.25	5.5	2	1.75	2.25	2.5	3
18	4.25	4	3.5	3.75	2.75	1.5	5.25	4.75	2	1.75	3	2	2.75
19	4.5	4	3.75	3.25	2.25	2	5.25	5	1.75	2	2.5	2.25	2.5
20	3.5	4	4.75	4	2.25	2.25	5	5.75	2	1.75	2.25	2.75	3.25
Promedio	4.013	4.138	4.175	3.213	1.988	2.238	5.221	5.113	1.913	1.975	2.275	2.650	2.338
Desv. Est.	0.510	0.329	0.539	0.502	0.385	0.497	0.631	0.593	0.461	0.436	0.537	0.469	0.416
S Size	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
C Coefic	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
M Error	0.223	0.144	0.236	0.220	0.169	0.218	0.277	0.260	0.202	0.191	0.236	0.205	0.182
Up Bound	4.236	4.282	4.411	3.432	2.156	2.455	5.498	5.372	2.114	2.166	2.511	2.855	2.520
Lo Bound	3.789	3.993	3.939	2.993	1.819	2.020	4.944	4.853	1.711	1.784	2.039	2.445	2.155
Max	5.250	4.750	5.000	4.000	2.750	3.250	6.500	6.000	3.250	3.000	3.500	3.750	3.250
Min	3.250	3.750	2.750	2.500	1.250	1.250	4.250	4.000	1.250	1.250	1.250	1.750	1.750
Range	2.000	1.000	2.250	1.500	1.500	2.000	2.250	2.000	2.000	1.750	2.250	2.000	1.500

Tabla 13 Tabla¹⁹ que muestra (en la parte superior) los resultados de los 13 atributos recopilados para la técnica estéreo XY de los 20 oyentes. En la parte inferior, una tabla de contingencias globales resume esta información.

¹⁹ Anexo 10.4

Variable dependiente	Grados de Libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado medio	F	P	Diferencias entre grupos estadísticamente significativas
NATM	3	58.119	19.373	93.892	< 0,0001	1&2,1&3,1&4,2&3,2&4
PSCM	3	58.491	19.497	81.499	< 0,0001	1&2,1&3,1&4,2&3,2&4
PRFM	3	25.506	8.502	33.491	< 0,0001	1&2,1&3,1&4,3&4
LFCM	3	106.709	35.570	149.224	< 0,0001	Todos los grupos son diferentes
EWM	3	178.777	59.592	420.205	< 0,0001	Todos los grupos son diferentes
ISWIDTHM	3	169.434	56.478	270.969	< 0,0001	Todos los grupos son diferentes
LOCM	3	42.896	14.299	49.924	< 0,0001	1&3,1&4,2&3,2&4
SDISTM	3	26.950	8.983	40.190	< 0,0001	1&2,1&3,2&3,2&4,3&4
SENVN	3	205.781	68.594	346.819	< 0,0001	1&2,1&3,1&4,2&3,2&4
RWIDTHM	3	196.606	65.535	402.277	< 0,0001	1&2,1&3,1&4,2&3,2&4
RSIZEM	3	89.627	29.876	107.055	< 0,0001	1&2,1&3,1&4,2&3,2&4
RSLEVELM	3	147.102	49.034	221.040	< 0,0001	1&3,1&4,2&3,2&4,3&4
RENVN	3	160.491	53.497	258.041	< 0,0001	Todos los grupos son diferentes

1=XY, 2=ORTE, 3= AB, 4=DECCA(Los atributos en azul se comportan de forma parecida)(Los atributos en naranja se comportan independientemente)

Tabla 14 La tabla muestra un ANOVA unidireccional respecto a la influencia de la variable “técnica de micrófonos estéreo” en la calificación de 13 atributos (20 oyentes)

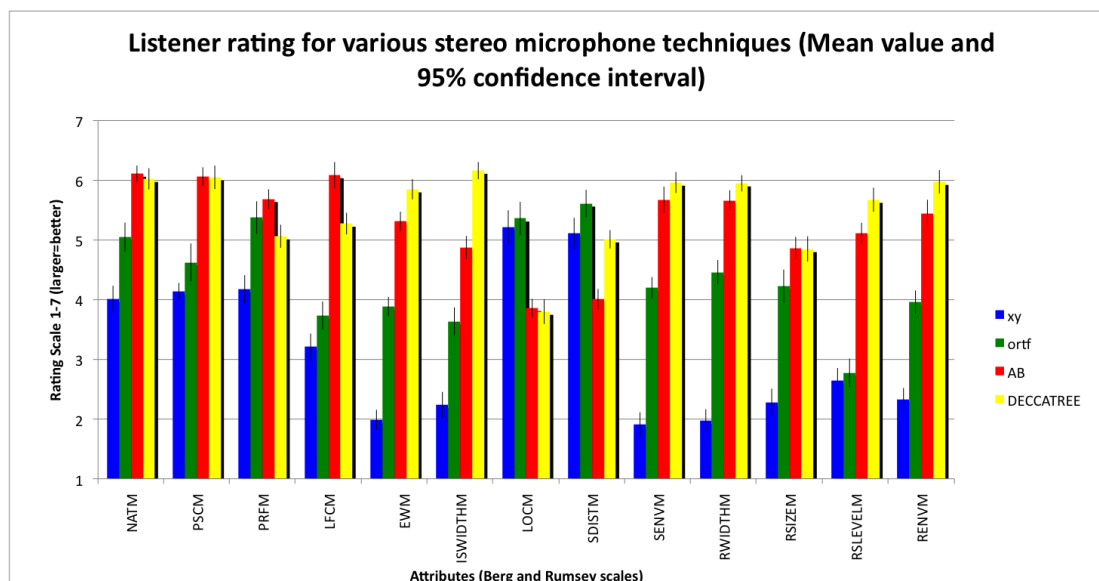


Figura 51 Gráfico²⁰ de barras que representa la calificación de los 13 atributos de cada técnica microfónica estéreo estudiada.

En muchos atributos no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las técnicas de micrófonos (solapamiento de barras de error), si bien en LFCM, EWM, ISWIDTHM y RENVM, todas las técnicas resultaron significativamente diferentes. Para la mayoría de atributos, las técnicas AB y DECCA TREE (disposición espaciada) no revelaron diferencias estadísticamente significativas. Del mismo modo, XY y ORTF (sistemas coincidentes y casi coincidentes) también mostraron similitudes. Parte de eso se podría prever sabiendo que AB y DECCA utilizan cápsulas omnidireccionales y tienen distancias similares en los micrófonos izquierdo y derecho de su configuración. ORTF y XY utilizan cápsulas cardioides en su arquitectura estéreo. AB y DECCA TREE obtuvieron calificaciones significativamente más altas que ORTF y XY, salvo en localización y distancia de la fuente con DECCA TREE, con preferencia máxima. DECCA TREE obtuvo la calificación más baja en localización, sin diferencias significativas respecto a AB. En la mayoría de atributos, la técnica XY fue señalada con un valor inferior estadísticamente significativo salvo en localización y distancia de la fuente. Era la que poseía la localización más afinada, pero el envolvimiento más débil.

AB y DECCA TREE han resultado ser las más constantes en todos los atributos, y obtienen las mejores calificaciones, salvo en localización y distancia de la fuente.

²⁰ Anexo 10.6

Los resultados de ORTF muestran su potencial como técnica muy versátil de microfonía, con un promedio de valores medios en la mayoría de atributos, lo cual puede ser de especial importancia en tamaño de sala y amplitud de sala, en los que los valores más altos no son siempre apropiados.

Los atributos de naturalidad, presencia y preferencia obtienen calificaciones medias similares en cada montaje de micrófonos, dado que estos pertenecen a la clasificación de atributos generales. La naturalidad y la presencia tienen valores medios significativamente más altos en AB y DECCA TREE frente a XY y ORTF. En el atributo de preferencia, ORTF obtiene una calificación tan alta como AB y DECCA TREE, con XY significativamente a la zaga.

6.15.3. Análisis de correlación

Los resultados de los tests de audición se sometieron asimismo a un análisis de correlación de Pearson mediante el software XLSTAT, ilustrado en la tabla 15.

	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVM
NATM	1	0.788	0.547	0.828	0.840	0.791	-0.608	-0.384	0.858	0.835	0.757	0.786	0.847
PSCM	0.788	1	0.421	0.813	0.811	0.806	-0.643	-0.460	0.802	0.788	0.683	0.832	0.796
PRFM	0.547	0.421	1	0.493	0.565	0.438	-0.265	-0.294	0.586	0.621	0.611	0.318	0.518
LFCM	0.828	0.813	0.493	1	0.810	0.723	-0.686	-0.585	0.797	0.763	0.677	0.822	0.785
EWM	0.840	0.811	0.565	0.810	1	0.903	-0.667	-0.338	0.942	0.940	0.847	0.822	0.933
ISWIDTHM	0.791	0.806	0.438	0.723	0.903	1	-0.655	-0.237	0.892	0.853	0.763	0.841	0.885
LOCM	-0.608	-0.643	-0.265	-0.686	-	-0.655	1	0.425	-0.669	-0.613	-0.510	-0.738	-0.693
SDISTM	-0.384	-0.460	-0.294	-0.585	-	-0.237	0.425	1	-0.329	-0.320	-0.273	-0.483	-0.323
SENVM	0.858	0.802	0.586	0.797	0.942	0.892	-0.669	-0.329	1	0.929	0.827	0.805	0.896
RWIDTHM	0.835	0.788	0.621	0.763	0.940	0.853	-0.613	-0.320	0.929	1	0.867	0.775	0.904
RSIZEM	0.757	0.683	0.611	0.677	0.847	0.763	-0.510	-0.273	0.827	0.867	1	0.657	0.836
RSLEVELM	0.786	0.832	0.318	0.822	0.822	0.841	-0.738	-0.483	0.805	0.775	0.657	1	0.834
RENVM	0.847	0.796	0.518	0.785	0.933	0.885	-0.693	-0.323	0.896	0.904	0.836	0.834	1

Tabla 15 Matriz de proximidad (coeficiente de correlación de Pearson) de los 13 atributos psicoacústicos

Los atributos con la mayor correlación fueron EWM e ISWIDTH, EWM con SENVM, EWM y RWIDTH, EWM y RENVM y RWIDTHM y RENVM con valores superiores a 0,9. Esto es comprensible dado que todos estos atributos reflejan áreas similares de juicio acústico. La mayor correlación inversa se encontró entre LOCM y RSLEVELM, con un valor de -0,738. Éste es un resultado razonable, puesto que a niveles más altos de presión acústica en una sala, se producen más reflexiones. Esto hace que la localización resulte más complicada a los oyentes.

Se pueden observar numerosos valores de alta correlación mayores que 0,75, lo cual sugiere que los atributos estudiados son similares en muchos aspectos. Los atributos dentro de esta franja de correlación pueden describir aspectos que cambian de una forma similar. Un ejemplo de ello se puede encontrar entre EWM y variables como ISWIDTHM, SENVM, RWIDTHM, RSIZEM, RSLEVEL y RENVM.

6.15.4. Conclusiones iniciales sobre los cuatro métodos de grabación analizados

Llegados a este punto, y tras el análisis de los cuatro métodos de grabación estudiados, me parece oportuno el esbozo de unas primeras conclusiones que, para mayor claridad, presentamos en la forma de pregunta-respuesta.

¿En qué difieren los trazados gráficos FDSC de DECCA TREE, ORTF, XY y AB, y cómo pueden interpretarse?

En los gráficos de análisis de correlación de señales en función de la frecuencia para las cuatro técnicas estéreo se observaron diferencias sustanciales entre cada técnica.

La técnica XY tiene unos valores altos de correlación FDSC, sobre todo en las frecuencias bajas. Esto produce un efecto sonoro más cercano al mono. En la banda de altas frecuencias (≥ 1000 Hz) la correlación disminuye, lo que ofrece una mejor impresión de localización desde la señal estéreo. Este sistema es interesante cuando se trata de grabaciones de pequeños conjuntos o instrumentos solistas. Una de sus principales ventajas es la alta compatibilidad con sistemas mono, que lo dota de gran utilidad para satisfacer múltiples sistemas de altavoces de reproducción.

ORTF se comporta de una forma similar a XY, puesto que se trata de una técnica estereofónica casi coincidente.

El gradiente de correlación de ORTF es más progresivo, lo cual produce una imagen estéreo más amplia, a la vez que mantiene la compatibilidad mono en la banda de bajas frecuencias, haciéndolo más versátil y adaptable.

DECCA ofrece una correlación menor que XY y AB en la mayoría de frecuencias. Esto incrementa la impresión espacial en estéreo, lo cual la convierte en la mejor elección para grandes orquestas situadas en un amplio escenario sonoro.

De un modo similar a DECCA, el estéreo AB tiene un bajo coeficiente de correlación en la mayoría de frecuencias. En AB, el efecto de “hueco en el medio” puede aparecer en ciertas frecuencias debido a la falta de un micrófono central como el que se utiliza en DECCA. AB se utiliza en situaciones similares a DECCA, si bien se prefiere con conjuntos de tamaño medio, puesto que las distancias entre las cápsulas derecha e izquierda se pueden acortar más fácilmente.

¿En qué difieren los atributos psicoacústicos de DECCA TREE, ORTF, XY y AB, y cómo pueden interpretarse?

XY ha recibido una evaluación significativamente más baja en todos los atributos psicoacústicos. Los únicos atributos en los que obtuvo unas puntuaciones significativamente mejores fueron localización y distancia de fuente. Dado que los instrumentos del centro suenan con menos volumen, los micrófonos se pueden situar cerca del conjunto y aun así alcanzar un buen equilibrio.

ORTF ha recibido puntuaciones parecidas a las de XY. Es comprensible, pues ambas técnicas trabajan con montajes de casi coincidencia. ORTF presenta la misma tendencia de puntuación que XY en la mayoría de atributos, si bien puntúa más alto en todos ellos. Ello lleva a pensar que se trate de una técnica más versátil.

AB obtuvo altas puntuaciones en la mayoría de atributos, y es significativamente mejor que XY y ORTF, salvo en localización y distancia de fuente.

DECCA TREE ha recibido la mejor evaluación y obtiene la nota global más alta. Su tendencia es similar a AB y significativamente mejor que XY y ORTF en todos los atributos, salvo en localización y distancia de fuente. Esta última ha recibido mejor nota en DECCA TREE que en AB. Ello sugiere que en la mayoría de atributos, es generalmente la mejor percibida por los oyentes.

¿Existe alguna correlación entre FDSC y los atributos psicoacústicos? ¿Se observa alguna tendencia en los resultados que pueda ayudarnos a seleccionar el montaje idóneo de micrófonos estéreo para cada grabación?

Como resultado del estudio de FDSC y atributos psicoacústicos, se han observado algunas tendencias generales que quedan resumidas en la siguiente tabla. Si bien DECCA y AB presentan ciertas diferencias, aquí se han agrupado para simplificar la síntesis de resultados (véase tabla 16).

	Separación entre cápsulas	FDSC	Puntuación en todos los atributos psicoacústicos salvo LOCM y SDISTM	Puntuación en los atributos psicoacústicos LOCM y SDISTM
XY	+	+++	+	++
ORTF	++	++	++	++
DECCA- AB	+++	+	+++	+

Tabla 16 Recurso utilizado para seleccionar técnicas microfónicas estéreo con resultados psicoacústicos y matemáticos predecibles.

Con el aumento de separación entre cápsulas, la FDSC disminuye, pues las señales que llegan a los micrófonos derecho e izquierdo son cada vez más diferentes. Las diferencias y la disminución de correlación parecen mejorar la nota de la mayoría de atributos psicoacústicos.

Ello sugiere que los oyentes “prefieren” estas señales estéreo menos correlacionadas. Los únicos atributos psicoacústicos que se comportan de forma distinta son LOCM y SDISTM. Ambos quedan en el ámbito de la localización, que es mejor en XY y ORTF. En estas técnicas, la correlación es muy alta en frecuencias bajas y se reduce paulatinamente en las bandas de frecuencias medias (ORTF) y altas (XY).

La baja correlación, en la banda más alta del espectro de frecuencias, optimiza la localización de la fuente.

XY no tiene separación entre cápsulas y resultó tener una alta correlación en la mayoría de frecuencias audibles, salvo en la banda de altas frecuencias. Ello refleja el efecto más bien “mono” que tiene XY en ciertas frecuencias.

En los resultados psicoacústicos, el montaje XY se destacó por sus valores significativamente inferiores en casi todos los atributos, salvo en localización (LOCM) y distancia de fuente (SDISTM). En estos dos atributos, así como en ORTF, los resultados psicoacústicos fueron significativamente mejores. Esto se puede entender debido al patrón polar de los micrófonos utilizados en estas dos técnicas estéreo. Estas cápsulas cardioides desechan un mayor número de reflexiones y ofrecen una localización más exacta.

ORTF presenta una mayor separación entre cápsulas, la correlación en función de la frecuencia disminuye en la banda baja del espectro de frecuencias audibles, con lo que ofrece una imagen estéreo más amplia. Se puede observar una tendencia “mono” en la banda de bajas frecuencias similar a la de XY.

Si bien AB y DECCA se comportan de forma similar, presentan algunas diferencias que deben apuntarse. La FDSC en DECCA TREE es ligeramente más alta. En la mayoría de atributos psicoacústicos, DECCA puntuó tan alto como AB, o significativamente mejor, salvo en preferencia (PRFM) y contenido de bajas frecuencias (LFCM). En localización (LOCM) y distancia de fuente (SDISTM) XY y ORTF puntuaron más alto. AB y DECCA recibieron puntuaciones similares en LOCM pero DECCA obtuvo una nota significativamente mejor en el atributo SDISTM. La inclusión de un micrófono central en el montaje triangular de DECCA TREE también explica este resultado en los atributos de localización.

	Separación de cápsulas	FDSC	Puntuación psicoacústica de los atributos NATM,PSCM,LOCM,SENV ,RWIDTHM ,RSIZEM	Puntuación psicoacústica de los atributos EWM,ISWIDTHM,SDISTM ,RSLEVELM,RENV	Puntuación psicoacústica de los atributos PRFM,LFCM
DECCA	+	++	=	++	+
AB	++	+	=	+	++

Tabla 17 Utilizada para seleccionar la técnica estéreo más adecuada entre DECCA TREE y AB.

Cada técnica de micrófonos ha demostrado tener puntos fuertes y débiles. DECCA parece ser la más versátil, la que probablemente mejor se adapte a la mayoría de aplicaciones. DECCA y AB son significativamente diferentes en la mayoría de aspectos y obtuvieron notas más altas en la mayoría de atributos psicoacústicos.

Cuando se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, se observaron correlaciones muy altas (mayores de 0,9) entre ciertos atributos psicoacústicos. Esto puede verse también gráficamente por la tendencia similar de las puntuaciones en algunos de los atributos de los gráficos de barras (figura 51), tales como EWM, ISWIDTH, SENVM, RWIDTHM y RENVM. Ello sugiere que la escala de Berg y Rumsey se podría simplificar excluyendo algunas de estas variables, pues funcionan de forma parecida. Esta posibilidad tendría que validarse con más estudios.

7. Desarrollo de nuevo modelo de microfónica (DHAB)

Cada técnica estéreo de las estudiadas anteriormente ha demostrado tener cualidades intrínsecas de gran valor. No obstante tras este análisis de resultados psicoacústicos desarrollado previamente se deduce la posibilidad de una disposición de microfónica estéreo que mejore los resultados FDSC y psicoacústicos obtenidos.

Se parte de la idea de diseñar un sistema entre el DECCA TREE y el AB con el fin de obtener una nueva técnica estéreo con resultados psicoacústicos intermedios entre estas dos disposiciones estéreo y mejorar puntuación en los atributos LOCM y SDISTM.

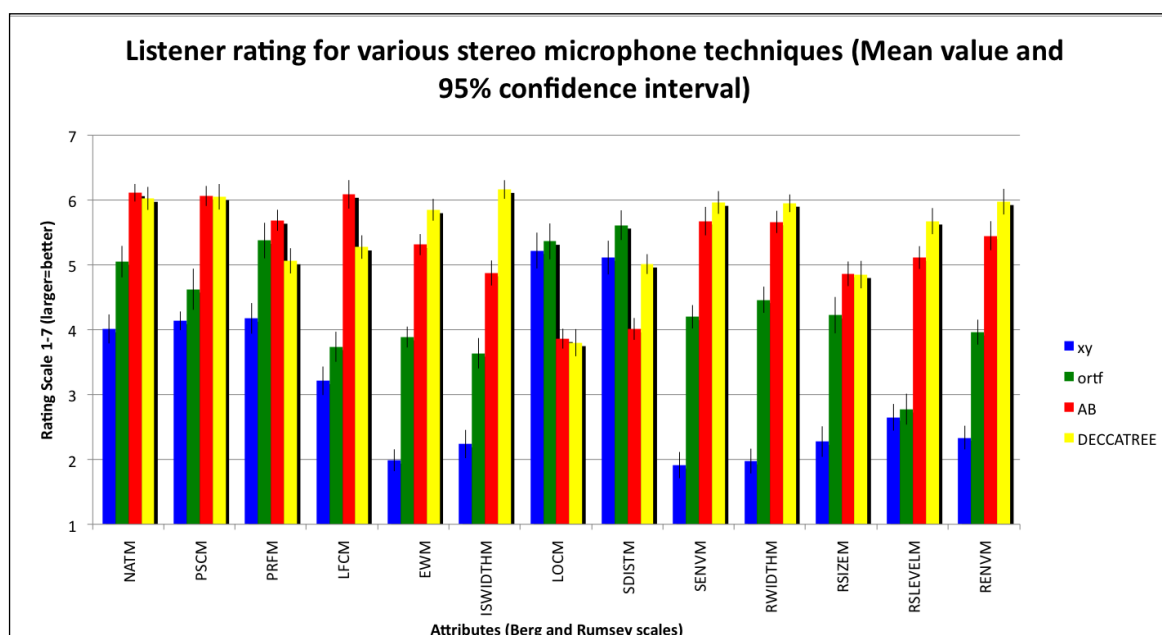


Figura 52 Diagrama²¹ de barras representando los resultados psicoacústicos obtenidos en el estudio de las 4 técnicas estéreo XY, ORTF, AB y DECCA a partir de las evaluaciones realizadas por los 20 oyentes seleccionados.

El objetivo es conseguir una técnica de microfónica capaz de obtener máximas valoraciones en la mayoría de los atributos psicoacústicos.

XY y ORTF puntúan menos en general salvo en localización y distancia de la fuente. Todo lo contrario ocurre con DECCA y AB. Lo óptimo parece ser un modelo similar a DECCA o AB pero que obtenga mejor "localización" y "distancia de la fuente".

²¹ Anexo 10.6

Probablemente se puede conseguir disminuyendo la distancia entre cápsulas y restringiendo el patrón de cobertura polar.

La investigación y análisis de resultados psicoacústicos realizados muestran que las técnicas estereofónicas AB y DECCA TREE puntúan en el 85% de los casos mejor que el resto de las técnicas.

EL nivel de correlación a través de la frecuencia (FDSC) de un AB como hemos visto anteriormente es bastante elevado en frecuencias graves y dependiendo de las reflexiones y acústica de la sala tendrá una pendiente de mayor o menor regularidad en su gradiente negativa estabilizándose en $\text{corr} = 0.2$ a partir de la frecuencia de 1 kHz.

En un DECCA TREE el análisis FDSC nos ofrece una curva algo mas plana a lo largo del rango de frecuencias audibles. El tener una cápsula central adelantada, hace que recibamos la fuente sonora en esta con anticipación respecto a las cápsulas L y R.

La disposición DECCA TREE ofrece una diferencia temporal entre las 3 cápsulas notable y por lo tanto una correlación moderada a lo largo del espectro audible.

Tanto el sistema estéreo AB como el DECCA disponen de cápsulas omnidireccionales, de modo que perciben influencia sonora en 360 grados por la respuesta acústica de la sala.

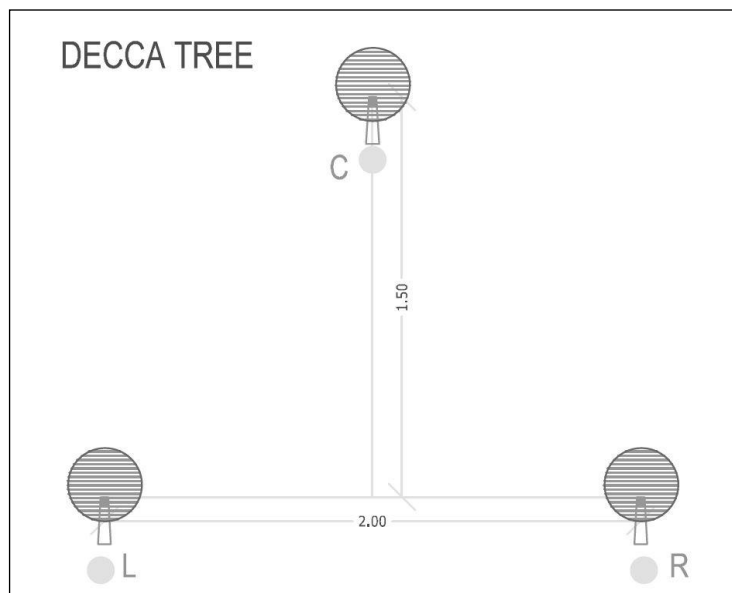


Figura 53 Muestra el sistema principal estéreo DECCA TREE.

7.1. Desarrollo DHAB

El diseño del DHAB o "Delayed Hemi Cardioid AB" es una optimización de un DECCA TREE con la intención de mejorar localización (LOCM) sin influir de manera negativa sobre los demás atributos.

Se opta por un nuevo diseño con modificaciones en 3 áreas básicas: patrones polares de las cápsulas, distancias entre L-R-C y se añade una línea de retardo en la cápsula C.

7.1.1. Patrones polares de las cápsulas

Se opta por la combinación de una cardiode + omnidireccional, es decir una hemicardiode para las cápsulas L y R. De esta manera se focaliza un poco más la fuente sonora sin ser muy prominente. Se mantiene la cápsula C en omnidireccional ya que al estar encima de la orquesta podría causar un efecto demasiado "directo" en caso de estar en hemicardiode o cardiode .

7.1.2. Distancias entre L,R y C

Para mantener una imagen estéreo amplia (aun habiendo acortado la captación del patrón polar) se ensancha la base del triángulo, esto nos ofrecerá la primera sensación estereofónica. El diseño DHAB acerca la cápsula C al eje central de L y R para completar el "vacío" que pudiera haberse formado al incrementar la distancia entre L-R. La suma de estas tres señales forman una mezcla estéreo coherente.

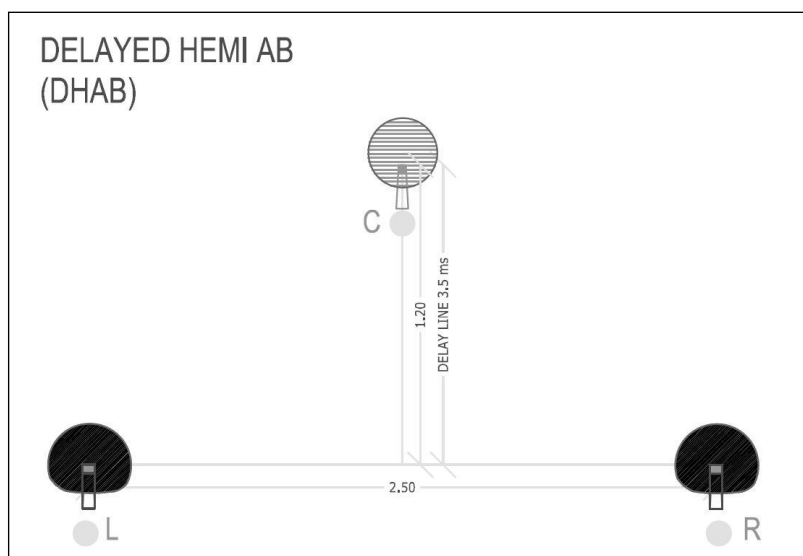


Figura 54 Sistema principal estéreo DHAB.

7.1.3. Línea de retardo en la cápsula C del DHAB

En grabaciones orquestales se trabaja sobre un sistema principal DECCA, AB, ORTF.. y apoyado con micrófonos puntuales también conocidos como "spot o accent microphones" añadidos en secciones o instrumentos solistas.

Para alinear en el tiempo estos micrófonos respecto a los sistemas principales utilizamos retardos de tiempo aplicados desde procesadores digitales, mesas de mezclas o programas de audio.

Cuando aplicamos retardos para sistemas principales de forma triangular es importante decidir respecto a que cápsula debemos medir los retardos ya que las cápsulas de un DECCA TREE entre si ya están a una distancia determinada.

Hasta la fecha con el DECCA TREE los retardos se suelen aplicar respecto a la cápsula central o en un punto medio imaginario entre las tres.

En el DHAB se propone aplicar un retardo a la cápsula C de modo que coincida virtualmente con el eje sonoro horizontal de captación L-R (ver figura). Puesto que la distancia física a 90° entre la cápsula C y el eje horizontal L-R es de 1.2m, considerando la velocidad del sonido (340m/s), el retardo a aplicar calculado es de 3.5ms.

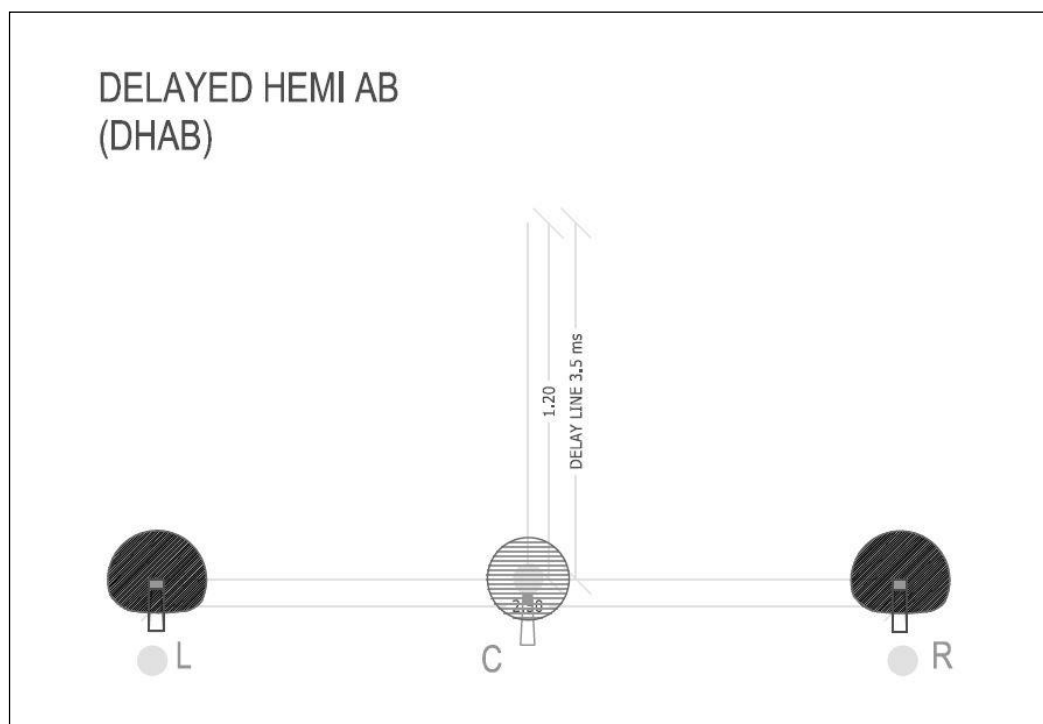


Figura 55 Resultado "virtual" del Sistema principal estéreo DHAB en funcionamiento.

En la figura 55 se muestra la posición "virtual" de la cápsula C una vez aplicado el retardo y en conjunto como estaría actuando el modelo estéreo diseñado : DHAB.

En pasadas experiencias nos damos cuenta que tener una cápsula más adelantada como propone el DECCA TREE es muy útil ya que añade detalle y cuerpo a toda la zona del centro en la mezcla estéreo de la grabación. Dicho esto a través de la investigación nos damos cuenta que para empastar perfectamente con las señales L-R, la aplicación de un retardo ofrece mayor claridad y menor prominencia en el centro.

La orquesta es una fuente sonora que contiene instrumentos de distintos materiales, familias, tímbricas, presiones sonoras y rangos de frecuencia. Cuando tenemos una orquesta tocando en "tutti" (todos a una) se crea un tejido sonoro muy complejo que es un verdadero reto transmitir como paisaje sonoro a los oyentes a través de un sistema de 3 micrófonos como herramienta básica.

En el diseño del DHAB se optó por aumentar la anchura de la base entre las cápsulas L y R (figura 54) para no perder la sensación de amplitud que dan las cápsulas omnidireccionales en sistemas como el DECCA TREE. Añadiendo una separación algo superior entre L y R en el DHAB conseguimos un efecto muy similar. En términos matemáticos al distanciar L y R se redujo la correlación entre estas. De allí la importancia de la capsula central retardada 3,5 ms (figura 55) que actúa como regulador de la cantidad de apertura que deseemos en nuestro estéreo durante la grabación.

En una grabación de un cuarteto de cuerda no buscaríamos un estéreo abierto si no algo mas íntimo y cerrado para representar la cercanía de los músicos que están en un semicírculo codo con codo. En una Quinta sinfonía de Mahler para gran orquesta buscaríamos un despliegue estéreo grandioso donde hubiese espacio para la expresión de todas las secciones musicales y con una gran profundidad.

Configurando el DHAB de manera apropiada se pueden conseguir ambos efectos.

7.2. Grabación Orquestal con el modelo desarrollado DHAB

Se realizó una nueva grabación musical a la orquesta Sinfónica de les Illes Balears (OSIB) con el modelo desarrollado (DHAB) para su posterior análisis y estudio comparativo con los modelos anteriores.

El repertorio que se grabó fue "La canción de la tierra" de Gustav Mahler (Arreglo de Schoenberg para orquesta de cámara) en el Auditorium de Palma.

 **Concierto núm. 7 de temporada**

Viernes, 28 de Febrero de 2014

Programa:
 G. Mahler-Schoenberg: La canción de la Tierra (*versión para orquesta de cámara*)
Lorena Medina, mezzosoprano
José Ferrero, tenor
Josep Vicent, director

- **Localización:** Auditorium de Palma.
Passeig Marítim 18, 07014 Palma
- **Tipo de Evento:** Conciertos
Temporada 13 - 14
- **Hora de inicio:** 20:00 h
- **Hora de finalización:** 22:30 h
- **Número de accesos:** 241

Auditorium de Palma de Mall...

Paseo Marítimo, 18

4 reseñas

[Ver en Google Maps](#)

Figura 56 Programa del concierto de temporada num.7 2014 de la OSIB (Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares).

La grabación se realiza a 24bit y 48kHz de resolución, se utiliza una mesa Yamaha Pm5D para realizar la toma de sonido y un sistema Magix Sequoia 11 con interfaz RME UFX. Las cápsulas de micrófono que forman el sistema DHAB son una MK2 Omni y 2 MK21 hemicardioides.



Figura 57 Cápsula Schoeps MK2 utilizada para formar el DHAB.

Figura 58 Cápsulas Schoeps MK21 utilizada para formar el DHAB.

Al tratarse de la versión de la "Canción de la Tierra" arreglada por Schoenberg la plantilla orquesta queda tal y como muestra la figura 59.

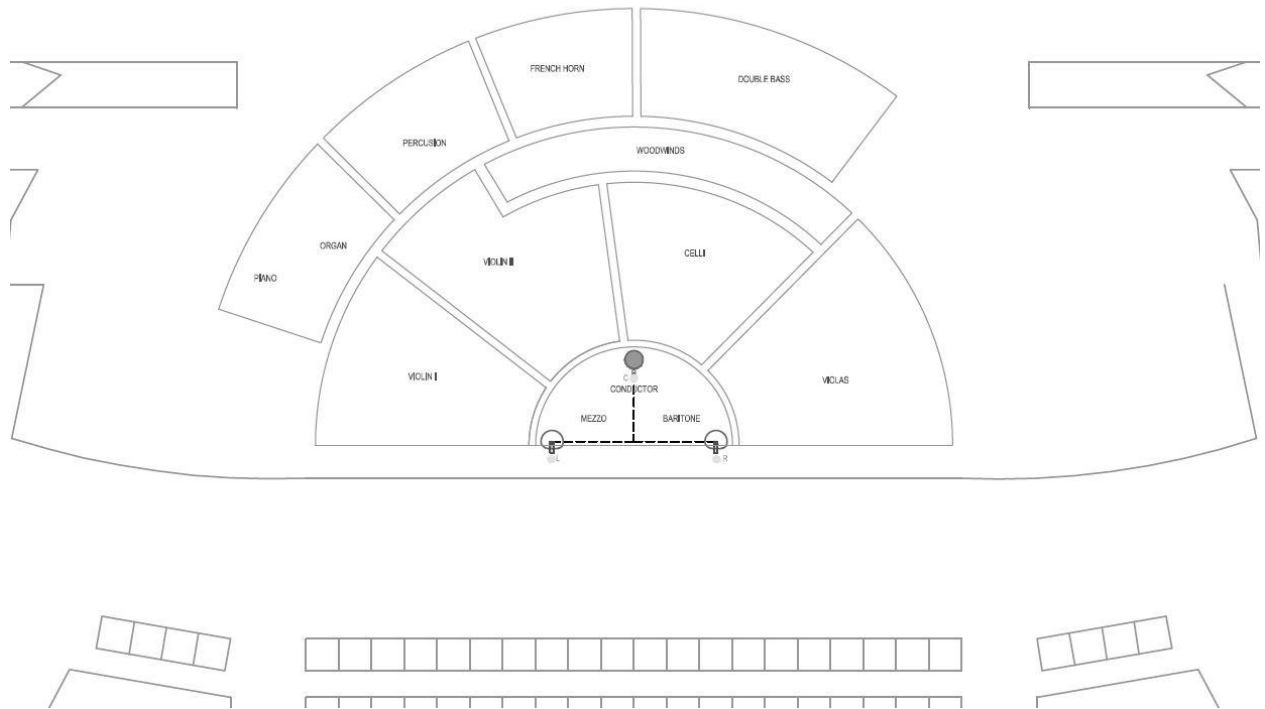


Figura 59 Mostrando la plantilla orquestal con el DHAB posicionado listo para grabar.

En la fotografía de la figura 60 se muestra la posición del DHAB tal y como se plantea en los planos anteriores. También podemos observar otros micrófonos utilizados como "spots" para añadir detalle a algunas secciones solistas.

La sesión de ensayo es imprescindible para ajustar retardos, ganancias en la señales de los micrófonos y en conjunto conseguir un equilibrio sonoro impecable.

La altura del sistema estéreo se debe decidir durante el ensayo. De la acústica de sala y el contenido musical dependerá mucho la altura del sistema. Una orquesta completa con un repertorio denso nos hará elevar más de lo normal el sistema estéreo para captar la perspectiva completa de la obra y no empastar la mezcla. Siempre debemos pensar en el mensaje que quiere transmitir el director y captarlo con la máxima fidelidad.



Figura 60 Foto de grabación en directo con sistema DHAB (concierto de temporada núm. 7 OSIB 2014).

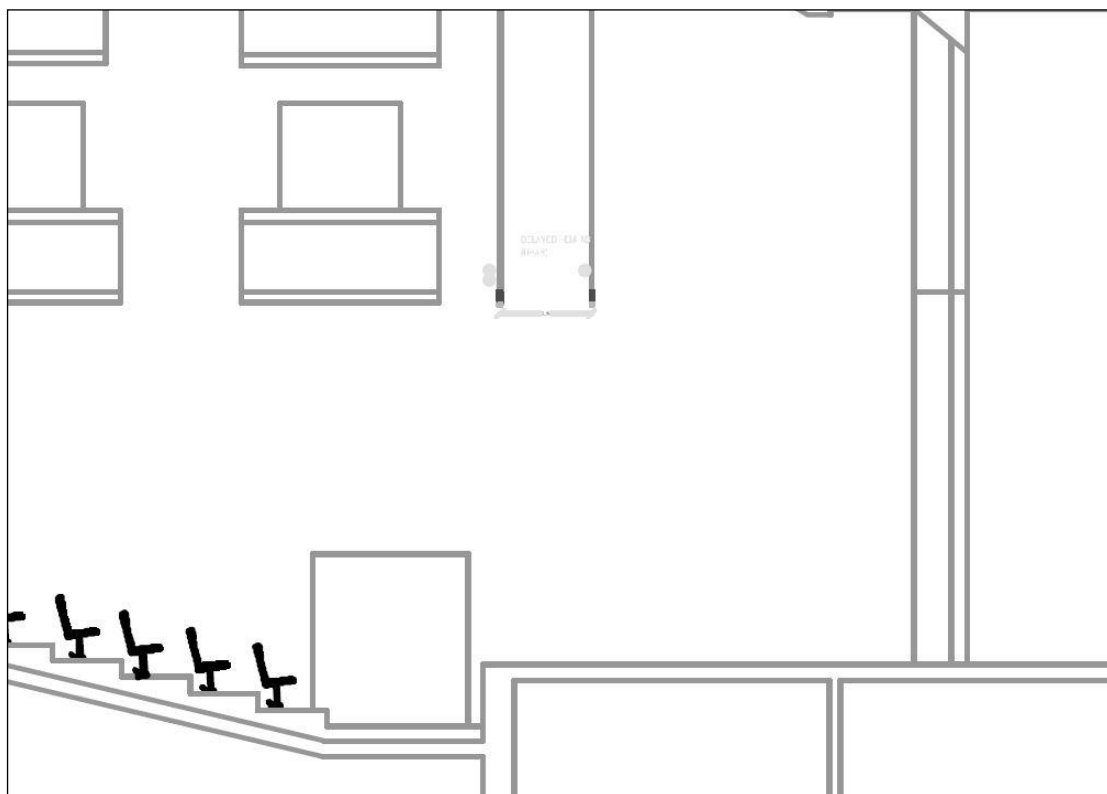


Figura 61 Plano del escenario y platea del auditorium de Palma mostrando la vista de sección del sistema DHAB.

En este caso y tratándose casi de música de cámara nos podemos permitir una posición algo más cercana a la orquesta y por lo tanto un sonido más íntimo. Nunca debemos olvidar que la comprensión musical es esencial para saber el sonido que queremos transmitir a nuestro público. La Sexta "Canción de la tierra": Schwer."Der Abschied" es motivo suficiente como para desear un tono más cercano en nuestra toma sonora. Se trata de la primera grabación publicada con la técnica DHAB. Recientemente salió un artículo de prensa en el Última Hora del 21/2/14 donde se le nombra al autor de su grabación.

Joan Bennàssar y la Simfònica conectan con un Mahler poético y plástico

A. Largo | Palma de Mallorca | 21/02/2014

Valorar: ★★★★★

Comenta | Visto 161 veces

Fotos



Joan Bennàssar junto a Josep Vicent.
21-02-2014

Figura 62 Artículo de prensa²² en el Última Hora del 21/2/14 donde se le nombra al autor de su grabación.

²² Anexo 10.11

Se aplicaron los mismos criterios desarrollados en el apartado 4 tanto de selección de oyentes, sala de grabación y técnicas muestreo, recogida de datos y su análisis. Se realizó la grabación bajo las mismas condiciones con el nuevo modelo de grabación DHAB. En esta ocasión no se realizó la grabación simultánea de las técnicas estudiadas anteriormente.

7.3. Resultados

7.3.1. Curva de correlación

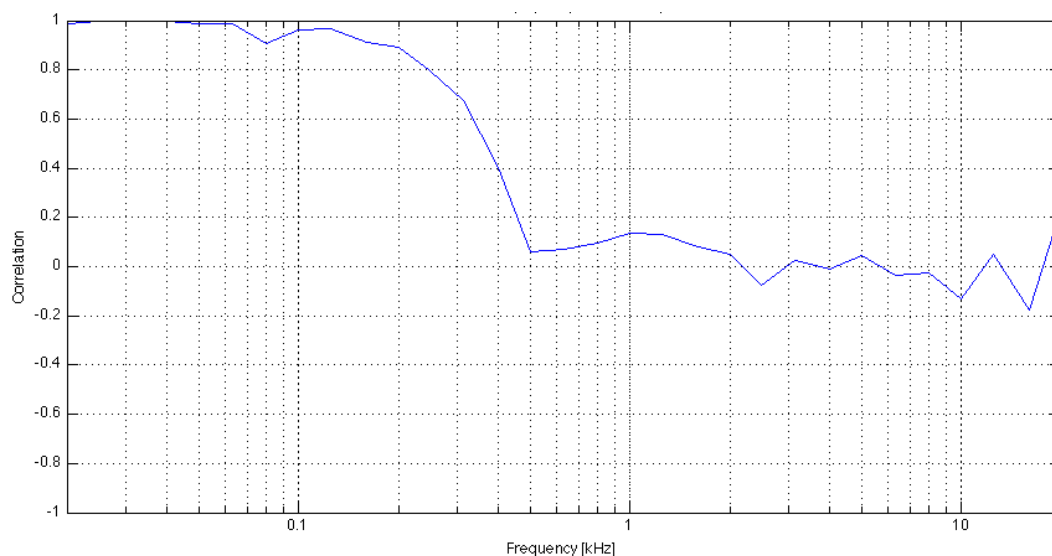


Figura 63 Trazado FDSC del nuevo modelo de grabación estéreo DHAB.

El resultado del análisis FDSC para el nuevo modelo estéreo DHAB figura 63 muestra una correlación de 1 entre 20Hz - 90Hz . En el caso de 90Hz nos encontramos con que tiene una longitud de onda de 3.7m y la base del DHAB 2.5m por lo tanto difícilmente obtendremos una de-correlación entre estas señales. En la frecuencia 136Hz (con longitud de onda 2.5m) observamos que la pendiente desciende con una lectura de correlación 0.97 hasta 500Hz donde la correlación= 0.15. El punto de inicio 0.97 coincide con el de la longitud de la base del DHAB.

En el caso de este análisis se optó por un DHAB con un estéreo muy abierto pero con unas frecuencias graves definidas de allí que nos encontremos con una decorrelación tan significativa entre 500Hz y 10kHz.

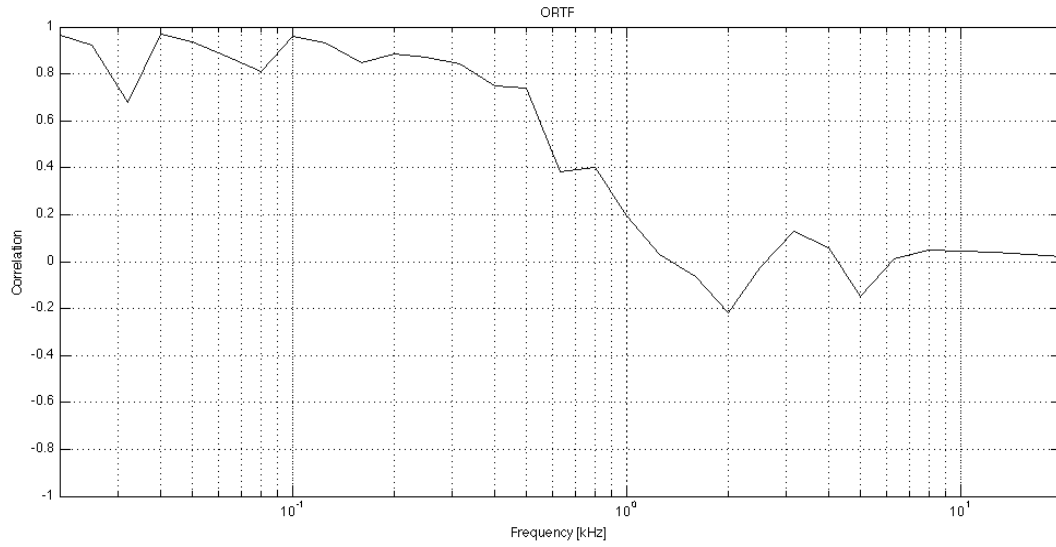


Figura 64 Trazado FDSC de la técnica estéreo ORTF.

La figura 64 muestra una gradiente negativa más lenta por lo tanto un efecto estéreo menos amplio en la frecuencias medias a diferencia del DHAB (figura 63).

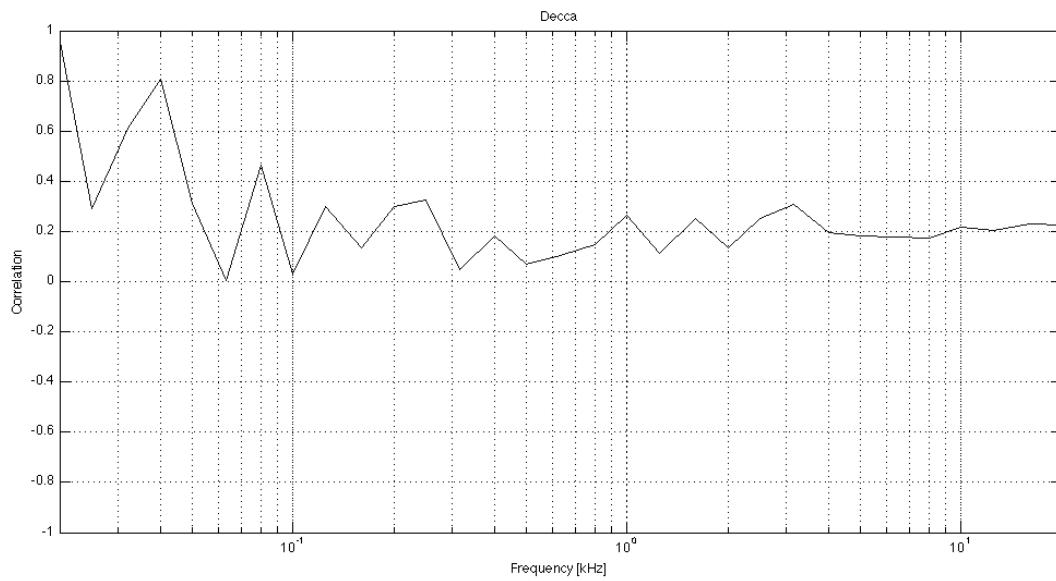


Figura 65 Trazado FDSC de la técnica estéreo DECCA TREE.

La figura 65 muestra el trazado FDSC del DECCA TREE más consistente a lo largo de todo el rango de frecuencias audible pero con una correlación muy baja en la banda de frecuencias graves.

Observando la curva FDSC del DHAB se ha obtenido un híbrido entre el ORTF y el DECCA TREE figura 63.

7.3.2. Resultados psicoacústicos

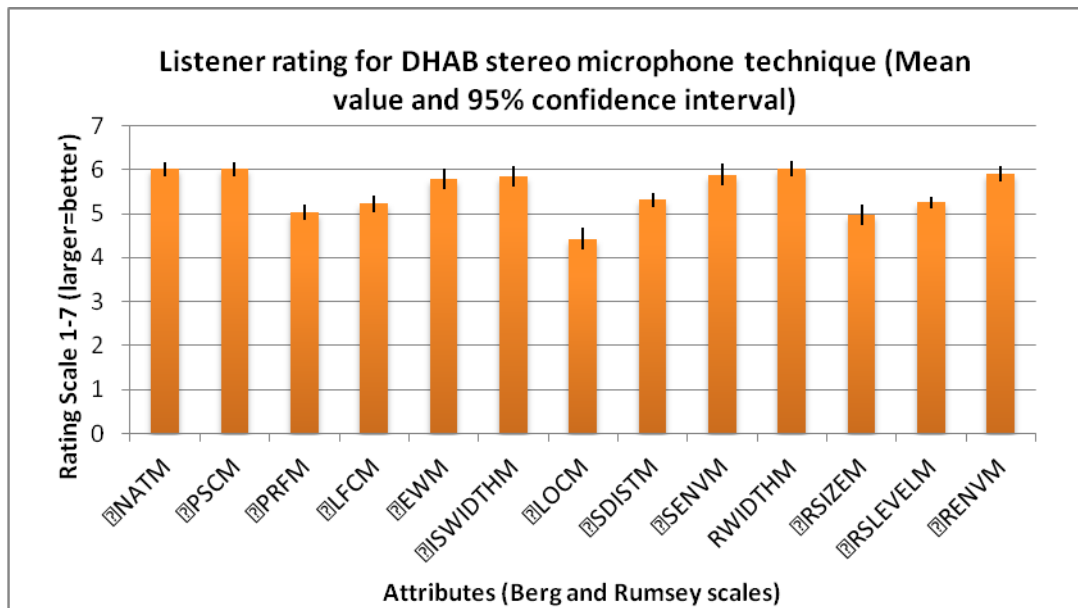


Figura 66 Diagrama de barras²³ mostrando los resultados psicoacústicos obtenidos a partir de la muestra de modelo DHAB propuesta a los 20 candidatos escogidos.

El diagrama de barras figura 66 nos muestra una mejora en la puntuación de los atributos LOCM y SDISTM. Los demás atributos fueron evaluados de manera muy similar a la técnica DECCA TREE.

En la figura 67 se muestra un diagrama de barras que resume las diferencias en los resultados psicoacústicos de los cinco modelos de grabación evaluados donde se observa como en el modelo DHAB se mantienen los valores sin diferencias significativas para los atributos psicoacústicos respecto a DECCA TREE y AB excepto para LOCM y SDIST donde existe una mejoría estadísticamente significativa.

Se comprende como el modelo DHAB mantiene las cualidades de DECCA TREE y AB pero además consigue una mejor localización espacial. El nuevo modelo consigue mejores resultados psicoacústicos para casi todos los atributos.

²³ Anexo 10.8

Esto puede comprenderse dado que el nuevo modelo es similar a DECCATREE (que es el mejor valorado de los cuatro estudiados inicialmente XY, AB, ORTF y DECCA) pero incluye una evolución con mejoría en la disposición de los micrófonos que se consigue ampliando la distancia de la base entre el micrófono izquierdo y derecho variando el tipo de patrón polar de omnidireccional a hemicardioide (consiguiendo que no sea tan difusa la señal) y retrasando la cápsula central con retardo electrónico. Esto consigue un mayor control de la imagen estéreo manteniendo una buena localización de la señal.

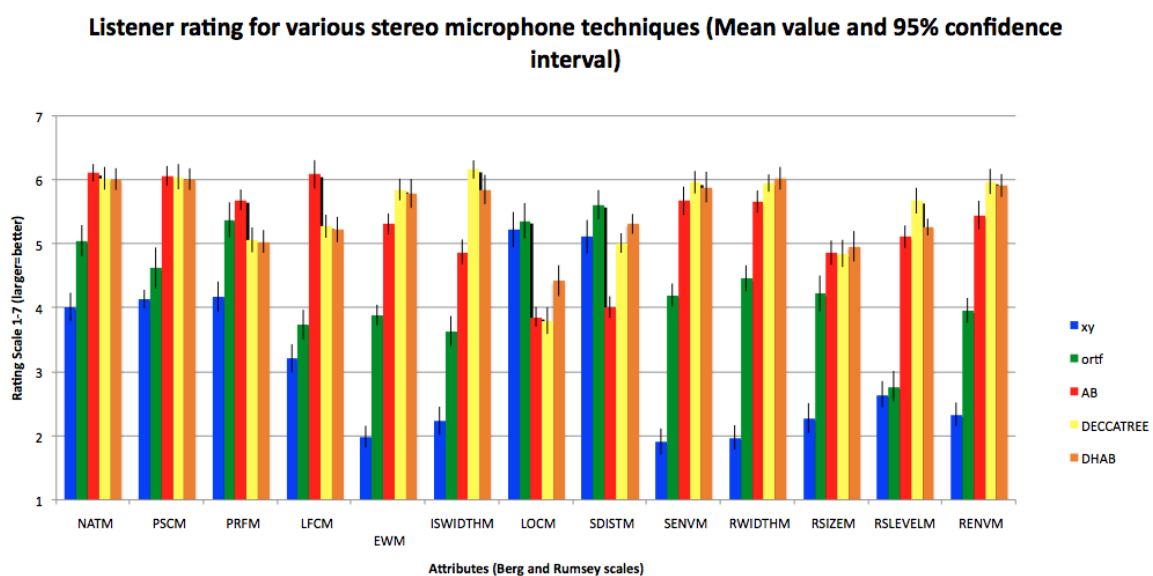


Figura 67 Diagrama de barras²⁴ representando los resultados psicoacústicos²⁵ para XY, AB ORTF DECCA TREE y DHAB.

²⁴ Anexo 10.10.2

²⁵ Anexo 10.10.1

8. Conclusiones

La evaluación de grabaciones musicales es de elevada complejidad dado que en dicho proceso entran en juego múltiples factores que incluyen la tecnología, el arte, los factores y corrientes estéticas del momento y finalmente la percepción y preferencias sensitivas del sujeto evaluador. No existe lo correcto o lo incorrecto, pero si que hay rasgos comunes que en general se valoran como positivos o agradables por lo que son valorados probablemente como mejores. Mediante los análisis psicoacústicos y de correlación se intenta objetivar dicha evaluación observándose ciertos rasgos y preferencias de sujetos adecuadamente entrenados. Estos rasgos no ayudan a comprender mejor las tendencias musicales y el progreso en las técnicas de grabación.

Tras el estudio de los cuatro modelos de grabación de música estéreo universalmente aceptados se aprecia como los mejor valorados son DECCA y AB. La limitación que sufren es carencia de localización espacial. Realizando unas modificaciones sobre estos dos modelos preferidos se consigue desarrollar el modelo original DHAB que aprovecha las cualidades de los anteriores intentando mejorar la limitación en localización. Una vez desarrollado el nuevo modelo se consigue comparar con los previos para valorar diferencias, cualidades y deficiencias. Se aprecian los resultados esperados que son una correlación dependiente de señal FDSC similar a DECCA y AB y una elevada valoración todos los atributos psicoacústicos diferenciándose en que además mejora de manera estadísticamente significativa la localización consiguiendo una mejoría en la puntuación global total.

El nuevo modelo DHAB parece una alternativa polivalente con correlación FDSC adecuada y buena puntuación en todos los atributos psicoacústicos. Esto no quiere decir que a nivel estético sea “mejor” sino que es “distinto”. En los próximos años podremos seguir la aplicación práctica de este nuevo modelo de grabación estéreo y valorar su uso generalizado comprendiendo sus usos específicos.

9. Bibliografía

1001 discos de Clásica 2012 . [ONLINE] Available at: <http://1001discosclasica.megustaescribir.com/about/>. [Accessed 25 November 2012].

Alkin, G. 1996. *Sound Recording and Reproduction*. Third Edition. Focal Press, pp. 80 -81.

Apple. *Logic Pro 9*. [ONLINE] Available at: <http://www.apple.com/logicpro>. [Accessed 09 December 2012].

AutoCAD 2013. *CAD Design Software - AutoCAD*. [ONLINE] Available at: <http://usa.autodesk.com/autocad/>. [Accessed 09 December 2012].

Badal, J. 1996. *Recording the classics. Maestros, music and technology*. Kent State University Press. 1996

Baker W, 2013. *A history of the Marconi company 1874-1965*. Routledge, 2013.

Bartlett, B. 1991. *Stereo Microphone Techniques*. First Edition. Focal Press. pp. 16-17.

Bayer, R. 1999. *Sounds of our times: two hundred years of acoustics*. Springer science and business media, 1999.

Beranek, L. 1996. *Concert and opera halls: how they sound*. [ONLINE] Available at: http://books.google.es/books/about/Concert_and_opera_halls.html?id=5i1UAAAAMAAJ&redir_esc=y. [Accessed 04 November 2012].

Berg, J and 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] Available at: <http://epubs.surrey.ac.uk/567/>. [Accessed 04 November 2012].

Berg, J. and Rumsey, F. 2001. *Verification and correlation of attributes used for describing the spatial quality of reproduced sound*. In *Proceedings of the AES 19 th International Conference on Surround Sound, 21-24 Jun.* pp 233-251. Audio Engineering Society.

Blauert J. 1976. *Zur verwendung der worte "korrelationsgrad" und "koharenzgrad"*. ACUSTICA. 35 (1), 215.

Bowen J. 2010. *Dame Nellie Melba Event - GB90MZX, Chelmsford, 2010*. [ONLINE] Available at: <http://www.g0mwt.org.uk/events/dame-melba-2010/dame-melba.htm>. [Accessed 03 November 2012].

Braun D. 2000. *Untersuchungen zum Centerkanalin 3/2 Stereo-Format*. 21st Tonmeistertagung. pp 455. VDT.

Burns, R. 2000. *The life and times of A D Blumlein*. IET, 2000

Cook, R. K., Waterhouse, R.V., Berendt, R.D., Edelman, S. and Thompson Jr., M.C. (1955). *Measurement of Correlation Coefficients in Reverberant Sound Fields*. Journal Acoust. Soc. Amer., vol.27, no.6, Nov. 1955, pp.1072

Damaske P. 1967. *Subjektive investigation on sound fields*. ACUSTICA .vol.19

Damaske, P. 2008. *Acoustics and Hearing*. First Edition. Springer.

David Howard. 2000. *Acoustics and Psychoacoustics*. Music Technology Series. Second Edition. Focal Press.

Eargle, J. 2004. *The Microphone Book*. Second Edition. Focal Press.

Estelrich i Massutí Pere. 2012. *Galacticos*. [ONLINE] Available at: www.diariodemallorca.es/societadcultura/2012/05/12/galacticos/765278.html. [Accessed 25 November 2012].

Excel. 2013. *Spreadsheet software*. [ONLINE] Available at: <http://office.microsoft.com/>. [Accessed 10 November 2012].

Evenson, E. 2000. *The telephone patent conspiracy of 1876*. Mcfarland company publishers. 2000

Ford N, Rumsey F, Bruyn B. 2001. *Graphical elicitation techniques for subjective assessment of the spatial attributes of loudspeaker reproduction – a pilot investigation*. (Presented at 110th AES Convention, Amsterdam, 12–15 May, Paper 5388)

Gabrielsson A, Hagerman B, Bech-Kristensen T, Lundberg G. *Perceived sound quality of reproductions with different frequency responses and sound levels*. J Acoust Soc Am. 1990 Sep;88(3):1359-66.

Goddard, C. 2006. *The 1888 Crystal Palace recordings. 2012*. [ONLINE] Available at: <http://www.webrarian.co.uk/crystalpalace/index.html>. [Accessed 03 November 2012].

Goodal, H. 2013. *The story of music*. BBC Editions

Google Apps. 2012. *Google Apps for Business | España* . [ONLINE] Available at: <http://docs.google.com> [Accessed 10 November 2012].

Gronow. 1998. *An international history of the recording industry*. Cassell London and New York. 1998.

Griesinger D. 2000. *The Theory and Practice of Perceptual Modeling – How to use Electronic Reverberation to Add Depth and Envelopment Without Reducing Clarity*". Preprint from the Nov. 2000 Tonmeister Conference, Hannover. [ONLINE] Available at: <http://world.std.com/~griesngr> [Accessed 2 November 2012].

Guastavino C. 2004. *Perceptual evaluation of multidimensional spatial audio reproduction*. J. Acoust. Soc. Am. 116(2), August 2004.

Hecker P. 2000. *The decision of the Microphone Spacing and its Creative Benefit*. (German) paper presented at the 21. Toinmeistertagung ofv the VDT, Hannover 2000, pp. 796-804.

Hoffmann, F. 2004. *Encyclopedia of recorded sound*. Second edition. Routledge 2004.

Hughes.2008. *Hughes electrical and electronic technology*. Longman. Tenth edition 2008.

Julstrom, S. 1991. *An Intuitive View of Coincident Stereo Microphones*. J. Audio Eng.Soc.,vol. 39, no.9, Sept. 1991

Maddox R, Cheung W, Lee A. 2012. *Selective attention in an overcrowded auditory scene: Implications for auditory based brain computer interface design*. J.Acoustic.Soc.Am. 132(5), November 2012

Martin G. 2005. *A new microphone technique for five channel recording*. Presented at 118 th AES Convention, 2005. Paper 6427.

Martland. 2013. *The british record industry recordong history 1888-1931*. Scarecrow press. 2013.

Mason R, Rumsey F. 2000. *An assessment of the spatial performance of virtual home theatre algorithms by subjective and objective methods*. Presented at 108th AES Convetion.Preprint 5137. Audio Engineering Society.

MathWorks España. 2012. *MathWorks España*. [ONLINE] Available at: <http://www.mathworks.es>. [Accessed 10 November 2012].

Merging Technologies. 2012. *Final Check*. [ONLINE] Available at: <http://www.merging.com>. [Accessed 09 December 2012].

Miles D. 2001. *Modern Recording Techniques*.Fifth Edition. Focal Press

Misner T. 2001. *Practical Studio Techniques* (Third Edition). SAE Institute Publication. pp 74-80

Neher T, Brookes T, Rumsey F. 2006. *A Hybrid Technique for Validating Unidimensionality of Perceptual Variation in a Spatial Auditory Stimulus Set*. Journal of the Audio Engineering Society, 54(4), April 2006, p259-275

Nunnally J, Bernstein I. 1994. *Psychometric theory*. Third edition. New York, McGraw-Hill.

Olson, H. 2013. *Music, physics and engineering*. Courier dover publications, 2013.

Pfanzagl-Cardone E, Holdrich R. 2008. *Frequency dependent signal correlation in Surround and Stereo Microphone Systems and the Blumlein- Pfanzagl- Triple*. Presented at 124th AES Convention, Amsterdam; the Netherlands, 2008. May 17-20

Pickles J. 1982. *Introduction to the Physiology of Hearing*. Academic Press Inc.

Rolt, J. 2013. *Thomas alva Edison*. Library licensing, 2013.

Rumsey F. 1998. *Subjective assessment of the spatial attributes of reproduced sound*. In AES 15th international conference: Audio, acoustics and small space, Copenhagen, Denmark.

Rumsey F. 2002. *Spatial quality evaluation for reproduced sound: terminology, meaning and a scene-based paradigm*. Journal of audio engineering society. 50 (9), 651 - 666.

Shaw M. 1989. *Comparing conceptual structures: consensus, conflict, correspondence and contrast*. Knowledge Acquisition. 1 (4), 341-363.

Stockard J, Rossiter V. 1977. *Clinical and pathological correlates of brainstem auditory response abnormalities*. Neurology 1977; 27 .pp 316-325.

Theile G. 2001. *Multichannel natural music recording based on psychoacoustic principles*. Presented at 19th AES Int .Conference, May 2001.

Toole F. 1985. *Subjective measurements of loudspeaker sound quality and listener performance*. J. Audio Engineering Society . 33, pp 2-32.

Tschmuck, P. 2012. *Creativity and innovation in the music industry*. Second Edition. Springer 2012

Turner G. 1983. *Nineteenth-Century Scientific Instruments*. Sotheby Publications. University of California Press, p138. 1983

Ulanovsky C. 1996 . *Días de radio* . Historia de la radio argentina. Editorial Espasa Calpe. Edición 1996.

Welch's Method. 2012. *Welch's Method*. [ONLINE] Available at: https://ccrma.stanford.edu/~jos/sasp/Welch_s_Method.html. [Accessed 10 November 2012].

Williams J. 2008. *The Declaration of Helsinki and public health*. Bulletin of the World Health Organization 2008; 86: 650-651

Wuttke J. 1998. *The microphone between physics and emotion*. Tonmeistertagung des Vdt, Karlsruhe 1998.

Zacharov N, Koivuniemi K. 2001. *Audio descriptive analys & mapping of spatial sound displays*. Proceedings of the 2001 International Conference on Auditory Display, Espoo, Finland, July 29- August1, 2001.

10. Anexo

10.1 Plans AutoCAD

10.1.1 Auditorium

10.1.2 Auditorium section draft

10.1.3 Orchestra with four stereo microphone techniques

10.1.4 Stereo microphone technique specifications

10.1.5 Extra auditorium plans

10.1.5.1 Auditorium with 11 stereo techniques plotted

10.1.5.2 Auditorium section with 11 stereo techniques plotted

10.1.5.3 Specifications for other stereo techniques

10.2 PSYCHOACOUSTIC TOOLS

10.2.1 A-B online test form for stereo microphone placement techniques (orquestra recording)

10.2.2 Berg and Rumsey psychoacoustic scale of attributes

10.2.3 Comparative table of psychoacoustic scales

10.3 RAW DATA COLLECTION FROM STEREO MICROPHONE TECHNIQUES

10.3.1 Raw data microphone positioning - XY

10.3.2 Raw data microphone positioning - ORTF

10.3.3 Raw data microphone positioning - AB

10.3.4 Raw data microphone positioning – DECCA TREE

10.4 SUMMARY DATA

10.4.1 Summary data microphone positioning XY

10.4.2 Summary data microphone positioning ORTF

10.4.3 Summary data microphone positioning AB

10.4.4 Summary data microphone positioning DECCA TREE

10.4.5 Global contingency table

10.4.6 Summary statistics

10.5 REGRESSION OF VARIABLE

10.5.1 Regression of variable natm

10.5.2 Regression of variable pscm

10.5.3 Regression of variable prfm

10.5.4 Regression of variable lfc

- 10.5.3 Regression of variable ewm
- 10.5.4 Regression of variable iswidthm
- 10.5.5 Regression of variable locm
- 10.5.6 Regression of variable sdistm
- 10.5.7 Regression of variable senvm
- 10.5.8 Regression of variable rwidthm
- 10.5.9 Regression of variable rsize
- 10.5.10 Regression of variable rlevelm
- 10.5.11 Regression of variable renvm
- 10.5.12 Summary of all pairwise comparisons for mic (tukey (hsd))

10.6 LISTENER RATING

- 10.6.1 Listener rating for various stereo microphone techniques (mean value and 95% confidence interval)
- 10.6.2 Listener rating for xy stereo microphone techniques (mean value and 95% confidence interval)
- 10.6.3 Listener rating for ortf stereo microphone techniques (mean value and 95% confidence interval)
- 10.6.4 Listener rating for ab stereo microphone techniques (mean value and 95% confidence interval)
- 10.6.5 Listener rating for DECCA stereo microphone techniques (mean value and 95% confidence interval)

10.7 RAW DATA COLLECTION FROM STEREO MICROPHONE TECHNIQUE DHAB

10.8 SUMMARY DATA for microphone technique DHAB

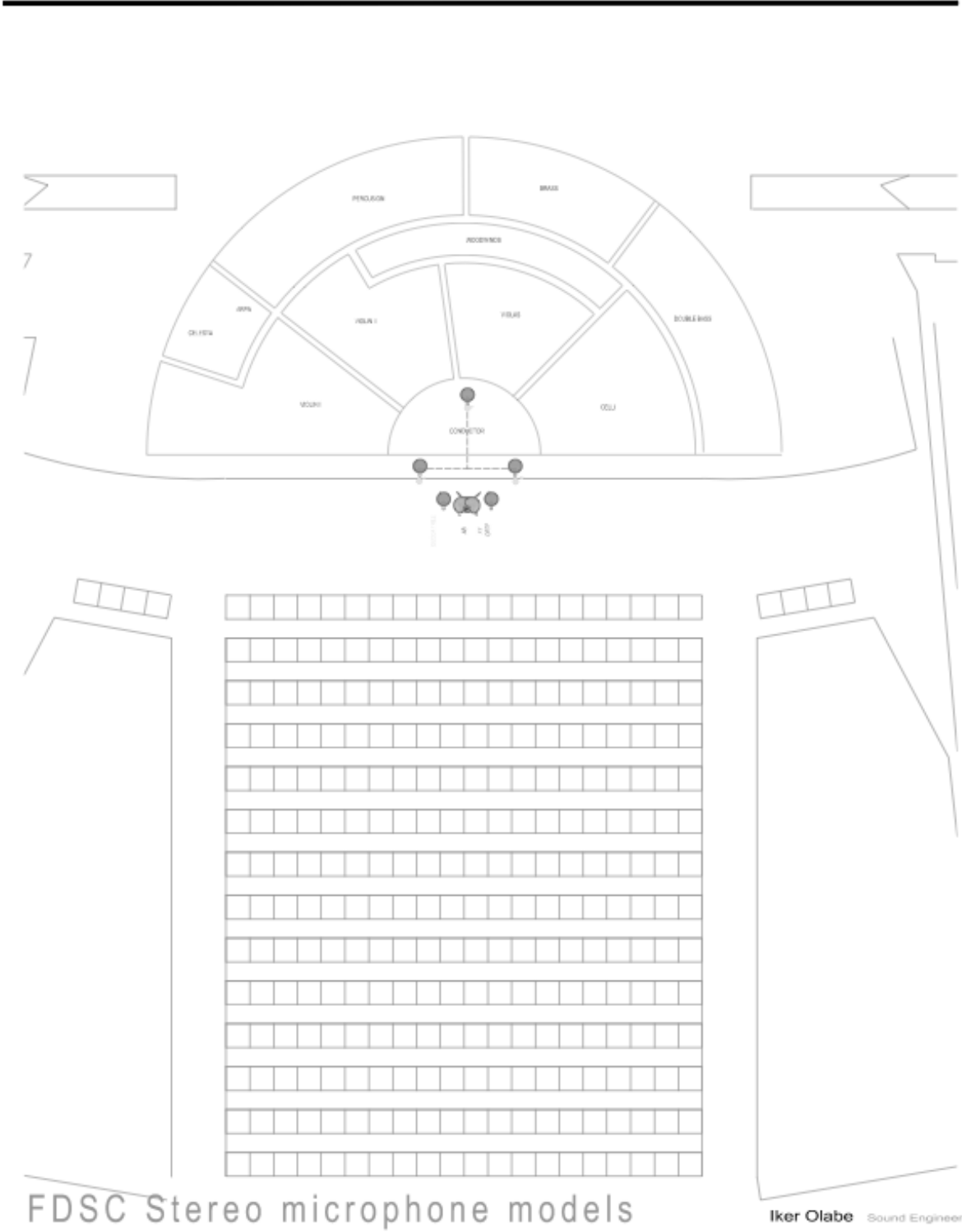
10.9 Regression of variables for ALL MICROPHONE TECHNIQUES

10.10 LISTENER RATINGS

- 10.10.1 Listener ratings for DHAB microphone technique.
- 10.10.2 Global listener ratings for all microphone techniques

10.11 Press release Última Hora 21/03/2014

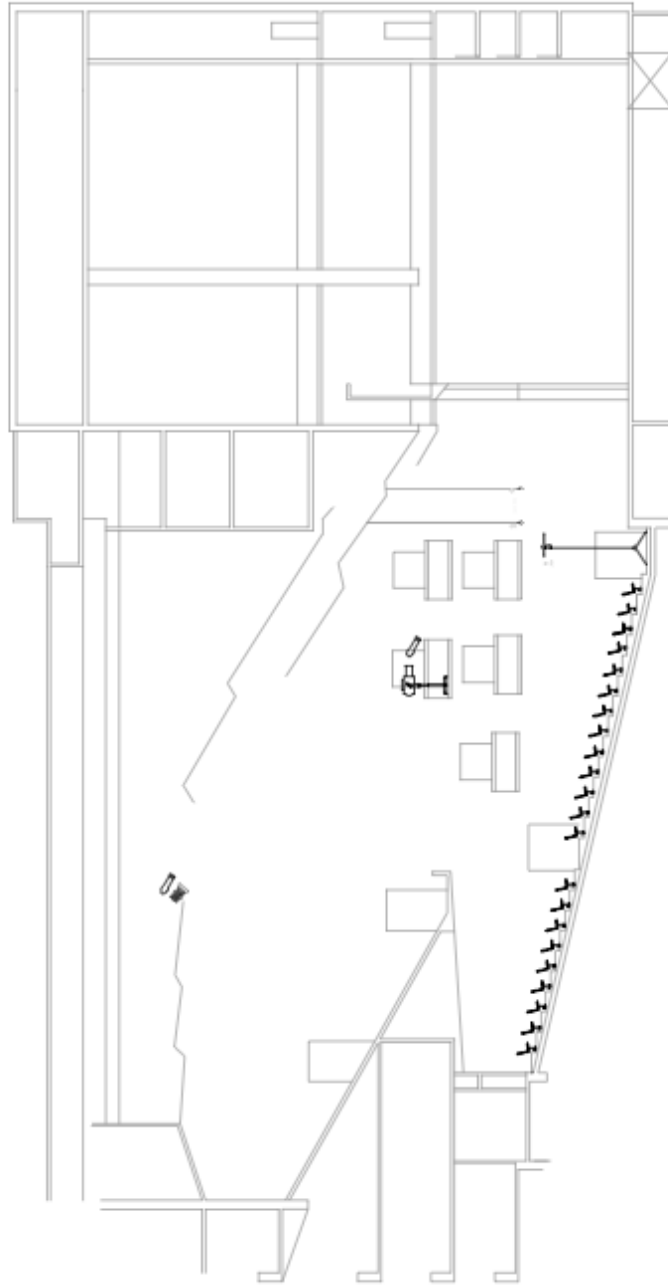
10.1 Plans AutoCAD
10.1.1 Auditorium



SCALE 1/100 **Venue** AUDITORIO DE PALMA (Mallorca) 0 1 2 3 4 5

PLOT MAIN VIEW
A1 Orchestra, audience and microphone stereo systems are shown at their original positions.

10.1.2 Auditorium section draft



FDSC Stereo microphone models

Iker Olabe Sound Engineer

SCALE 1/100 Venue AUDITORIO DE PALMA (Mallorca)

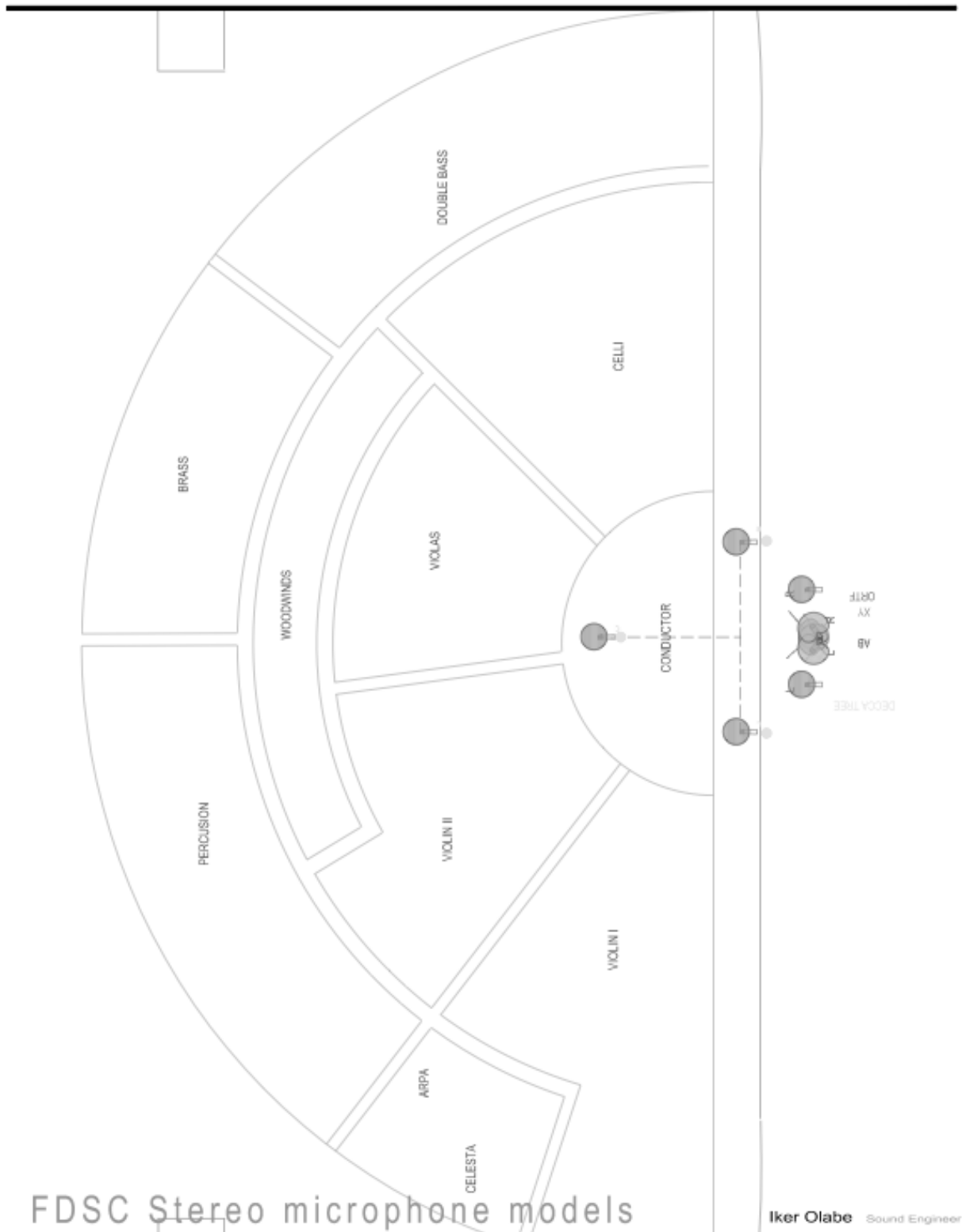


PLOT Section VIEW

A2

Orchestra, audience and microphone stereo systems are shown at their original positions.

10.1.3 Orchestra with four stereo microphone techniques



FDSC Stereo microphone models

Iker Olabe Sound Engineer

SCALE 1/50 Venue AUDITORIO DE PALMA (Mallorca)



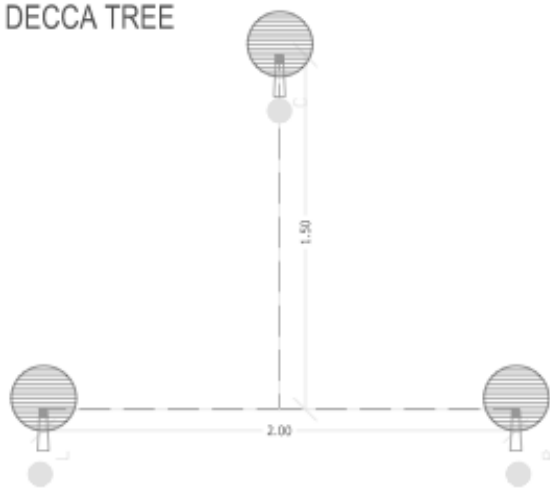
PLOT ORCHESTRA VIEW

A3

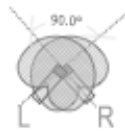
Orchestra, audience and microphone stereo systems are shown at their original positions.

10.1.4 Stereo microphone technique specifications

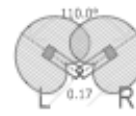
DECCA TREE



XY



ORTF



A-B



FDSC Stereo microphone models

Iker Olabe Sound Engineer

SCALE 1/25 Venue AUDITORIO DE PALMA (Mallorca)

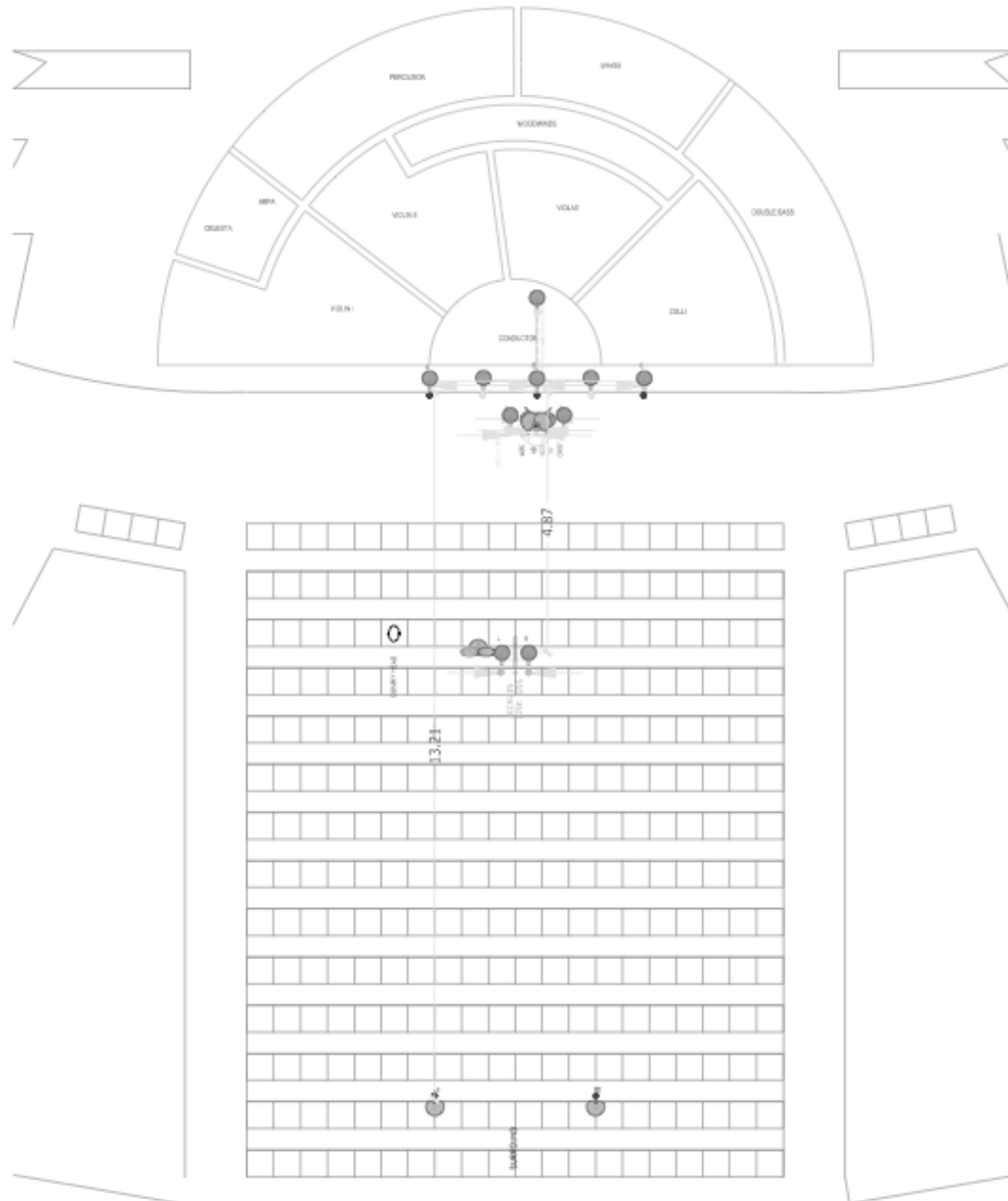


PLOT 4 Microphone stereo techniques

A4

10.1.5 Extra auditorium plans

10.1.5.1 Auditorium with 11 stereo techniques plotted



FDSC Stereo microphone models

Iker Olabe Sound Engineer

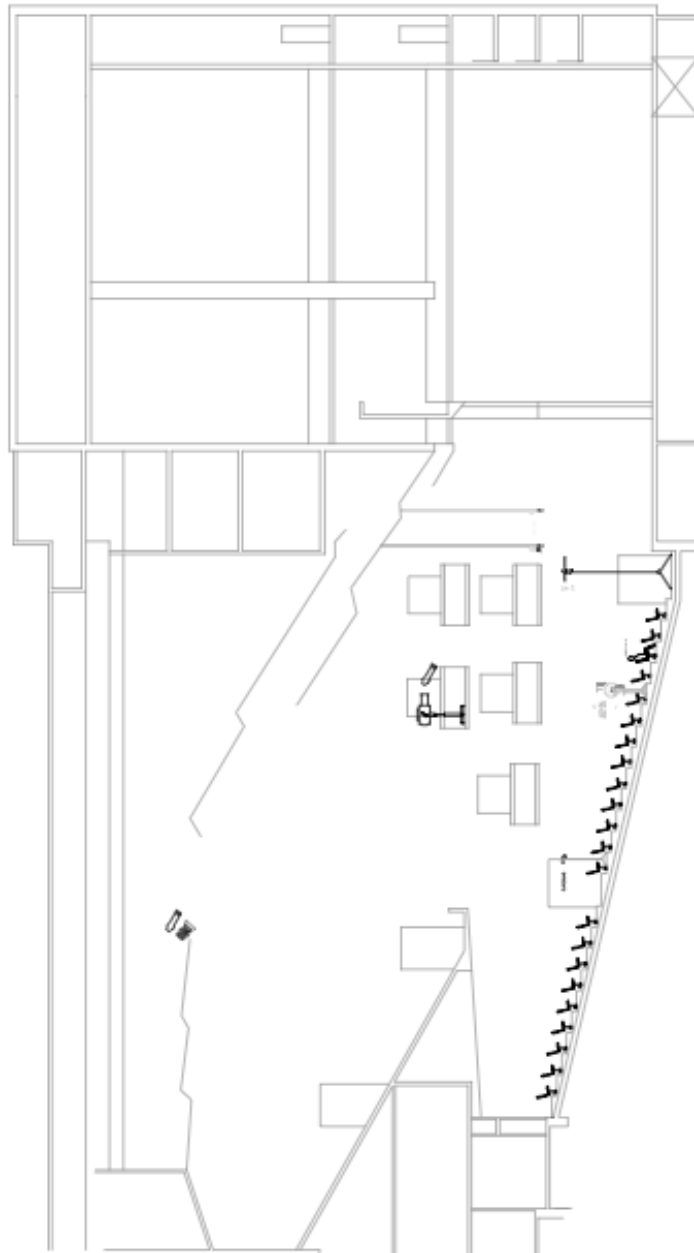
SCALE 1/100 Venue AUDITORIO DE PALMA (Mallorca)



PLOT 11 Stereo microphone techniques

A5

10.1.5.2 Auditorium section with 11 stereo techniques plotted



FDSC Stereo microphone models

Iker Olabe Sound Engineer

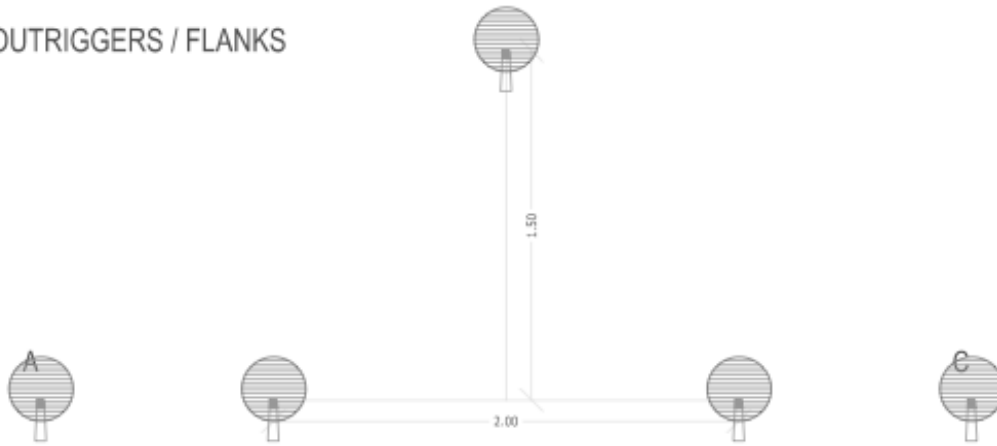
SCALE 1/100 Venue AUDITORIO DE PALMA (Mallorca)



PLOT Section VIEW
A6 Supplementary stereo and binaural recording techniques

10.1.5.3 Specifications for other stereo techniques

OUTRIGGERS / FLANKS



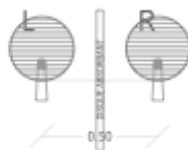
NOS



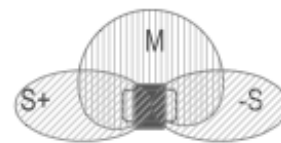
DUMMY HEAD



JECKLIN DISK OSS



MS



FDSC Stereo microphone models

Iker Olabe Sound Engineer

SCALE 1/25 Venue AUDITORIO DE PALMA (Mallorca)



PLOT Supplementary stereo and binaural recording techniques

A7

10.2 Psychoacoustic tools

10.2.1 A-B online test form for stereo microphone placement techniques (orchestra recording)

Psychoacoustic A-B online test form for stereo microphone placement techniques [Orchestra recording]

Candidates will be tested for 13 attributes which are clearly defined on the linked document.

<http://goo.gl/M7aAE>

* Required

1 \ Nat : Naturalness *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

Unnatural Natural

1 \ Nat : Naturalness B *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Unnatural Natural

2 \ Psc : Presence *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very Low very High

2 \ Psc : Presence *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

very Low very High

3 \ Prf : Preference *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very Low very High

3 \ Prf : Preference *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Low High

4 \ Lfc : Low frequency content *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

Low bass level High bass level

•

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Low bass level High bass level

5 \ EW : Ensemble Width *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very narrow Very wide

•

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

very narrow very wide

6 \ lswidth : Individual source width *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very narrow very wide

•

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

very narrow very wide

7 \ Loc : Localisation *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

Low Accuracy High Accuracy

7 \ Loc : Localisation *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Low accuracy High accuracy

8 \ SDist : Source Distance *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very Far very Near

8 \ SDist : Source Distance *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

very Far very Near

9 \ SEnv : Source Envelopment *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very Low very High

9 \ SEnv : Source Envelopment *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

very Low very High

10 \ RWidth : Room width *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

Very narrow Very wide

10 \ RWidth : Room width *

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Very narrow Very wide

11 \ Rs: Room size *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

very Small very Large

*

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

very Small very Large

12 \ RSLevel : Room sound level *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

Very low very high

*

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Very low very high

13 \ Room envelopment *

Sample A

1 2 3 4 5 6 7

Very low very high

*

Sample B

1 2 3 4 5 6 7

Very low very high

Powered by [Google Docs](#)

[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)

10.2.2 Berg and Rumsey psychoacoustic scale of attributes

Attribute	Description
Naturalness	How similar to a natural (i.e. not reproduced through e.g. loudspeakers) listening experience the sound as a whole sounds.
Presence	The experience of being in the same acoustical environment as the sound source, e.g. to be in the same room.
Preference	If the sound as a whole pleases you. If you think the sound as a whole sounds good. Try to disregard the <i>content</i> of the programme, i.e. do not assess genre of music or content of speech.
Low frequency content	The level of low frequencies (the bass register).
Ensemble width	The perceived width/broadness of the ensemble, from its left flank to its right flank. The angle occupied by the ensemble. The meaning of "the ensemble" is all of the individual sound sources considered together. Does not necessarily indicate the known size of the source, e.g. one knows the size of a string quartet in reality, but the task to assess is how wide the sound from the string quartet is perceived. Disregard sounds coming from the sound source's environment, e.g. reverberation – only assess the width of the sound source.
Individual source width	The perceived width of an individual sound source (an instrument or a voice). The angle occupied by this source. Does not necessarily indicate the known size of such a source, e.g. one knows the size of a piano in reality, but the task is to assess how wide the sound from the piano is perceived. Disregard sounds coming from the sound source's environment, e.g. reverberation – only assess the width of the sound source.
Localisation	How easy it is to perceive a distinct location of the source – how easy it is to pinpoint the direction of the sound source. Its opposite is when the source's position is hard to determine – a blurred position.
Source distance	The perceived distance from the listener to the sound source.
Source envelopment	The extent to which the sound source envelops/surrounds/exists around you. The feeling of being surrounded by the sound source. If several sound sources occur in the sound excerpt: assess the sound source perceived to be the most enveloping. Disregard sounds coming from the sound source's environment, e.g. reverberation – only assess the sound source.
Room width	The width/angle occupied by the sounds coming from the sound source's reflections in the room (the reverberation). Disregard the direct sound from the sound source.
Room size	In cases where you perceive a room/hall, this denotes the relative size of that room.
Room sound level	The level of sounds generated in the room as a result of the sound source's action, e.g. reverberation – i.e. not extraneous disturbing sounds. Disregard the direct sound from the sound source.
Room envelopment	The extent to which the sound coming from the sound source's reflections in the room (the reverberation) envelops/surrounds/exists around you – i.e. not the sound source itself. The feeling of being surrounded by the reflected sound.

10.2.3 Comparative table of psychoacoustic scales

Berg	Zacharov & Koivuniemi	Toole	Gabrielsson <i>et al</i>
Low frequency content			
Naturalness	Naturalness	Perspective*	Fidelity
Preference			
Presence	Sense of space	Perspective*	Feeling of space
Ensemble width	Broadness*	Width of the sound stage	
Localisation	Sense of direction	Definition of sound images	
Source envelopment	Broadness*		
(Individual) Source width	Broadness*	Definition of sound images	
Source distance	Distance to events	Impression of distance	Nearness
Room envelopment	Broadness*	Reproduction of ambience, spaciousness and reverberation	
Room size			
Room level			
Room width	Broadness*		
	Sense of movement		
Externalisation (opposite)**	Penetration	Abnormal effects	
	Depth		
		Continuity of the sound stage	

10.3 Raw data collection from stereo microphone techniques

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING XY

Microphone Subject	XY NAT1	XY NAT2	XY NAT3	XY NAT4	XY NATM	XY PSC1	XY PSC2	XY PSC3	XY PSC4	XY PSCM
1	4	2	3	5	3,5	4	5	3	3	3,75
2	3	4	4	3	3,5	5	3	4	4	4
3	4	5	6	4	4,75	3	4	4	4	3,75
4	3	4	4	3	3,5	4	5	5	5	4,75
5	5	3	3	4	3,75	3	4	4	4	3,75
6	3	5	3	4	3,75	5	5	5	4	4,75
7	4	4	4	3	3,75	6	5	2	4	4,25
8	4	3	6	5	4,5	5	3	4	4	4
9	5	5	4	4	4,5	3	6	4	5	4,5
10	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4
11	4	4	3	4	3,75	5	5	3	4	4,25
12	5	6	5	5	5,25	5	3	6	5	4,75
13	3	4	4	4	3,75	5	4	4	4	4,25
14	4	4	5	4	4,25	3	4	4	4	3,75
15	3	2	4	4	3,25	3	3	5	5	4
16	3	4	5	4	4	3	4	6	4	4,25
17	4	4	5	4	4,25	4	4	4	4	4
18	3	5	6	3	4,25	3	5	3	5	4
19	4	4	5	5	4,5	3	4	6	3	4
20	4	4	4	2	3,5	5	2	4	5	4
Average					4,0125					4,1375

NAT= Naturalness (NATM= average)
PSC = Presence (PSCM = average)
PRF = Preference (PRFM= average)
LFC = Low Frequency Content (LFCM=average)
EW = Ensemble Width (EWM = average)
ISWIDTH = Individual Source Width (ISWIDTHM = average)
LOC= Localisation (LOCM = average)
SDIST = Source Distance (SDISTM = average)
SENV = Source Envelopment (SENVM = average)
RWIDTH = Room Width (RWIDTHM = average)
RSIZE = Room Size (RSIZEM = average)
RSLEVEL = Room Sound Level (RSLEVELM = average)
RENV = Room Envelopment (RENV = average)

XY PRF1	XY PRF2	XY PRF3	XY PRF4	XY PRFM	XY LFC1	XY LFC2	XY LFC3	XY LFC4	XY LFCM	XY EW1
4	5	5	3	4,25	3	2	2	3	2,5	2
3	5	4	4	4	2	4	2	3	2,75	1
4	3	4	4	3,75	4	3	3	3	3,25	2
5	5	4	4	4,5	4	2	4	2	3	3
6	3	4	5	4,5	5	3	3	4	3,75	2
4	3	5	5	4,25	3	4	5	2	3,5	2
5	5	4	5	4,75	2	3	3	3	2,75	2
4	5	4	4	4,25	2	2	2	4	2,5	3
4	5	5	5	4,75	3	5	4	4	4	3
4	4	3	6	4,25	4	4	3	3	3,5	3
3	4	4	4	3,75	3	3	4	3	3,25	4
3	3	4	5	3,75	4	4	4	4	4	2
2	2	3	4	2,75	3	4	3	3	3,25	1
5	6	4	4	4,75	2	3	4	2	2,75	2
4	4	5	4	4,25	3	3	3	2	2,75	1
6	3	6	5	5	3	4	2	2	2,75	1
4	3	4	5	4	4	3	3	2	3	1
3	4	4	3	3,5	4	2	4	5	3,75	4
2	4	5	4	3,75	3	3	2	5	3,25	2
6	4	4	5	4,75	3	4	5	4	4	3
				4,175					3,2125	

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	LOC2
1	3	1	1,75	1	2	1	3	1,75	4	4	
2	2	1	1,5	3	2	5	3	3,25	5	6	
1	1	1	1,25	1	2	1	1	1,25	5	4	
2	1	2	2	3	2	3	2	2,5	5	4	
2	1	1	1,5	3	3	2	2	2,5	7	5	
1	4	1	2	2	4	1	1	2	7	7	
2	2	1	1,75	3	2	2	2	2,25	6	4	
2	3	2	2,5	1	2	4	3	2,5	5	5	
2	1	2	2	2	2	4	4	3	6	7	
1	2	2	2	3	2	4	2	2,75	6	5	
2	1	3	2,5	3	1	4	2	2,5	3	5	
2	2	1	1,75	2	1	3	3	2,25	4	3	
2	3	2	2	2	2	2	2	2	5	5	
3	1	1	1,75	3	2	3	3	2,75	5	4	
3	4	2	2,5	1	2	3	2	2	5	4	
2	2	2	1,75	2	1	2	2	1,75	7	5	
4	1	2	2	2	2	3	1	2	6	3	
2	2	3	2,75	1	2	2	1	1,5	6	4	
4	2	1	2,25	2	4	1	1	2	6	5	
2	1	3	2,25	3	3	1	2	2,25	5	4	
			1,9875					2,2375			

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	SENV3
5	6	4,75	4	6	5	5	5	5	1	2	2
6	6	5,75	5	5	4	5	4,75	2	1	2	2
7	5	5,25	5	5	4	5	4,75	1	2	2	2
4	5	4,5	4	5	7	4	5	2	1	3	3
5	6	5,75	3	5	4	4	4	2	1	3	3
6	6	6,5	5	4	4	4	4,25	2	1	1	1
5	5	5	5	4	6	5	5	1	2	2	2
6	6	5,5	5	4	3	5	4,25	3	2	2	2
7	5	6,25	5	6	6	6	5,75	3	3	2	2
6	7	6	6	5	5	7	5,75	1	1	3	3
5	5	4,5	7	5	6	6	6	3	1	2	2
7	7	5,25	6	6	5	6	5,75	1	2	3	3
6	5	5,25	6	5	6	6	5,75	1	1	3	3
3	5	4,25	5	5	6	6	5,25	2	1	2	2
5		4,6666667	5	3	6	4	4,5	4	1	5	5
4	6	5,5	6	5	6	5	5,5	2	1	1	1
4	4	4,25	4	6	6	6	5,5	3	2	2	2
5	6	5,25	7	4	5	3	4,75	1	3	2	2
5	5	5,25	5	6	5	4	5	1	2	2	2
6	5	5	5	5	7	6	5,75	2	1	3	3
		5,22083333					5,1125				

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
SENV4	SENV4	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4	
2	1,75	4	2	3	3	3	3	2	2	2	1
1	1,5	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
2	1,75	2	1	3	3	2,25	2	1	3	2	2
1	1,75	2	2	1	1	1,5	2	2	2	2	1
2	2	1	1	2	1	1,25	3	2	3	3	3
1	1,25	3	1	2	3	2,25	1	2	2	2	2
2	1,75	2	2	2	1	1,75	3	2	2	2	1
3	2,5	2	3	3	2	2,5	2	3	2	2	3
2	2,5	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2
1	1,5	2	2	2	1	1,75	1	2	1	3	3
3	2,25	1	3	1	2	1,75	1	2	2	2	2
1	1,75	1	2	3	3	2,25	3	2	3	2	2
3	2	1	2	2	2	1,75	3	3	5	1	1
2	1,75	3	1	1	2	1,75	2	1	1	1	1
3	3,25	2	2	3	2	2,25	3	2	2	2	3
1	1,25	2	4	3	2	2,75	3	4	3	4	4
1	2	1	3	1	2	1,75	1	3	3	2	2
2	2	1	3	1	2	1,75	2	4	3	3	3
2	1,75	2	1	2	3	2	3	3	2	2	2
2	2	2	3	1	1	1,75	3	2	2	2	2
	1,9125					1,975					

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENV4	RENVM
2	2	2	2	2	1	1,75	3	3	1	1	2
2,5	2	3	3	3	4	3	2	2	4	2	2,5
2	3	4	4	4	4	3,75	1	1	3	3	2
1,75	2	4	2	3	3	2,75	3	3	2	2	2,5
2,75	3	4	3	2	3	3	1	2	3	2	2
1,75	2	4	3	3	3	3	2	1	3	3	2,25
2	2	3	2	2	2	2,25	2	2	2	1	1,75
2,5	4	3	3	2	3	3	3	5	2	1	2,75
2	3	3	3	2	2	2,75	3	3	2	2	2,5
1,75	3	2	2	2	2	2,25	2	1	3	2	2
1,75	2	4	4	3	3	3,25	3	2	3	1	2,25
2,5	3	2	3	3	3	2,75	2	2	3	3	2,5
3	2	3	3	3	3	2,75	3	2	1	4	2,5
1,25	1	2	3	3	3	2,25	3	2	3	1	2,25
2,5	2	3	2	2	2	2,25	3	1	2	1	1,75
3,5	1	3	5	2	2	2,75	1	2	2	2	1,75
2,25	3	3	1	3	3	2,5	3	2	4	3	3
3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2,75
2,5	3	2	3	1	2	2,25	2	2	3	3	2,5
2,25	2	3	3	3	3	2,75	3	4	4	2	3,25
2,275						2,65					2,3375

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING ORTF

Microphone Subject	ORTF NAT1	ORTF NAT2	ORTF NAT3	ORTF NAT4	ORTF NATM	ORTF PSC1	ORTF PSC2	ORTF PSC3	ORTF PSC4	ORTF PSCM
1	5	4	6	6	5,25	4	6	6	6	5,5
2	4	5	6	6	5,25	6	5	5	5	5,25
3	6	4	6	6	5,5	4	7	5	4	5
4	6	4	7	4	5,25	5	5	6	4	5
5	4	5	5	5	4,75	5	4	5	5	4,75
6	5	6	7	6	6	5	6	3	6	5
7	5	5	5	4	4,75	4	6	6	5	5,25
8	6	6	5	6	5,75	4	5	5	6	5
9	5	5	4	5	4,75	5	5	5	4	4,75
10	4	5	3	5	4,25	4	6	6	7	5,75
11	5	6	6	7	6	4	4	4	6	4,5
12	4	3	6	6	4,75	5	4	5	5	4,75
13	5	6	6	6	5,75	4	6	5	4	4,75
14	4	5	5	6	5	5	4	3	5	4,25
15	5	5	3	5	4,5	4	4	4	3	3,75
16	4	4	4	5	4,25	4	3	4	4	3,75
17	6	3	5	5	4,75	5	5	6	5	5,25
18	5	3	5	4	4,25	3	4	3	3	3,25
19	5	5	6	4	5	4	4	4	2	3,5
20	4	5	6	6	5,25	3	4	3	4	3,5
Average					5,05					4,625

ORTF PRF1	ORTF PRF2	ORTF PRF3	ORTF PRF4	ORTF PRFM	ORTF LFC1	ORTF LFC2	ORTF LFC3	ORTF LFC4	ORTF LFCM	ORTF EW1
4	5	5	5	4,75	5	5	4	4	4,25	3
4	6	6	5	5,25	3	4	3	3	3,25	5
7	6	5	5	5,75	3	4	4	3	3,5	3
7	4	6	6	5,75	3	5	5	5	4,5	3
5	6	5	5	5,25	4	4	2	3	3,25	4
6	7	6	6	6,25	3	2	4	4	3,25	6
6	7	5	5	5,75	5	5	3	4	4,25	3
6	6	6	5	5,75	4	4	5	6	4,75	4
5	6	5	5	5,25	2	3	2	4	2,75	3
3	6	5	5	4,75	3	3	4	3	3,25	4
5	4	4	4	4,25	3	4	5	4	4	2
4	3	4	4	3,75	4	3	4	5	4	5
6	4	6	6	5,5	4	4	4	5	4,25	3
6	5	7	7	6,25	6	3	3	3	3,75	3
7	3	5	6	5,25	4	4	3	2	3,25	4
7	6	6	5	6	4	3	3	3	3,25	3
6	5	5	7	5,75	4	5	2	4	3,75	3
6	5	4	7	5,5	4	4	5	4	4,25	4
6	5	5	6	5,5	4	4	3	4	3,75	4
6	6	5	4	5,25	3	3	3	5	3,5	5
				5,375					3,7375	

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	LOC3
4	4	4	4	3,75	3	5	3	4	3,75	5	5
3	3	4	4	3,75	4	4	4	5	4,25	6	6
3	3	5	5	3,5	4	5	4	3	4	7	6
4	4	5	4	4	3	3	2	4	3	6	6
5	3	3	3	3,75	4	5	4	4	4,25	5	6
4	4	4	4	4,5	5	4	3	4	4	6	3
5	5	4	4	4,25	5	3	2	3	3,25	6	6
3	4	3	3	3,5	4	5	4	5	4,5	5	6
3	5	4	4	3,75	3	4	4	3	3,5	5	4
3	5	4	4	4	4	4	5	4	4,25	4	5
3	3	5	5	3,25	3	3	5	5	4	5	5
2	4	6	6	4,25	2	3	4	3	3	6	6
4	4	4	4	3,75	3	4	4	2	3,25	5	4
4	5	4	4	4	4	3	4	3	3,5	6	6
3	4	3	3	3,5	2	5	3	2	3	7	5
3	3	5	5	3,5	4	4	4	3	3,75	5	3
4	4	4	4	3,75	2	3	3	3	2,75	6	5
5	5	4	4	4,5	3	4	3	4	3,5	5	6
5	5	4	4	4,5	3	2	3	4	3	4	5
3	4	4	4	4	4	4	5	4	4,25	6	7
				3,8875					3,6375		

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	SENV4
3	5	4,5	5	5	4	5	4,75	4	4	4	5
6	7	6,25	5	7	6	6	6	5	5	5	5
7	6	6,5	5	6	5	5	5,25	3	4	4	3
4	5	5,25	6	6	6	5	5,75	4	5	4	4
5	6	5,5	6	5	6	5	5,5	6	5	5	5
7	7	5,75	6	5	4	6	5,25	5	3	4	4
5	7	6	5	7	6	6	6	4	5	4	4
5	6	5,5	6	6	4	7	5,75	5	4	4	4
4	5	4,5	6	5	6	7	6	3	3	4	4
4	5	4,5	6	7	5	6	6	5	4	3	3
3	6	4,75	7	5	6	6	6	5	5	4	4
7	6	6,25	5	4	5	6	5	5	4	5	5
6	5	5	7	5	6	6	6	3	5	6	6
5	6	5,75	5	4	3	5	4,25	5	4	5	5
5	4	5,25	6	5	6	5	5,5	3	4	3	3
6	5	4,75	7	6	5	6	6	4	5	3	3
4	6	5,25	6	6	5	5	5,5	5	4	3	3
5	5	5,25	7	3	6	6	5,5	4	3	4	4
4	6	4,75	6	6	6	5	5,75	5	4	3	3
6	5	6	7	6	7	6	6,5	4	4	4	4
		5,3625					5,6125				

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
SENV4	SENV4	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4
4	4,25	5	4	3	6	4,5	4	2	3	3
4	4,75	3	4	5	4	4	4	3	4	4
5	3,75	5	7	5	6	5,75	5	6	4	5
5	4,5	4	5	5	5	4,75	5	3	4	4
4	5	4	4	4	5	4,25	4	3	4	4
5	4,25	3	4	4	5	4	5	4	6	5
3	4	5	4	5	6	5	4	4	4	4
6	4,75	3	4	5	3	3,75	4	5	6	5
4	3,5	4	4	5	5	4,5	6	4	6	4
4	4	4	4	5	5	4,5	5	5	5	4
4	4,5	5	4	3	4	4	4	5	3	3
4	4,5	5	5	5	4	4,75	4	4	3	3
4	4,5	4	6	4	5	4,75	3	3	3	5
4	4,5	5	5	4	4	4,5	3	4	5	4
5	3,75	5	4	5	4	4,5	6	4	6	3
4	4	4	6	3	5	4,5	5	4	3	4
4	4	5	5	5	4	4,75	4	5	4	4
4	3,75	3	4	5	5	4,25	4	7	4	6
4	4	5	4	5	4	4,5	5	6	3	4
3	3,75	4	4	4	3	3,75	4	4	3	4
	4,2					4,4625				

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENV4
3	3	2	3	2	2,5	3	4	3	4	3,5
3,75	4	3	4	4	3,75	4	4	4	5	4,25
5	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3,5
4	4	3	3	4	3,5	4	5	4	3	4
3,75	3	3	2	3	2,75	3	4	3	3	3,25
5	2	3	4	4	3,25	5	3	4	4	4
4	3	2	3	2	2,5	4	4	5	3	4
5	4	2	3	2	2,75	4	4	3	4	3,75
5	3	3	2	2	2,5	5	5	5	4	4,75
4,75	3	2	3	2	2,5	3	4	3	4	3,5
3,75	4	3	4	3	3,5	2	4	5	3	3,5
3,5	3	3	3	3	3	4	4	3	5	4
3,5	2	4	3	3	3	6	4	3	5	4,5
4	3	2	3	1	2,25	3	4	3	4	3,5
4,75	2	2	3	3	2,5	5	4	6	4	4,75
4	1	2	2	1	1,5	5	5	5	3	4,5
4,25	3	3	4	3	3,25	3	5	3	4	3,75
5,25	3	2	5	2	3	4	4	3	5	4
4,5	2	3	2	3	2,5	3	4	6	4	4,25
3,75	2	2	3	1	2	4	4	3	5	4
4,225					2,775					3,9625

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING AB

Microphone	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Subject	NAT1	NAT2	NAT3	NAT4	NATM	PSC1	PSC2	PSC3	PSC4	PSCM	
1	6	5	6	6	5,75	7	7	6	6	6,5	
2	6	5	7	6	6	6	7	6	4	5,75	
3	6	6	7	7	6,5	6	4	6	6	5,5	
4	7	5	6	5	5,75	6	5	7	7	6,25	
5	7	5	6	6	6	6	6	6	7	6,25	
6	7	6	6	5	6	6	6	6	6	6	
7	5	6	7	6	6	7	6	5	6	6	
8	5	6	7	7	6,25	6	6	5	6	5,75	
9	7	6	6	6	6,25	6	4	7	6	5,75	
10	7	6	7	6	6,5	5	7	7	5	6	
11	6	7	6	7	6,5	6	6	6	5	5,75	
12	5	6	6	6	5,75	7	7	7	6	6,75	
13	6	7	6	7	6,5	7	7	6	6	6,5	
14	6	7	6	6	6,25	6	7	6	5	6	
15	7	6	4	7	6	6	6	6	5	5,75	
16	7	6	6	6	6,25	6	7	6	6	6,25	
17	6	6	7	7	6,5	7	6	6	7	6,5	
18	5	4	7	6	5,5	5	7	4	6	5,5	
19	6	6	7	6	6,25	6	7	6	6	6,25	
20	6	7	4	6	5,75	7	7	6	5	6,25	
Average					6,1125					6,0625	

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
PRF1	PRF2	PRF3	PRF4	PRFM	LFC1	LFC2	LFC3	LFC4	LFCM	EW1	
5	3	6	6	5	5	4	6	5	5	5	
6	6	5	6	5,75	6	7	5	7	6,25	5	
6	5	5	4	5	6	7	6	7	6,5	6	
6	7	5	6	6	7	7	7	6	6,75	5	
6	5	6	5	5,5	5	6	6	6	5,75	6	
5	7	6	5	5,75	7	6	7	6	6,5	6	
6	6	6	6	6	6	5	7	7	6,25	5	
5	5	5	6	5,25	5	7	4	7	5,75	5	
6	5	6	5	5,5	6	6	5	6	5,75	6	
5	5	6	6	5,5	7	6	5	6	6	4	
6	6	7	5	6	6	7	7	6	6,5	6	
6	5	6	5	5,5	5	6	7	5	5,75	5	
7	6	7	5	6,25	6	7	6	7	6,5	4	
7	6	5	5	5,75	6	4	7	6	5,75	6	
6	6	6	5	5,75	7	7	5	6	6,25	5	
6	7	6	6	6,25	6	7	5	7	6,25	6	
6	4	6	6	5,5	7	7	7	6	6,75	5	
7	6	6	6	6,25	6	6	3	5	5	5	
7	5	5	6	5,75	6	7	6	5	6	6	
5	6	5	6	5,5	7	7	7	5	6,5	4	
				5,6875					6,0875		

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	
5	5	4	4,75	4	5	5	6	5	5	5	3
6	4	6	5,25	6	2	6	4	4,5	4	4	3
7	5	5	5,75	4	5	3	7	4,75	3	3	3
5	6	6	5,5	5	4	6	5	5	3	5	5
4	6	5	5,25	4	6	4	6	5	4	5	5
6	5	5	5,5	4	6	5	6	5,25	4	4	4
5	5	6	5,25	6	5	6	4	5,25	5	4	4
7	6	5	5,75	6	5	4	6	5,25	3	5	5
5	2	6	4,75	5	4	3	6	4,5	3	4	4
5	5	6	5	5	4	5	6	5	2	4	4
5	6	5	5,5	5	5	3	4	4,25	3	4	4
7	6	5	5,75	7	5	4	5	5,25	5	3	3
6	5	6	5,25	6	5	4	6	5,25	4	4	4
4	5	4	4,75	5	3	6	5	4,75	3	3	3
3	5	6	4,75	6	5	3	5	4,75	3	5	5
5	6	5	5,5	4	3	5	4	4	5	4	4
7	6	4	5,5	3	6	5	4	4,5	5	6	6
6	4	5	5	6	5	6	4	5,25	3	3	3
5	7	5	5,75	5	5	3	4	4,25	4	4	4
6	6	7	5,75	7	5	6	5	5,75	5	4	4
			5,3125					4,875			

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	
4	4	4	4	5	6	3	4	4,5	5	5	6
4	5	4	4	4	4	4	5	4,25	7	6	7
4	3	3,25	5	4	5	4	4	4,5	7	7	6
4	3	3,75	4	3	5	4	4	4	5	6	5
3	5	4,25	6	3	5	4	4	4,5	6	6	6
4	3	3,75	4	3	5	3	3	3,75	7	6	6
5	3	4,25	3	2	4	4	4	3,25	6	5	6
6	4	4,5	6	3	4	4	4	4,25	6	5	6
3	4	3,5	5	4	5	4	4	4,5	5	5	5
5	4	3,75	3	5	3	3	3	3,5	6	6	6
5	4	4	4	4	4	4	5	4,25	5	7	5
3	5	4	5	4	4	4	3	4	7	7	6
5	3	4	5	3	4	4	4	4	5	6	5
5	4	3,75	5	4	3	5	5	4,25	6	6	5
4	3	3,75	4	3	4	4	4	3,75	5	4	5
1	3	3,25	5	3	4	2	2	3,5	3	6	5
4	3	4,5	3	4	3	4	4	3,5	4	6	5
4	4	3,5	4	4	5	3	3	4	7	6	7
4	3	3,75	3	5	2	5	5	3,75	5	7	6
3	3	3,75	3	4	6	4	4	4,25	6	6	6
		3,8625						4,0125			

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
SENV4	SENV4	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4	
5	5,25	6	6	6	5	5,75	5	4	6	5	
5	6,25	5	7	6	5	5,75	6	5	4	5	
6	6,5	5	5	5	6	5,25	5	5	5	4	
6	5,5	7	5	7	6	6,25	3	5	3	5	
5	5,75	6	6	5	5	5,5	4	5	4	5	
6	6,25	6	6	6	5	5,75	6	5	6	4	
5	5,5	5	5	7	6	5,75	5	5	4	6	
5	5,5	5	7	5	7	6	4	6	4	5	
6	5,25	6	5	6	6	5,75	6	3	6	4	
6	6	6	7	5	6	6	6	5	4	4	
6	5,75	5	7	7	5	6	3	5	4	4	
5	6,25	6	7	6	5	6	3	6	5	4	
6	5,5	5	4	6	5	5	4	4	6	4	
5	5,5	4	6	4	6	5	6	5	6	4	
6	5	6	6	5	6	5,75	5	6	6	4	
6	5	6	7	5	4	5,5	7	5	4	5	
4	4,75	4	6	4	6	5	4	5	5	6	
6	6,5	6	5	4	6	5,25	5	6	6	4	
5	5,75	6	6	6	7	6,25	6	6	5	6	
5	5,75	5	6	5	7	5,75	4	5	6	4	
	5,675					5,6625					

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENV4	RENV4
5	4	6	5	4	4,75	6	7	5	5	5	5,75
5	5	5	4	4	4,5	6	5	3	6	6	5
4,75	6	3	6	5	5	5	7	5	6	6	5,75
4	4	4	5	6	4,75	6	5	6	5	5	5,5
4,5	6	5	6	5	5,5	5	7	6	6	6	6
5,25	7	4	5	5	5,25	6	5	3	5	5	4,75
5	4	6	4	6	5	7	6	5	6	6	6
4,75	6	6	3	5	5	7	5	6	5	5	5,75
4,75	6	5	5	5	5,25	5	7	5	7	7	6
4,75	6	5	6	5	5,5	6	4	5	6	6	5,25
4	6	5	6	5	5,5	5	4	6	5	5	5
4,5	5	6	6	4	5,25	3	6	7	5	5	5,25
4,5	3	5	4	5	4,25	5	5	6	5	5	5,25
5,25	5	5	4	6	5	6	7	5	6	6	6
5,25	6	7	6	5	6	5	7	5	6	6	5,75
5,25	4	6	5	5	5	4	6	5	6	6	5,25
5	6	5	6	4	5,25	7	5	6	5	5	5,75
5,25	5	5	7	5	5,5	4	6	5	4	4	4,75
5,75	4	5	6	6	5,25	6	7	6	5	5	6
4,75	4	6	4	5	4,75	4	5	3	5	5	4,25
4,8625					5,1125						5,45

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING DECCA

Microphone Subject	DECCA NAT1	DECCA NAT2	DECCA NAT3	DECCA NAT4	DECCA NATM	DECCA PSC1	DECCA PSC2	DECCA PSC3	DECCA PSC4	DECCA PSCM
1	6	6	6	6	5,75	5	6	7	5	5,75
2	5	6	7	6	6	7	6	7	6	6,5
3	5	6	6	7	6	5	6	6	6	5,75
4	5	7	6	6	6	7	5	7	6	6,25
5	6	5	7	7	6,25	5	7	6	6	6
6	6	7	6	7	6,5	7	5	6	6	6
7	7	4	5	6	5,5	7	6	7	7	6,75
8	6	6	6	7	6,25	6	7	6	6	6,25
9	7	6	7	6	6,5	5	6	7	7	6,25
10	6	5	3	6	5	5	6	6	6	5,75
11	7	7	6	5	6,25	6	6	7	5	6
12	7	6	7	6	6,5	6	6	5	6	5,75
13	6	6	5	7	6	6	7	6	5	6
14	6	7	6	5	6	4	6	4	5	4,75
15	6	7	7	6	6,5	6	6	7	7	6,5
16	5	7	6	5	5,75	5	7	6	5	5,75
17	6	7	6	7	6,5	7	7	6	7	6,75
18	6	6	6	6	6	7	7	6	5	6,25
19	7	3	6	6	5,5	6	4	6	7	5,75
20	6	7	4	6	5,75	6	7	6	6	6,25
Average					6,025					6,03947368

DECCA PRF1	DECCA PRF2	DECCA PRF3	DECCA PRF4	DECCA PRFM	DECCA LFC1	DECCA LFC2	DECCA LFC3	DECCA LFC4	DECCA LFCM	DECCA EW1
4	4	5	5	4,5	6	6	4	5	5,25	5
6	5	6	5	5,5	6	6	5	4	5,25	7
4	6	4	6	5	6	4	6	5	5,25	5
5	3	5	4	4,25	7	6	5	6	6	6
5	6	5	7	5,75	6	6	5	4	5,25	7
4	6	4	6	5	5	5	5	4	4,75	5
4	6	6	5	5,25	4	6	5	6	5,25	5
4	5	5	5	4,75	6	6	4	5	5,25	5
5	6	6	5	5,5	5	6	5	6	5,5	6
5	5	4	6	5	6	5	4	3	4,5	6
4	5	3	5	4,25	5	5	5	6	5,25	4
6	5	6	4	5,25	7	5	6	6	6	6
6	6	5	5	5,5	4	6	5	6	5,25	7
5	7	5	6	5,75	6	5	3	4	4,5	5
4	6	5	6	5,25	5	6	5	4	5	5
5	5	4	6	5	6	6	6	5	5,75	7
5	4	6	6	5,25	6	5	5	6	5,5	6
4	6	4	6	5	6	5	6	6	5,75	6
6	4	5	3	4,5	4	6	6	5	5,25	6
5	4	6	5	5	5	5	4	6	5	6
				5,0625					5,275	

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	
7	6	6	6	6	6	7	7	7	6,75	3	2
6	7	6	6,5	5	7	6	6	6	6	4	5
5	4	6	5	6	7	6	5	6	6	3	3
7	7	5	6,25	7	7	6	7	6,75	6,75	3	5
5	7	6	6,25	5	7	5	6	5,75	5,75	4	3
6	7	6	6	4	7	6	7	6	6	3	5
7	5	6	5,75	5	6	7	7	6,25	6,25	4	6
7	4	7	5,75	7	6	5	6	6	6	5	5
6	7	5	6	6	6	7	6	6,25	6,25	3	2
6	7	5	6	5	7	6	6	6	6	3	5
6	5	5	5	5	7	6	6	6	6	2	4
6	5	7	6	7	5	6	7	6,25	6,25	2	5
5	7	6	6,25	6	7	6	7	6,5	6,5	4	3
7	6	6	6	5	7	6	5	5,75	5,75	3	5
6	5	6	5,5	6	6	7	7	6,5	6,5	4	5
4	6	5	5,5	7	6	6	6	6,25	6,25	3	2
6	6	5	5,75	6	7	6	6	6,25	6,25	5	3
7	5	5	5,75	5	6	7	4	5,5	5,5	3	5
6	5	6	5,75	6	7	6	5	6	6	4	3
7	6	5	6	7	6	7	6	6,5	6,5	2	4
			5,85					6,1625			

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	
5	4	3,5	4	6	5	5	5	5	5	6	6
3	3	3,75	4	6	4	6	6	5	6	6	6
4	4	3,5	5	4	6	6	5,25	6	6	7	7
4	4	4	5	5	7	5	5,5	5	5	4	7
4	3	3,5	4	6	5	6	5,25	6	6	5	7
4	6	4,5	4	6	4	6	5	6	6	6	7
4	6	5	5	6	5	6	5,5	6	6	6	5
4	4	4,5	5	5	5	4	4,75	4	7	7	6
4	4	3,25	4	5	3	5	4,25	7	5	5	6
4	5	4,25	6	4	6	5	5,25	6	6	7	6
3	3	3	5	5	6	5	5,25	5	6	6	7
3	4	3,5	4	5	6	5	5	5	5	7	6
4	4	3,75	5	5	6	4	5	6	6	6	5
4	4	4	4	5	6	5	5	4	7	7	6
4	3	4	4	6	5	5	5	5	6	6	5
4	5	3,5	6	7	5	4	5,5	6	6	7	7
4	2	3,5	3	5	6	5	4,75	6	7	6	6
4	3	3,75	4	6	4	5	4,75	6	6	6	6
5	3	3,75	6	3	4	4	4,25	7	5	3	3
3	5	3,5	5	4	6	5	5	5	6	6	7
		3,8					5,0125				

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
SENV4	SENV4	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4	
6	5,75	7	7	6	6	6,5	5	6	5	5	
5	5,75	7	6	7	6	6,5	4	6	4	6	
6	6,5	5	5	6	7	5,75	4	5	5	5	
6	5,5	5	6	6	5	5,5	5	7	6	5	
7	6,25	4	7	7	6	6	3	5	5	6	
6	6,25	5	6	5	7	5,75	4	6	5	4	
6	5,75	7	4	7	5	5,75	4	6	4	6	
6	5,75	6	6	6	7	6,25	5	6	5	4	
6	6	6	7	6	6	6,25	5	5	4	5	
7	6,5	5	7	6	6	6	4	5	5	3	
7	6,25	6	6	5	6	5,75	3	4	5	5	
7	6,25	5	7	4	7	5,75	4	5	3	4	
7	6	6	7	6	5	6	4	5	3	4	
5	5,5	5	7	6	6	6	4	4	5	5	
6	5,5	6	7	3	6	5,5	4	6	5	5	
5	6	7	7	6	5	6,25	6	5	5	4	
7	6,5	5	7	6	4	5,5	6	5	6	5	
7	6,25	6	6	5	6	5,75	5	5	5	4	
5	5	6	7	6	5	6	6	5	5	5	
6	6	7	6	5	7	6,25	6	5	6	5	
	5,9625					5,95					

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENV4	RENV4
5,25	5	6	6	5	5,5	6	6	7	7	7	6,5
5	5	7	3	6	5,25	5	7	6	7	7	6,25
4,75	6	5	6	6	5,75	6	6	5	6	6	5,75
5,75	6	7	5	6	6	7	6	7	5	6	6,25
4,75	4	6	6	7	5,75	5	5	6	6	6	5,5
4,75	4	3	6	6	4,75	6	3	7	6	6	5,5
5	5	6	6	5	5,5	5	6	5	6	6	5,5
5	5	7	6	7	6,25	6	6	6	6	6	6
4,75	5	7	6	6	6	6	6	7	7	6	6,5
4,25	6	5	6	6	5,75	6	6	5	7	6	6
4,25	5	6	7	5	5,75	5	6	6	5	6	5,5
4	6	4	6	7	5,75	5	6	6	6	6	5,75
4	5	6	7	6	6	6	6	7	5	6	6
4,5	5	3	6	6	5	6	6	7	6	6	6,25
5	5	6	7	6	6	6	6	7	6	7	6,5
5	5	7	6	6	6	6	3	6	5	5	5
5,5	6	6	3	5	5	6	6	7	6	7	6,5
4,75	6	7	6	6	6,25	6	7	6	6	6	6,25
5,25	5	7	6	7	6,25	5	7	4	6	6	5,5
5,5	5	3	6	6	5	7	6	6	7	6	6,5
4,85					5,675						5,975

10.4 Summary data

SUMMARY DATA MICROPHONE POSITIONING XY

Subject	XY													
	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVM	
1	3,5	3,75	4,25	2,5	1,75	1,75	4,75	5	1,75	3	2	1,75	2	
2	3,5	4	4	2,75	1,5	3,25	5,75	4,75	1,5	1,5	2,5	3	2,5	
3	4,75	3,75	3,75	3,25	1,25	1,25	5,25	4,75	1,75	2,25	2	3,75	2	
4	3,5	4,75	4,5	3	2	2,5	4,5	5	1,75	1,5	1,75	2,75	2,5	
5	3,75	3,75	4,5	3,75	1,5	2,5	5,75	4	2	1,25	2,75	3	2	
6	3,75	4,75	4,25	3,5	2	2	6,5	4,25	1,25	2,25	1,75	3	2,25	
7	3,75	4,25	4,75	2,75	1,75	2,25	5	5	1,75	1,75	2	2,25	1,75	
8	4,5	4	4,25	2,5	2,5	2,5	5,5	4,25	2,5	2,5	2,5	3	2,75	
9	4,5	4,5	4,75	4	2	3	6,25	5,75	2,5	2	2	2,75	2,5	
10	4	4	4,25	3,5	2	2,75	6	5,75	1,5	1,75	1,75	2,25	2	
11	3,75	4,25	3,75	3,25	2,5	2,5	4,5	6	2,25	1,75	1,75	3,25	2,25	
12	5,25	4,75	3,75	4	1,75	2,25	5,25	5,75	1,75	2,25	2,5	2,75	2,5	
13	3,75	4,25	2,75	3,25	2	2	5,25	5,75	2	1,75	3	2,75	2,5	
14	4,25	3,75	4,75	2,75	1,75	2,75	4,25	5,25	1,75	1,75	1,25	2,25	2,25	
15	3,25	4	4,25	2,75	2,5	2	4,667	4,5	3,25	2,25	2,5	2,25	1,75	
16	4	4,25	5	2,75	1,75	1,75	5,5	5,5	1,25	2,75	3,5	2,75	1,75	
17	4,25	4	4	3	2	2	4,25	5,5	2	1,75	2,25	2,5	3	
18	4,25	4	3,5	3,75	2,75	1,5	5,25	4,75	2	1,75	3	2	2,75	
19	4,5	4	3,75	3,25	2,25	2	5,25	5	1,75	2	2,5	2,25	2,5	
20	3,5	4	4,75	4	2,25	2,25	5	5,75	2	1,75	2,25	2,75	3,25	
Average	4,013	4,138	4,175	3,213	1,988	2,238	5,221	5,113	1,913	1,975	2,275	2,650	2,338	
S Deviat	0,510	0,329	0,539	0,502	0,385	0,497	0,631	0,593	0,461	0,436	0,537	0,469	0,416	
S Size	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	
C Coefic	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	
M Error	0,223	0,144	0,236	0,220	0,169	0,218	0,277	0,260	0,202	0,191	0,236	0,205	0,182	
Up Bound	4,236	4,282	4,411	3,432	2,156	2,455	5,498	5,372	2,114	2,166	2,511	2,855	2,520	
Lo Bound	3,789	3,993	3,939	2,993	1,819	2,020	4,944	4,853	1,711	1,784	2,039	2,445	2,155	
Max	5,250	4,750	5,000	4,000	2,750	3,250	6,500	6,000	3,250	3,000	3,500	3,750	3,250	
Min	3,250	3,750	2,750	2,500	1,250	1,250	4,250	4,000	1,250	1,250	1,250	1,750	1,750	
Range	2,000	1,000	2,250	1,500	1,500	2,000	2,250	2,000	2,000	1,750	2,250	2,000	1,500	

SUMMARY DATA MICROPHONE POSITIONING ORTF

Subject	ORTF													
	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVM	
1	5,25	5,5	4,75	4,25	3,75	3,75	4,5	4,75	4,25	4,5	3	2,5	3,5	
2	5,25	5,25	5,25	3,25	3,75	4,25	6,25	6	4,75	4	3,75	3,75	4,25	
3	5,5	5	5,75	3,5	3,5	4	6,5	5,25	3,75	5,75	5	3	3,5	
4	5,25	5	5,75	4,5	4	3	5,25	5,75	4,5	4,75	4	3,5	4	
5	4,75	4,75	5,25	3,25	3,75	4,25	5,5	5,5	5	4,25	3,75	2,75	3,25	
6	6	5	6,25	3,25	4,5	4	5,75	5,25	4,25	4	5	3,25	4	
7	4,75	5,25	5,75	4,25	4,25	3,25	6	6	4	5	4	2,5	4	
8	5,75	5	5,75	4,75	3,5	4,5	5,5	5,75	4,75	3,75	5	2,75	3,75	
9	4,75	4,75	5,25	2,75	3,75	3,5	4,5	6	3,5	4,5	5	2,5	4,75	
10	4,25	5,75	4,75	3,25	4	4,25	4,5	6	4	4,5	4,75	2,5	3,5	
11	6	4,5	4,25	4	3,25	4	4,75	6	4,5	4	3,75	3,5	3,5	
12	4,75	4,75	3,75	4	4,25	3	6,25	5	4,5	4,75	3,5	3	4	
13	5,75	4,75	5,5	4,25	3,75	3,25	5	6	4,5	4,75	3,5	3	4,5	
14	5	4,25	6,25	3,75	4	3,5	5,75	4,25	4,5	4,5	4	2,25	3,5	
15	4,5	3,75	5,25	3,25	3,5	3	5,25	5,5	3,75	4,5	4,75	2,5	4,75	
16	4,25	3,75	6	3,25	3,5	3,75	4,75	6	4	4,5	4	1,5	4,5	
17	4,75	5,25	5,75	3,75	3,75	2,75	5,25	5,5	4	4,75	4,25	3,25	3,75	
18	4,25	3,25	5,5	4,25	4,5	3,5	5,25	5,5	3,75	4,25	5,25	3	4	
19	5	3,5	5,5	3,75	4,5	3	4,75	5,75	4	4,5	4,5	2,5	4,25	
20	5,25	3,5	5,25	3,5	4	4,25	6	6,5	3,75	3,75	3,75	2	4	
Average	5,050	4,625	5,375	3,738	3,888	3,638	5,363	5,613	4,200	4,463	4,225	2,775	3,963	
S Deviat	0,554	0,723	0,626	0,529	0,367	0,535	0,631	0,522	0,410	0,461	0,638	0,544	0,439	
S Size	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	
C Coefic	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	
M Error	0,243	0,317	0,274	0,232	0,161	0,234	0,276	0,229	0,180	0,202	0,280	0,238	0,192	
Up Bound	5,293	4,942	5,649	3,969	4,048	3,872	5,639	5,841	4,380	4,664	4,505	3,013	4,155	
Lo Bound	4,807	4,308	5,101	3,506	3,727	3,403	5,086	5,384	4,020	4,261	3,945	2,537	3,770	
Max	6,000	5,750	6,250	4,750	4,500	4,500	6,500	6,500	5,000	5,750	5,250	3,750	4,750	
Min	4,250	3,250	3,750	2,750	3,250	2,750	4,500	4,250	3,500	3,750	3,000	1,500	3,250	
Range	1,750	2,500	2,500	2,000	1,250	1,750	2,000	2,250	1,500	2,000	2,250	2,250	1,500	

SUMMARY DATA MICROPHONE POSITIONING AB

Subject	AB													
	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVM	
1	5,75	6,5	5	5	4,75	5	4	4,5	5,25	5,75	5	4,75	5,75	
2	6	5,75	5,75	6,25	5,25	4,5	4	4,25	6,25	5,75	5	4,5	5	
3	6,5	5,5	5	6,5	5,75	4,75	3,25	4,5	6,5	5,25	4,75	5	5,75	
4	5,75	6,25	6	6,75	5,5	5	3,75	4	5,5	6,25	4	4,75	5,5	
5	6	6,25	5,5	5,75	5,25	5	4,25	4,5	5,75	5,5	4,5	5,5	6	
6	6	6	5,75	6,5	5,5	5,25	3,75	3,75	6,25	5,75	5,25	5,25	4,75	
7	6	6	6	6,25	5,25	5,25	4,25	3,25	5,5	5,75	5	5	6	
8	6,25	5,75	5,25	5,75	5,75	5,25	4,5	4,25	5,5	6	4,75	5	5,75	
9	6,25	5,75	5,5	5,75	4,75	4,5	3,5	4,5	5,25	5,75	4,75	5,25	6	
10	6,5	6	5,5	6	5	5	3,75	3,5	6	6	4,75	5,5	5,25	
11	6,5	5,75	6	6,5	5,5	4,25	4	4,25	5,75	6	4	5,5	5	
12	5,75	6,75	5,5	5,75	5,75	5,25	4	4	6,25	6	4,5	5,25	5,25	
13	6,5	6,5	6,25	6,5	5,25	5,25	4	4	5,5	5	4,5	4,25	5,25	
14	6,25	6	5,75	5,75	4,75	4,75	3,75	4,25	5,5	5	5,25	5	6	
15	6	5,75	5,75	6,25	4,75	4,75	3,75	3,75	5	5,75	5,25	6	5,75	
16	6,25	6,25	6,25	6,25	5,5	4	3,25	3,5	5	5,5	5,25	5	5,25	
17	6,5	6,5	5,5	6,75	5,5	4,5	4,5	3,5	4,75	5	5	5,25	5,75	
18	5,5	5,5	6,25	5	5	5,25	3,5	4	6,5	5,25	5,25	5,5	4,75	
19	6,25	6,25	5,75	6	5,75	4,25	3,75	3,75	5,75	6,25	5,75	5,25	6	
20	5,75	6,25	5,5	6,5	5,75	5,75	3,75	4,25	5,75	5,75	4,75	4,75	4,25	
Average	6,113	6,063	5,688	6,088	5,313	4,875	3,863	4,013	5,675	5,663	4,863	5,113	5,450	
S Deviat	0,309	0,352	0,371	0,502	0,371	0,441	0,349	0,385	0,501	0,391	0,433	0,401	0,510	
S Size	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	
C Coefic	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	
M Error	0,135	0,154	0,162	0,220	0,162	0,193	0,153	0,169	0,219	0,172	0,190	0,176	0,224	
Up Bound	6,248	6,217	5,850	6,307	5,475	5,068	4,015	4,181	5,894	5,834	5,052	5,288	5,674	
Lo Bound	5,977	5,908	5,525	5,868	5,150	4,682	3,710	3,844	5,456	5,491	4,673	4,937	5,226	
Max	6,500	6,750	6,250	6,750	5,750	5,750	4,500	4,500	6,500	6,250	5,750	6,000	6,000	
Min	5,500	5,500	5,000	5,000	4,750	4,000	3,250	3,250	4,750	5,000	4,000	4,250	4,250	
Range	1,000	1,250	1,250	1,750	1,000	1,750	1,250	1,250	1,750	1,250	1,750	1,750	1,750	

SUMMARY DATA MICROPHONE POSITIONING DECCA

Subject	DECCA													
	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVM	
1	5,75	5,75	4,5	5,25	6	6,75	3,5	5	5,75	6,5	5,25	5,5	6,5	
2	6	6,5	5,5	5,25	6,5	6	3,75	5	5,75	6,5	5	5,25	6,25	
3	6	5,75	5	5,25	5	6	3,5	5,25	6,5	5,75	4,75	5,75	5,75	
4	6	6,25	4,25	6	6,25	6,75	4	5,5	5,5	5,5	5,75	6	6,25	
5	6,25	6	5,75	5,25	6,25	5,75	3,5	5,25	6,25	6	4,75	5,75	5,5	
6	6,5	6	5	4,75	6	6	4,5	5	6,25	5,75	4,75	4,75	5,5	
7	5,5	6,75	5,25	5,25	5,75	6,25	5	5,5	5,75	5,75	5	5,5	5,5	
8	6,25	6,25	4,75	5,25	5,75	6	4,5	4,75	5,75	6,25	5	6,25	6	
9	6,5	6,25	5,5	5,5	6	6,25	3,25	4,25	6	6,25	4,75	6	6,5	
10	5	5,75	5	4,5	6	6	4,25	5,25	6,5	6	4,25	5,75	6	
11	6,25	6	4,25	5,25	5	6	3	5,25	6,25	5,75	4,25	5,75	5,5	
12	6,5	5,75	5,25	6	6	6,25	3,5	5	6,25	5,75	4	5,75	5,75	
13	6	6	5,5	5,25	6,25	6,5	3,75	5	6	6	4	6	6	
14	6	4,75	5,75	4,5	6	5,75	4	5	5,5	6	4,5	5	6,25	
15	6,5	6,5	5,25	5	5,5	6,5	4	5	5,5	5,5	5	6	6,5	
16	5,75	5,75	5	5,75	5,5	6,25	3,5	5,5	6	6,25	5	6	5	
17	6,5	6,75	5,25	5,5	5,75	6,25	3,5	4,75	6,5	5,5	5,5	5	6,5	
18	6	6,25	5	5,75	5,75	5,5	3,75	4,75	6,25	5,75	4,75	6,25	6,25	
19	5,5	5,75	4,5	5,25	5,75	6	3,75	4,25	5	6	5,25	6,25	5,5	
20	5,75	6,25	5	5	6	6,5	3,5	5	6	6,25	5,5	5	6,5	
Average	6,03	6,05	5,06	5,28	5,85	6,16	3,80	5,01	5,96	5,95	4,85	5,68	5,98	
S Deviat	0,40	0,45	0,44	0,41	0,38	0,33	0,48	0,35	0,40	0,31	0,48	0,46	0,45	
S Size	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	
C Coefic	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	
M Error	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17	0,14	0,21	0,15	0,18	0,14	0,21	0,20	0,20	
Up Bound	6,20	6,25	5,26	5,46	6,02	6,31	4,01	5,17	6,14	6,09	5,06	5,88	6,17	
Lo Bound	5,85	5,85	4,87	5,09	5,68	6,02	3,59	4,86	5,79	5,81	4,64	5,47	5,78	
Max	6,50	6,75	5,75	6,00	6,50	6,75	5,00	5,50	6,50	6,50	5,75	6,25	6,50	
Min	5,00	4,75	4,25	4,50	5,00	5,50	3,00	4,25	5,00	5,50	4,00	4,75	5,00	
Range	1,50	2,00	1,50	1,50	1,50	1,25	2,00	1,25	1,50	1,00	1,75	1,50	1,50	

GLOBAL CONTINGENCY TABLE

MIC	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVVM	
XY		3,5	3,75	4,25	2,5	1,75	1,75	4,75	5	1,75	3	2	1,75	2
XY		3,5	4	4	2,75	1,5	3,25	5,75	4,75	1,5	1,5	2,5	3	2,5
XY		4,75	3,75	3,75	3,25	1,25	1,25	5,25	4,75	1,75	2,25	2	3,75	2
XY		3,5	4,75	4,5	3	2	2,5	4,5	5	1,75	1,5	1,75	2,75	2,5
XY		3,75	3,75	4,5	3,75	1,5	2,5	5,75	4	2	1,25	2,75	3	2
XY		3,75	4,75	4,25	3,5	2	2	6,5	4,25	1,25	2,25	1,75	3	2,25
XY		3,75	4,25	4,75	2,75	1,75	2,25	5	5	1,75	1,75	2	2,25	1,75
XY		4,5	4	4,25	2,5	2,5	2,5	5,5	4,25	2,5	2,5	2,5	3	2,75
XY		4,5	4,5	4,75	4	2	3	6,25	5,75	2,5	2	2	2,75	2,5
XY		4	4	4,25	3,5	2	2,75	6	5,75	1,5	1,75	1,75	2,25	2
XY		3,75	4,25	3,75	3,25	2,5	2,5	4,5	6	2,25	1,75	1,75	3,25	2,25
XY		5,25	4,75	3,75	4	1,75	2,25	5,25	5,75	1,75	2,25	2,5	2,75	2,5
XY		3,75	4,25	2,75	3,25	2	2	5,25	5,75	2	1,75	3	2,75	2,5
XY		4,25	3,75	4,75	2,75	1,75	2,75	4,25	5,25	1,75	1,75	1,25	2,25	2,25
XY		3,25	4	4,25	2,75	2,5	2	4,6667	4,5	3,25	2,25	2,5	2,25	1,75
XY		4	4,25	5	2,75	1,75	1,75	5,5	5,5	1,25	2,75	3,5	2,75	1,75
XY		4,25	4	4	3	2	2	4,25	5,5	2	1,75	2,25	2,5	3
XY		4,25	4	3,5	3,75	2,75	1,5	5,25	4,75	2	1,75	3	2	2,75
XY		4,5	4	3,75	3,25	2,25	2	5,25	5	1,75	2	2,5	2,25	2,5
XY		3,5	4	4,75	4	2,25	2,25	5	5,75	2	1,75	2,25	2,75	3,25
ORTF		5,25	5,5	4,75	4,25	3,75	3,75	4,5	4,75	4,25	4,5	3	2,5	3,5
ORTF		5,25	5,25	5,25	3,25	3,75	4,25	6,25	6	4,75	4	3,75	3,75	4,25
ORTF		5,5	5	5,75	3,5	3,5	4	6,5	5,25	3,75	5,75	5	3	3,5
ORTF		5,25	5	5,75	4,5	4	3	5,25	5,75	4,5	4,75	4	3,5	4
ORTF		4,75	4,75	5,25	3,25	3,75	4,25	5,5	5,5	5	4,25	3,75	2,75	3,25
ORTF		6	5	6,25	3,25	4,5	4	5,75	5,25	4,25	4	5	3,25	4
ORTF		4,75	5,25	5,75	4,25	4,25	3,25	6	6	4	5	4	2,5	4
ORTF		5,75	5	5,75	4,75	3,5	4,5	5,5	5,75	4,75	3,75	5	2,75	3,75
ORTF		4,75	4,75	5,25	2,75	3,75	3,5	4,5	6	3,5	4,5	5	2,5	4,75
ORTF		4,25	5,75	4,75	3,25	4	4,25	4,5	6	4	4,5	4,75	2,5	3,5
ORTF		6	4,5	4,25	4	3,25	4	4,75	6	4,5	4	3,75	3,5	3,5
ORTF		4,75	4,75	3,75	4	4,25	3	6,25	5	4,5	4,75	3,5	3	4
ORTF		5,75	4,75	5,5	4,25	3,75	3,25	5	6	4,5	4,75	3,5	3	4,5
ORTF		5	4,25	6,25	3,75	4	3,5	5,75	4,25	4,5	4,5	4	2,25	3,5
ORTF		4,5	3,75	5,25	3,25	3,5	3	5,25	5,5	3,75	4,5	4,75	2,5	4,75
ORTF		4,25	3,75	6	3,25	3,5	3,75	4,75	6	4	4,5	4	1,5	4,5
ORTF		4,75	5,25	5,75	3,75	3,75	2,75	5,25	5,5	4	4,75	4,25	3,25	3,75
ORTF		4,25	3,25	5,5	4,25	4,5	3,5	5,25	5,5	3,75	4,25	5,25	3	4
ORTF		5	3,5	5,5	3,75	4,5	3	4,75	5,75	4	4,5	4,5	2,5	4,25
ORTF		5,25	3,5	5,25	3,5	4	4,25	6	6,5	3,75	3,75	3,75	2	4
AB		5,75	6,5	5	5	4,75	5	4	4,5	5,25	5,75	5	4,75	5,75
AB		6	5,75	5,75	6,25	5,25	4,5	4	4,25	6,25	5,75	5	4,5	5
AB		6,5	5,5	5	6,5	5,75	4,75	3,25	4,5	6,5	5,25	4,75	5	5,75
AB		5,75	6,25	6	6,75	5,5	5	3,75	5	5,5	6,25	4	4,75	5,5
AB		6	6,25	5,5	5,75	5,25	5	4,25	4,5	5,75	5,5	4,5	5,5	6
AB		6	6	5,75	6,5	5,5	5,25	3,75	3,75	6,25	5,75	5,25	5,25	4,75
AB		6	6	6	6,25	5,25	5,25	4,25	3,25	5,5	5,75	5	5	6
AB		6,25	5,75	5,25	5,75	5,75	5,25	4,5	4,25	5,5	6	4,75	5	5,75
AB		6,25	5,75	5,5	5,75	4,75	4,5	3,5	4,5	5,25	5,75	4,75	5,25	6
AB		6,5	6	5,5	6	5	5	3,75	3,5	6	6	4,75	5,5	5,25
AB		6,5	5,75	6	6,5	5,5	4,25	4	4,25	5,75	6	4	5,5	5
AB		5,75	6,75	5,5	5,75	5,75	5,25	4	4	6,25	6	4,5	5,25	5,25
AB		6,5	6,5	6,25	6,5	5,25	5,25	4	4	5,5	5	4,5	4,25	5,25
AB		6,25	6	5,75	5,75	4,75	4,75	3,75	4,25	5,5	5	5,25	5	6
AB		6	5,75	5,75	6,25	4,75	4,75	3,75	3,75	5	5,75	5,25	6	5,75
AB		6,25	6,25	6,25	6,25	5,5	4	3,25	3,5	5	5,5	5,25	5	5,25
AB		6,5	6,5	5,5	6,75	5,5	4,5	4,5	3,5	4,75	5	5	5,25	5,75
AB		5,5	5,5	6,25	5	5	5,25	3,5	4	6,5	5,25	5,25	5,5	4,75
AB		6,25	6,25	5,75	6	5,75	4,25	3,75	3,75	5,75	6,25	5,75	5,25	6
AB		5,75	6,25	5,5	6,5	5,75	5,75	3,75	4,25	5,75	5,75	4,75	4,75	4,25
DECCA		5,75	5,75	4,5	5,25	6	6,75	3,5	5	5,75	6,5	5,25	5,5	6,5
DECCA		6	6,5	5,5	5,25	6,5	6	3,75	5	5,75	6,5	5	5,25	6,25
DECCA		6	5,75	5	5,25	5	6	3,5	5,25	6,5	5,75	4,75	5,75	5,75
DECCA		6	6,25	4,25	6	6,25	6,75	4	5,5	5,5	5,5	5,75	6	6,25
DECCA		6,25	6	5,75	5,25	6,25	5,75	3,5	5,25	6,25	6	4,75	5,75	5,5
DECCA		6,5	6	5	4,75	6	6	4,5	5	6,25	5,75	4,75	4,75	5,5
DECCA		5,5	6,75	5,25	5,25	5,75	6,25	5	5,5	5,75	5,75	5	5,5	5,5
DECCA		6,25	6,25	4,75	5,25	5,75	6	4,5	4,75	5,75	6,25	5	6,25	6
DECCA		6,5	6,25	5,5	5,5	6	6,25	3,25	4,25	6	6,25	4,75	6	6,5

DECCA	5	5,75	5	4,5	6	6	4,25	5,25	6,5	6	4,25	5,75	6
DECCA	6,25	6	4,25	5,25	5	6	3	5,25	6,25	5,75	4,25	5,75	5,5
DECCA	6,5	5,75	5,25	6	6	6,25	3,5	5	6,25	5,75	4	5,75	5,75
DECCA	6	6	5,5	5,25	6,25	6,5	3,75	5	6	6	4	6	6
DECCA	6	4,75	5,75	4,5	6	5,75	4	5	5,5	6	4,5	5	6,25
DECCA	6,5	6,5	5,25	5	5,5	6,5	4	5	5,5	5,5	5	6	6,5
DECCA	5,75	5,75	5	5,75	5,5	6,25	3,5	5,5	6	6,25	5	6	5
DECCA	6,5	6,75	5,25	5,5	5,75	6,25	3,5	4,75	6,5	5,5	5,5	5	6,5
DECCA	6	6,25	5	5,75	5,75	5,5	3,75	4,75	6,25	5,75	4,75	6,25	6,25
DECCA	5,5	5,75	4,5	5,25	5,75	6	3,75	4,25	5	6	5,25	6,25	5,5
DECCA	5,75	6,25	5	5	6	6,5	3,5	5	6	6,25	5,5	5	6,5

SUMMARY STATISTICS

Variable	Observations	Min	Max	Mean	S Deviat
NATM	80	3,250	6,500	5,300	0,967
PSCM	80	3,250	6,750	5,219	0,985
PRFM	80	2,750	6,250	5,075	0,753
LFCM	80	2,500	6,750	4,578	1,257
EWM	80	1,250	6,500	4,259	1,549
ISWIDTHM	80	1,250	6,750	4,228	1,531
LOCM	80	3,000	6,500	4,561	0,905
SDISTM	80	3,250	6,500	4,938	0,746
SENVN	80	1,250	6,500	4,438	1,672
RWIDTHM	80	1,250	6,500	4,513	1,626
RSIZEM	80	1,250	5,750	4,053	1,184
RSLEVELM	80	1,500	6,250	4,053	1,441
RENVN	80	1,750	6,500	4,431	1,494

Variable	Categories	Freqs	%
MIC	AB	20	25,000
	DECCA	20	25,000
	ORTF	20	25,000
	XY	20	25,000

10.5 Regression of variable

Regression of variable NATM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	2,100	14,620	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,063	7,397	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs DECCA	0,088	0,609	2,627	0,929	No
DECCA vs XY	2,013	14,010	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	0,975	6,788	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,038	7,223	2,627	< 0,0001	Yes

Tukey's d critical value: 3,715

Analysis of variance (Variable NATM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	58,119	19,373	93,892	< 0,0001
Error	76	15,681	0,206		
Corrected Total	79	73,800			

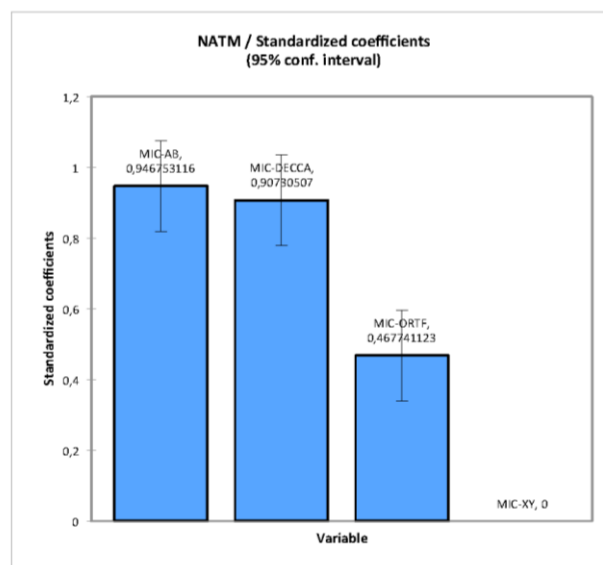
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable NATM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lowbound 95%	Upbound 95%
Intercept	4,013	0,102	39,504	< 0,0001	3,810	4,215
MIC-AB	2,100	0,144	14,620	< 0,0001	1,814	2,386
MIC-DECCA	2,013	0,144	14,010	< 0,0001	1,726	2,299
MIC-ORTF	1,038	0,144	7,223	< 0,0001	0,751	1,324
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable NATM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lowbound 95%	Upbound 95%
MIC-AB	0,947	0,065	14,620	< 0,0001	0,818	1,076
MIC-DECCA	0,907	0,065	14,010	< 0,0001	0,778	1,036
MIC-ORTF	0,468	0,065	7,223	< 0,0001	0,339	0,597
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable PSCM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	1,925	12,446	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,438	9,294	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs DECCA	0,013	0,081	2,627	1,000	No
DECCA vs X'	1,913	12,365	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs O	1,425	9,213	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,488	3,152	2,627	0,012	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable PSCM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	58,491	19,497	81,499	< 0,0001
Error	76	18,181	0,239		
Corrected Total	79	76,672			

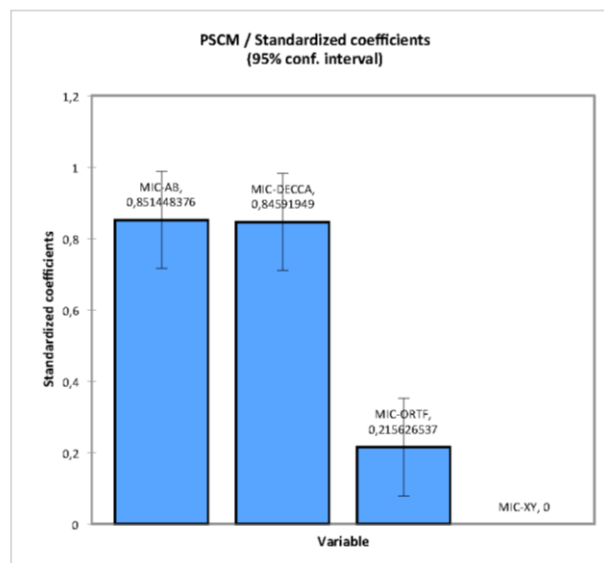
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable PSCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	4,138	0,109	37,831	< 0,0001	3,920	4,355
MIC-AB	1,925	0,155	12,446	< 0,0001	1,617	2,233
MIC-DECCA	1,913	0,155	12,365	< 0,0001	1,604	2,221
MIC-ORTF	0,488	0,155	3,152	0,002	0,179	0,796
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable PSCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,851	0,068	12,446	< 0,0001	0,715	0,988
MIC-DECCA	0,846	0,068	12,365	< 0,0001	0,710	0,982
MIC-ORTF	0,216	0,068	3,152	0,002	0,079	0,352
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable PRFM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	1,513	9,493	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs DECCA	0,625	3,923	2,627	0,001	Yes
AB vs ORTF	0,313	1,961	2,627	0,212	No
ORTF vs XY	1,200	7,531	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs DECA	0,312	1,961	2,627	0,212	No
DECCA vs XY	0,888	5,570	2,627	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable PRFM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	25,506	8,502	33,491	< 0,0001
Error	76	19,294	0,254		
Corrected To	79	44,800			

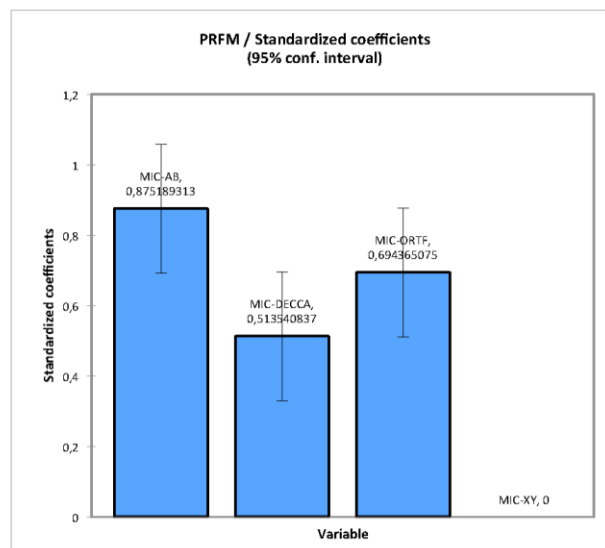
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable PRFM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	4,175	0,113	37,057	< 0,0001	3,951	4,399
MIC-AB	1,513	0,159	9,493	< 0,0001	1,195	1,830
MIC-DECCA	0,888	0,159	5,570	< 0,0001	0,570	1,205
MIC-ORTF	1,200	0,159	7,531	< 0,0001	0,883	1,517
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable PRFM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,875	0,092	9,493	< 0,0001	0,692	1,059
MIC-DECCA	0,514	0,092	5,570	< 0,0001	0,330	0,697
MIC-ORTF	0,694	0,092	7,531	< 0,0001	0,511	0,878
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable LFCM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	2,875	18,622	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	2,350	15,221	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs DECCA	0,813	5,263	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs XY	2,063	13,359	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	1,538	9,959	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,525	3,400	2,627	0,006	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable LFCM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	106,709	35,570	149,224	< 0,0001
Error	76	18,116	0,238		
Corrected Total	79	124,824			

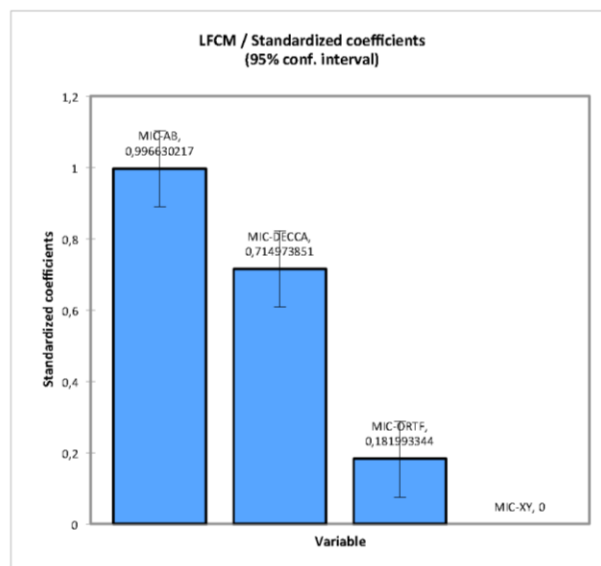
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable LFCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	3,213	0,109	29,426	< 0,0001	2,995	3,430
MIC-AB	2,875	0,154	18,622	< 0,0001	2,568	3,182
MIC-DECCA	2,063	0,154	13,359	< 0,0001	1,755	2,370
MIC-ORTF	0,525	0,154	3,400	0,001	0,218	0,832
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable LFCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,997	0,054	18,622	< 0,0001	0,890	1,103
MIC-DECCA	0,715	0,054	13,359	< 0,0001	0,608	0,822
MIC-ORTF	0,182	0,054	3,400	0,001	0,075	0,289
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable EWM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,863	32,434	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	1,963	16,480	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,537	4,514	2,627	0,000	Yes
AB vs XY	3,325	27,921	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,425	11,966	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,900	15,955	2,627	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable EWM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	178,777	59,592	420,205	< 0,0001
Error	76	10,778	0,142		
Corrected Total	79	189,555			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable EWM):

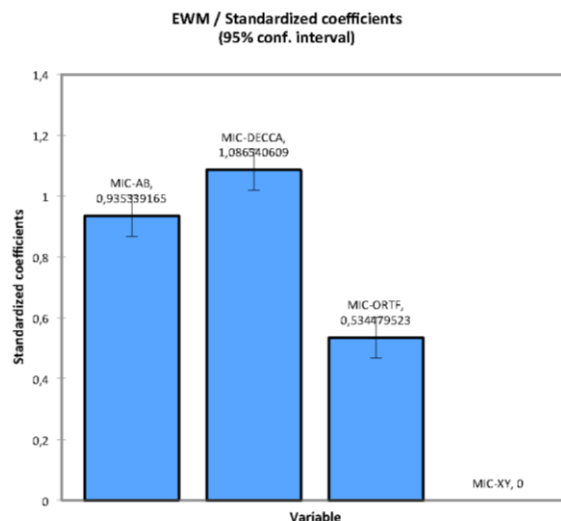
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	1,988	0,084	23,602	< 0,0001	1,820	2,155
MIC-AB	3,325	0,119	27,921	< 0,0001	3,088	3,562
MIC-DECCA	3,863	0,119	32,434	< 0,0001	3,625	4,100
MIC-ORTF	1,900	0,119	15,955	< 0,0001	1,663	2,137
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable EWM):

$$\text{EWM} = 1,9875 + 3,325 * \text{MIC-AB} + 3,8625 * \text{MIC-DECCA} + 1,9 * \text{MIC-ORTF}$$

Standardized coefficients (Variable EWM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,935	0,033	27,921	< 0,0001	0,869	1,002
MIC-DECCA	1,087	0,033	32,434	< 0,0001	1,020	1,153
MIC-ORTF	0,534	0,033	15,955	< 0,0001	0,468	0,601
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable ISWIDTHM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,925	27,187	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	2,525	17,490	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	1,288	8,918	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs XY	2,638	18,269	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,238	8,572	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,400	9,697	2,627	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable ISWIDTHM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	169,434	56,478	270,969	< 0,0001
Error	76	15,841	0,208		
Corrected To	79	185,274			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable ISWIDTHM):

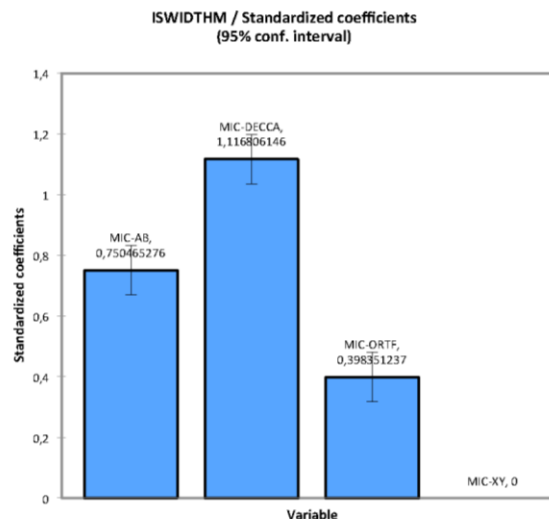
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,238	0,102	21,918	< 0,0001	2,034	2,441
MIC-AB	2,638	0,144	18,269	< 0,0001	2,350	2,925
MIC-DECCA	3,925	0,144	27,187	< 0,0001	3,637	4,213
MIC-ORTF	1,400	0,144	9,697	< 0,0001	1,112	1,688
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable ISWIDTHM):

$$\text{ISWIDTHM} = 2,2375 + 2,6375 * \text{MIC-AB} + 3,925 * \text{MIC-DECCA} + 1,4 * \text{MIC-ORTF}$$

Standardized coefficients (Variable ISWIDTHM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,750	0,041	18,269	< 0,0001	0,669	0,832
MIC-DECCA	1,117	0,041	27,187	< 0,0001	1,035	1,199
MIC-ORTF	0,398	0,041	9,697	< 0,0001	0,317	0,480
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable LOCM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
ORTF vs DECCA	1,563	9,233	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs AB	1,500	8,863	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,142	0,837	2,627	0,837	No
XY vs DECCA	1,421	8,396	2,627	< 0,0001	Yes
XY vs AB	1,358	8,026	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs DECCA	0,063	0,369	2,627	0,983	No
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable LOCM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	42,896	14,299	49,924	< 0,0001
Error	76	21,767	0,286		
Corrected Total	79	64,663			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable LOCM):

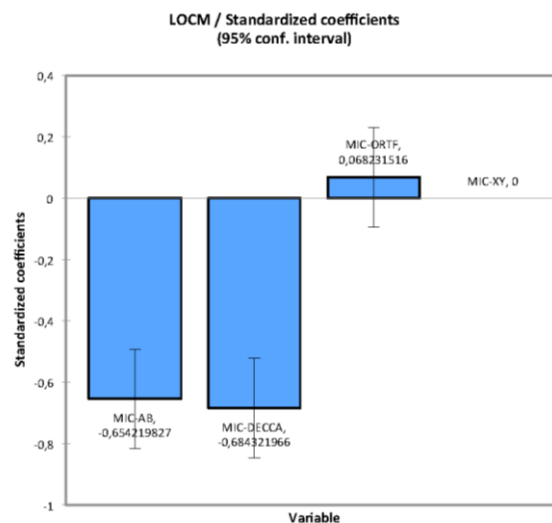
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	5,221	0,120	43,628	< 0,0001	4,982	5,459
MIC-AB	-1,358	0,169	-8,026	< 0,0001	-1,695	-1,021
MIC-DECCA	-1,421	0,169	-8,396	< 0,0001	-1,758	-1,084
MIC-ORTF	0,142	0,169	0,837	0,405	-0,195	0,479
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable LOCM):

$$\text{LOCM} = 5,22083333333333 - 1,35833333333334 * \text{MIC-AB} - 1,42083333333334 * \text{MIC-DECCA} + 0,142083333333333 * \text{MIC-ORTF} + 0,000083333333333 * \text{MIC-XY}$$

Standardized coefficients (Variable LOCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	-0,654	0,082	-8,026	< 0,0001	-0,817	-0,492
MIC-DECCA	-0,684	0,082	-8,396	< 0,0001	-0,847	-0,522
MIC-ORTF	0,068	0,082	0,837	0,405	-0,094	0,231
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable SDISTM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
ORTF vs AB	1,600	10,702	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs DECCA	0,600	4,013	2,627	0,001	Yes
ORTF vs XY	0,500	3,344	2,627	0,007	Yes
XY vs AB	1,100	7,358	2,627	< 0,0001	Yes
XY vs DECCA	0,100	0,669	2,627	0,908	No
DECCA vs AB	1,000	6,689	2,627	< 0,0001	Yes

Tukey's d critical value: 3,715

Analysis of variance (Variable SDISTM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	26,950	8,983	40,190	< 0,0001
Error	76	16,988	0,224		
Corrected Total	79	43,938			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable SDISTM):

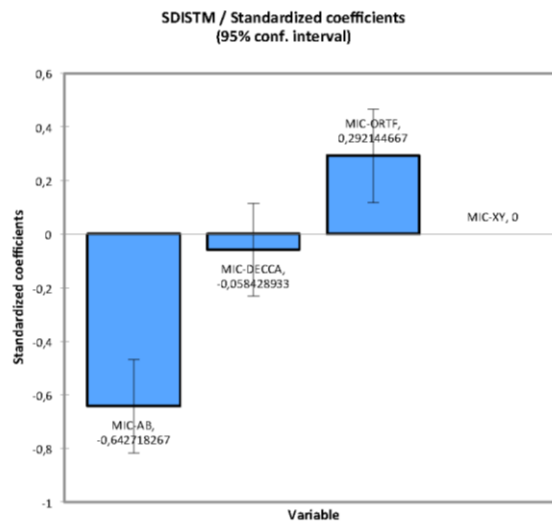
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	5,113	0,106	48,360	< 0,0001	4,902	5,323
MIC-AB	-1,100	0,150	-7,358	< 0,0001	-1,398	-0,802
MIC-DECCA	-0,100	0,150	-0,669	0,506	-0,398	0,198
MIC-ORTF	0,500	0,150	3,344	0,001	0,202	0,798
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable SDISTM):

$$\text{SDISTM} = 5,1125 - 1,1 \cdot \text{MIC-AB} - 0,100000000000003 \cdot \text{MIC-DECCA} + 0,499999999999999 \cdot \text{MIC-ORTF} + 0 \cdot \text{MIC-XY}$$

Standardized coefficients (Variable SDISTM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	-0,643	0,087	-7,358	< 0,0001	-0,817	-0,469
MIC-DECCA	-0,058	0,087	-0,669	0,506	-0,232	0,116
MIC-ORTF	0,292	0,087	3,344	0,001	0,118	0,466
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable SENVM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	4,050	28,798	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	1,763	12,533	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,288	2,044	2,627	0,181	No
AB vs XY	3,763	26,754	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,475	10,488	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	2,288	16,266	2,627	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable SENVM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	205,781	68,594	346,819	< 0,0001
Error	76	15,031	0,198		
Corrected Total	79	220,813			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable SENVM):

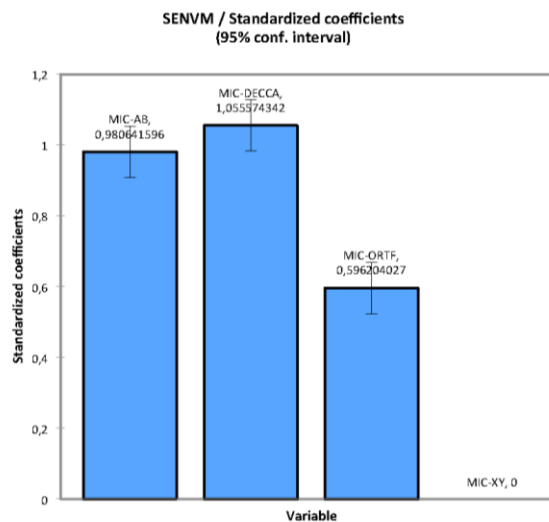
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	1,913	0,099	19,232	< 0,0001	1,714	2,111
MIC-AB	3,763	0,141	26,754	< 0,0001	3,482	4,043
MIC-DECCA	4,050	0,141	28,798	< 0,0001	3,770	4,330
MIC-ORTF	2,288	0,141	16,266	< 0,0001	2,007	2,568
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable SENVM):

$$\text{SENV} = 1,9125 + 3,7625 * \text{MIC-AB} + 4,05 * \text{MIC-DECCA} + 2,2875 * \text{MIC-ORTF}$$

Standardized coefficients (Variable SENVM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,981	0,037	26,754	< 0,0001	0,908	1,054
MIC-DECCA	1,056	0,037	28,798	< 0,0001	0,983	1,129
MIC-ORTF	0,596	0,037	16,266	< 0,0001	0,523	0,669
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RWIDTHM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,975	31,143	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	1,488	11,654	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,287	2,252	2,627	0,119	No
AB vs XY	3,688	28,891	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,200	9,402	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	2,488	19,489	2,627	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable RWIDTHM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	196,606	65,535	402,277	< 0,0001
Error	76	12,381	0,163		
Corrected To	79	208,988			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable RWIDTHM):

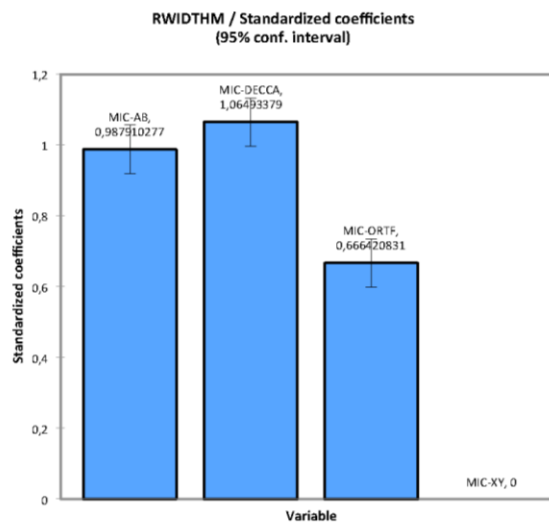
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	1,975	0,090	21,883	< 0,0001	1,795	2,155
MIC-AB	3,688	0,128	28,891	< 0,0001	3,433	3,942
MIC-DECCA	3,975	0,128	31,143	< 0,0001	3,721	4,229
MIC-ORTF	2,488	0,128	19,489	< 0,0001	2,233	2,742
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable RWIDTHM):

$$\text{RWIDTHM} = 1,975 + 3,6875 * \text{MIC-AB} + 3,975 * \text{MIC-DECCA} + 2,4875 * \text{MIC-ORTF}$$

Standardized coefficients (Variable RWIDTHM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,988	0,034	28,891	< 0,0001	0,920	1,056
MIC-DECCA	1,065	0,034	31,143	< 0,0001	0,997	1,133
MIC-ORTF	0,666	0,034	19,489	< 0,0001	0,598	0,735
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RSIZEM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	2,588	15,489	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	0,638	3,816	2,627	0,002	Yes
AB vs DECCA	0,013	0,075	2,627	1,000	No
DECCA vs XY	2,575	15,414	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	0,625	3,741	2,627	0,002	Yes
ORTF vs XY	1,950	11,673	2,627	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable RSIZEM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	89,627	29,876	107,055	< 0,0001
Error	76	21,209	0,279		
Corrected Total	79	110,837			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable RSIZEM):

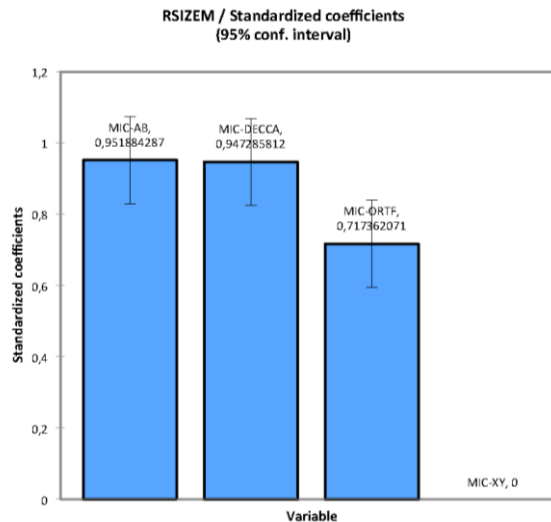
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,275	0,118	19,259	< 0,0001	2,040	2,510
MIC-AB	2,588	0,167	15,489	< 0,0001	2,255	2,920
MIC-DECCA	2,575	0,167	15,414	< 0,0001	2,242	2,908
MIC-ORTF	1,950	0,167	11,673	< 0,0001	1,617	2,283
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable RSIZEM):

$$RSIZEM = 2,275 + 2,5875 * MIC-AB + 2,575 * MIC-DECCA + 1,95 * MIC-ORTF$$

Standardized coefficients (Variable RSIZEM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,952	0,061	15,489	< 0,0001	0,829	1,074
MIC-DECCA	0,947	0,061	15,414	< 0,0001	0,825	1,070
MIC-ORTF	0,717	0,061	11,673	< 0,0001	0,595	0,840
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RSLEVELM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,025	20,310	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	2,900	19,471	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,563	3,777	2,627	0,002	Yes
AB vs XY	2,463	16,533	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	2,338	15,694	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,125	0,839	2,627	0,836	No
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable RSLEVELM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	147,102	49,034	221,040	< 0,0001
Error	76	16,859	0,222		
Corrected To	79	163,962			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable RSLEVELM):

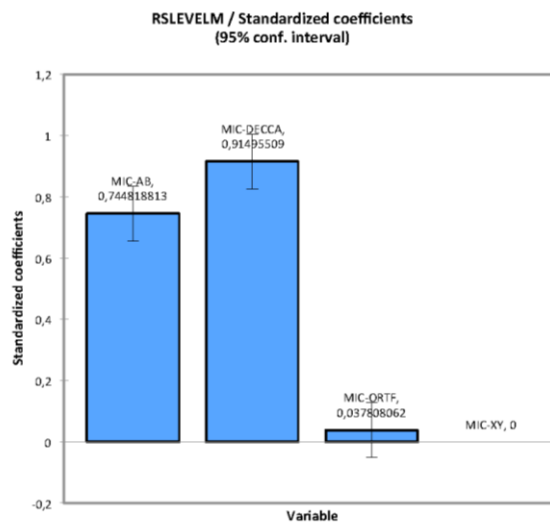
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,650	0,105	25,162	< 0,0001	2,440	2,860
MIC-AB	2,463	0,149	16,533	< 0,0001	2,166	2,759
MIC-DECCA	3,025	0,149	20,310	< 0,0001	2,728	3,322
MIC-ORTF	0,125	0,149	0,839	0,404	-0,172	0,422
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable RSLEVELM):

$$\text{RSLEVELM} = 2,65 + 2,4625 * \text{MIC-AB} + 3,025 * \text{MIC-DECCA} + 0,124999999999999 * \text{MIC-ORTF}$$

Standardized coefficients (Variable RSLEVELM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,745	0,045	16,533	< 0,0001	0,655	0,835
MIC-DECCA	0,915	0,045	20,310	< 0,0001	0,825	1,005
MIC-ORTF	0,038	0,045	0,839	0,404	-0,052	0,128
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RENVM

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,638	25,263	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs OR	2,013	13,977	2,627	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,525	3,646	2,627	0,003	Yes
AB vs XY	3,113	21,617	2,627	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,488	10,331	2,627	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,625	11,286	2,627	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,715		

Analysis of variance (Variable RENVM):

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F
Model	3	160,491	53,497	258,041	< 0,0001
Error	76	15,756	0,207		
Corrected To	79	176,247			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable RENVM):

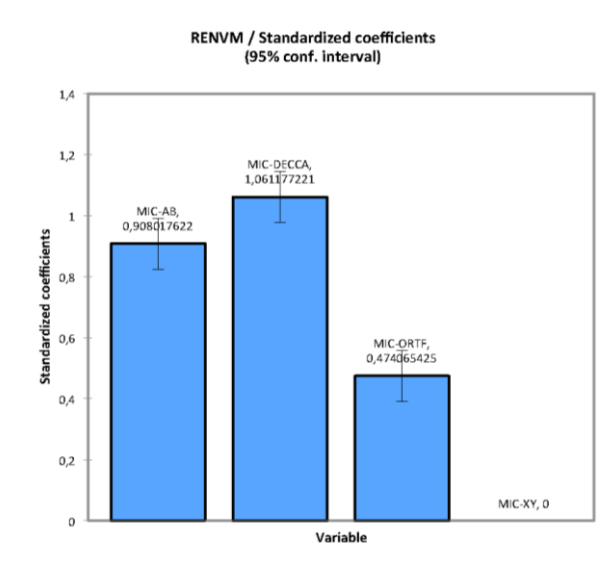
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,338	0,102	22,959	< 0,0001	2,135	2,540
MIC-AB	3,113	0,144	21,617	< 0,0001	2,826	3,399
MIC-DECCA	3,638	0,144	25,263	< 0,0001	3,351	3,924
MIC-ORTF	1,625	0,144	11,286	< 0,0001	1,338	1,912
MIC-XY	0,000	0,000				

Equation of the model (Variable RENVM):

$$\text{RENVM} = 2,3375 + 3,1125 * \text{MIC-AB} + 3,6375 * \text{MIC-DECCA} + 1,625 * \text{MIC-ORTF}$$

Standardized coefficients (Variable RENVM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,908	0,042	21,617	< 0,0001	0,824	0,992
MIC-DECCA	1,061	0,042	25,263	< 0,0001	0,978	1,145
MIC-ORTF	0,474	0,042	11,286	< 0,0001	0,390	0,558
MIC-XY	0,000	0,000				



Summary of all pairwise comparisons for MIC (Tukey (HSD)):

Category	Mean(NATM)	Groups		
AB	6,113	A		
DECCA	6,025	A		
ORTF	5,050		B	
XY	4,013			C

Category	Mean(PSCM)	Groups		
AB	6,063	A		
DECCA	6,050	A		
ORTF	4,625		B	
XY	4,138			C

Category	Mean(PRFM)	Groups		
AB	5,688	A		
ORTF	5,375	A	B	
DECCA	5,063		B	
XY	4,175			C

Category	Mean(LFCM)	Groups			
AB	6,088	A			
DECCA	5,275		B		
ORTF	3,738			C	
XY	3,213				D

Category	Mean(EWM)	Groups			
DECCA	5,850	A			
AB	5,313		B		
ORTF	3,888			C	
XY	1,988				D

Category	Mean(ISWIDTH)	Groups			
DECCA	6,163	A			
AB	4,875		B		
ORTF	3,638			C	
XY	2,238				D

Category	Mean(LOCM)	Groups	
ORTF	5,363	A	
XY	5,221	A	
AB	3,863		B
DECCA	3,800		B

Category	Mean(SDISTM)	Groups	
ORTF	5,613	A	
XY	5,113		B
DECCA	5,013		B
AB	4,013		C

Category	Mean(SENVM)	Groups	
DECCA	5,963	A	
AB	5,675	A	
ORTF	4,200		B
XY	1,913		C

Category	Mean(RWIDTH)	Groups	
DECCA	5,950	A	
AB	5,663	A	
ORTF	4,463		B
XY	1,975		C

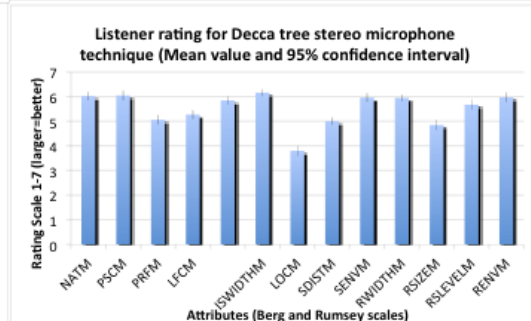
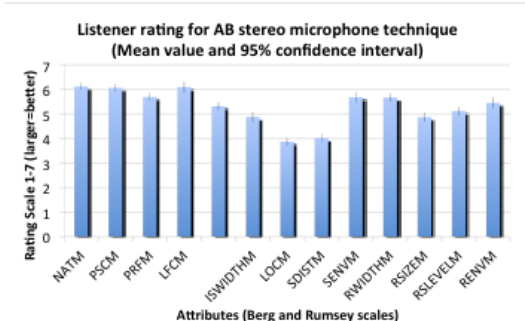
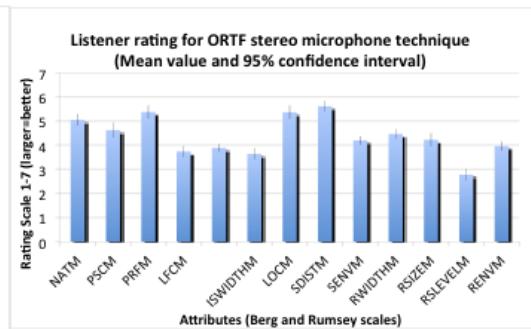
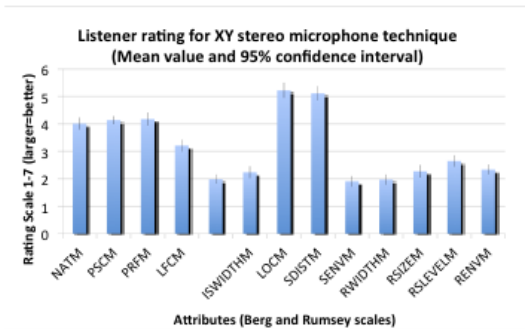
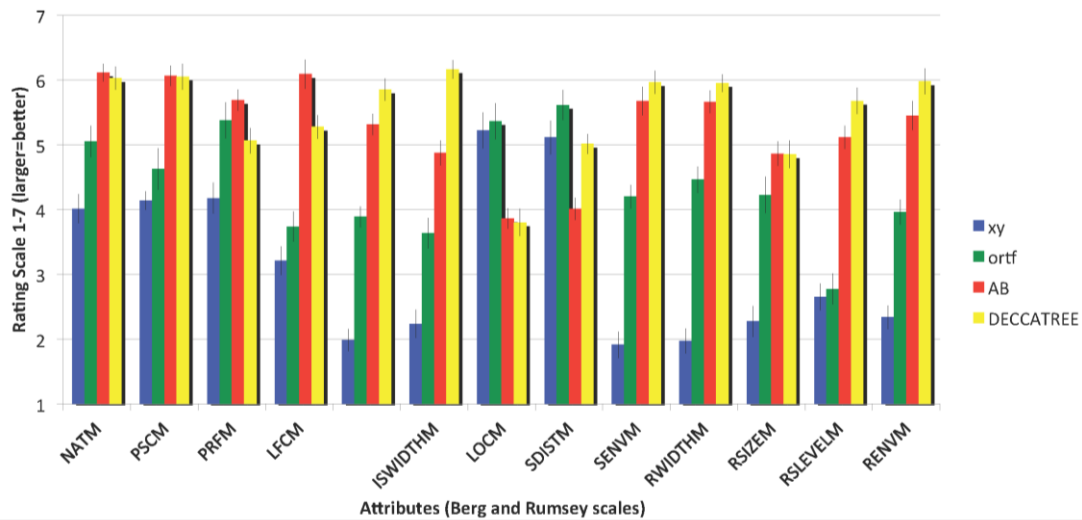
Category	Mean(RSIZEM)	Groups	
AB	4,863	A	
DECCA	4,850	A	
ORTF	4,225		B
XY	2,275		C

Category	Mean(RSLEVEL)	Groups	
DECCA	5,675	A	
AB	5,113		B
ORTF	2,775		C
XY	2,650		C

Category	Mean(RENVM)	Groups		
DECCA	5,975	A		
AB	5,450		B	
ORTF	3,963			C
XY	2,338			D

10.6 Listener rating

Listener rating for various stereo microphone techniques
(Mean value and 95% confidence interval)



10.7 Raw data collection from stereo microphone technique DHAB

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING XY

Microphone	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
Subject	NAT1	NAT2	NAT3	NAT4	NATM	PSC1	PSC2	PSC3	PSC4	PSCM	
1	4	2	3	5	3,5	4	5	3	3	3,75	
2	3	4	4	3	3,5	5	3	4	4	4	
3	4	5	6	4	4,75	3	4	4	4	3,75	
4	3	4	4	3	3,5	4	5	5	5	4,75	
5	5	3	3	4	3,75	3	4	4	4	3,75	
6	3	5	3	4	3,75	5	5	5	4	4,75	
7	4	4	4	3	3,75	6	5	2	4	4,25	
8	4	3	6	5	4,5	5	3	4	4	4	
9	5	5	4	4	4,5	3	6	4	5	4,5	
10	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4	
11	4	4	3	4	3,75	5	5	3	4	4,25	
12	5	6	5	5	5,25	5	3	6	5	4,75	
13	3	4	4	4	3,75	5	4	4	4	4,25	
14	4	4	5	4	4,25	3	4	4	4	3,75	
15	3	2	4	4	3,25	3	3	5	5	4	
16	3	4	5	4	4	3	4	6	4	4,25	
17	4	4	5	4	4,25	4	4	4	4	4	
18	3	5	6	3	4,25	3	5	3	5	4	
19	4	4	5	5	4,5	3	4	6	3	4	
20	4	4	4	2	3,5	5	2	4	5	4	
Average					4,0125						4,1375

NAT= Naturalness (NATM= average)
 PSC = Presence (PSCM = average)
 PRF = Preference (PRFM= average)
 LFC = Low Frequency Content (LFCM=average)
 BW = Ensemble Width (EWM = average)
 ISWIDTH = Individual Source Width (ISWIDTHM = average)
 LOC= Localisation (LOCM = average)
 SDIST = Source Distance (SDISTM = average)
 SENV = Source Envelopment (SENV M = average)
 RWIDTH = Room Width (RWIDTHM = average)
 RSIZE = Room Size (RSIZEM = average)
 RLEVEL = Room Sound Level (RLEVELM = average)
 RENV = Room Envelopment (RENV M = average)

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
PRF1	PRF2	PRF3	PRF4	PRFM	LFC1	LFC2	LFC3	LFC4	LFCM	EW1	
4	5	5	3	4,25	3	2	2	3	2,5	2	
3	5	4	4	4	2	4	2	3	2,75	1	
4	3	4	4	3,75	4	3	3	3	3,25	2	
5	5	4	4	4,5	4	2	4	2	3	3	
6	3	4	5	4,5	5	3	3	4	3,75	2	
4	3	5	5	4,25	3	4	5	2	3,5	2	
5	5	4	5	4,75	2	3	3	3	2,75	2	
4	5	4	4	4,25	2	2	2	4	2,5	3	
4	5	5	5	4,75	3	5	4	4	4	3	
4	4	3	6	4,25	4	4	3	3	3,5	3	
3	4	4	4	3,75	3	3	4	3	3,25	4	
3	3	4	5	3,75	4	4	4	4	4	2	
2	2	3	4	2,75	3	4	3	3	3,25	1	
5	6	4	4	4,75	2	3	4	2	2,75	2	
4	4	5	4	4,25	3	3	3	2	2,75	1	
6	3	6	5	5	3	4	2	2	2,75	1	
4	3	4	5	4	4	3	3	2	3	1	
3	4	4	3	3,5	4	2	4	5	3,75	4	
2	4	5	4	3,75	3	3	2	5	3,25	2	
6	4	4	5	4,75	3	4	5	4	4	3	
				4,175					3,2125		

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	
1	3	1	1,75	1	2	1	3	1,75	4	4	
2	2	1	1,5	3	2	5	3	3,25	5	6	
1	1	1	1,25	1	2	1	1	1,25	5	4	
2	1	2	2	3	2	3	2	2,5	5	4	
2	1	1	1,5	3	3	2	2	2,5	7	5	
1	4	1	2	2	4	1	1	2	7	7	
2	2	1	1,75	3	2	2	2	2,25	6	4	
2	3	2	2,5	1	2	4	3	2,5	5	5	
2	1	2	2	2	2	4	4	3	6	7	
1	2	2	2	3	2	4	2	2,75	6	5	
2	1	3	2,5	3	1	4	2	2,5	3	5	
2	2	1	1,75	2	1	3	3	2,25	4	3	
2	3	2	2	2	2	2	2	2	5	5	
3	1	1	1,75	3	2	3	3	2,75	5	4	
3	4	2	2,5	1	2	3	2	2	5	4	
2	2	2	1,75	2	1	2	2	1,75	7	5	
4	1	2	2	2	2	3	1	2	6	3	
2	2	3	2,75	1	2	2	1	1,5	6	4	
4	2	1	2,25	2	4	1	1	2	6	5	
2	1	3	2,25	3	3	1	2	2,25	5	4	
			1,9875					2,2375			

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	
5	6	4,75	4	6	5	5	5	1	2	2	
6	6	5,75	5	5	4	5	4,75	2	1	2	
7	5	5,25	5	5	4	5	4,75	1	2	2	
4	5	4,5	4	5	7	4	5	2	1	3	
5	6	5,75	3	5	4	4	4	2	1	3	
6	6	6,5	5	4	4	4	4,25	2	1	1	
5	5	5	5	4	6	5	5	1	2	2	
6	6	5,5	5	4	3	5	4,25	3	2	2	
7	5	6,25	5	6	6	6	5,75	3	3	2	
6	7	6	6	5	5	7	5,75	1	1	3	
5	5	4,5	7	5	6	6	6	3	1	2	
7	7	5,25	6	6	5	6	5,75	1	2	3	
6	5	5,25	6	5	6	6	5,75	1	1	3	
3	5	4,25	5	5	6	5	5,25	2	1	2	
5		4,66666667	5	3	6	4	4,5	4	1	5	
4	6	5,5	6	5	6	5	5,5	2	1	1	
4	4	4,25	4	6	6	6	5,5	3	2	2	
5	6	5,25	7	4	5	3	4,75	1	3	2	
5	5	5,25	5	6	5	4	5	1	2	2	
6	5	5	5	5	7	6	5,75	2	1	3	
		5,22083333					5,1125				

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
SENV4	SENVM	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4	
2	1,75	4	2	3	3	3	3	2	2	1	
1	1,5	1	1	2	2	1,5	2	2	3	3	
2	1,75	2	1	3	3	2,25	2	1	3	2	
1	1,75	2	2	1	1	1,5	2	2	2	1	
2	2	1	1	2	1	1,25	3	2	3	3	
1	1,25	3	1	2	3	2,25	1	2	2	2	
2	1,75	2	2	2	1	1,75	3	2	2	1	
3	2,5	2	3	3	2	2,5	2	3	2	3	
2	2,5	2	2	1	3	2	2	2	2	2	
1	1,5	2	2	2	1	1,75	1	2	1	3	
3	2,25	1	3	1	2	1,75	1	2	2	2	
1	1,75	1	2	3	3	2,25	3	2	3	2	
3	2	1	2	2	2	1,75	3	3	5	1	
2	1,75	3	1	1	2	1,75	2	1	1	1	
3	3,25	2	2	3	2	2,25	3	2	2	3	
1	1,25	2	4	3	2	2,75	3	4	3	4	
1	2	1	3	1	2	1,75	1	3	3	2	
2	2	1	3	1	2	1,75	2	4	3	3	
2	1,75	2	1	2	3	2	3	3	2	2	
2	2	2	3	1	1	1,75	3	2	2	2	
	1,9125					1,975					

XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENVM	
2	2	2	2	2	1	1,75	3	3	1	1	2
2,5	2	3	3	3	4	3	2	2	4	2	2,5
2	3	4	4	4	4	3,75	1	1	3	3	2
1,75	2	4	2	3	3	2,75	3	3	2	2	2,5
2,75	3	4	3	2	2	3	1	2	3	2	2
1,75	2	4	3	3	3	3	2	1	3	3	2,25
2	2	3	2	2	2	2,25	2	2	2	1	1,75
2,5	4	3	3	2	2	3	3	5	2	1	2,75
2	3	3	3	2	2	2,75	3	3	2	2	2,5
1,75	3	2	2	2	2	2,25	2	1	3	2	2
1,75	2	4	4	3	3	3,25	3	2	3	1	2,25
2,5	3	2	3	3	3	2,75	2	2	3	3	2,5
3	2	3	3	3	3	2,75	3	2	1	4	2,5
1,25	1	2	3	3	3	2,25	3	2	3	1	2,25
2,5	2	3	2	2	2	2,25	3	1	2	1	1,75
3,5	1	3	5	2	2	2,75	1	2	2	2	1,75
2,25	3	3	1	3	3	2,5	3	2	4	3	3
3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2,75
2,5	3	2	3	1	1	2,25	2	2	3	3	2,5
2,25	2	3	3	3	3	2,75	3	4	4	2	3,25
2,275						2,65					2,3375

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING ORTF

Microphone	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
Subject	NAT1	NAT2	NAT3	NAT4	NATM	PSC1	PSC2	PSC3	PSC4	PSCM	
1	5	4	6	6	5,25	4	6	6	6	5,5	
2	4	5	6	6	5,25	6	5	5	5	5,25	
3	6	4	6	6	5,5	4	7	5	4	5	
4	6	4	7	4	5,25	5	5	6	4	5	
5	4	5	5	5	4,75	5	4	5	5	4,75	
6	5	6	7	6	6	5	6	3	6	5	
7	5	5	5	4	4,75	4	6	6	5	5,25	
8	6	6	5	6	5,75	4	5	5	6	5	
9	5	5	4	5	4,75	5	5	5	4	4,75	
10	4	5	3	5	4,25	4	6	6	7	5,75	
11	5	6	6	7	6	4	4	4	6	4,5	
12	4	3	6	6	4,75	5	4	5	5	4,75	
13	5	6	6	6	5,75	4	6	5	4	4,75	
14	4	5	5	6	5	5	4	3	5	4,25	
15	5	5	3	5	4,5	4	4	4	3	3,75	
16	4	4	4	5	4,25	4	3	4	4	3,75	
17	6	3	5	5	4,75	5	5	6	5	5,25	
18	5	3	5	4	4,25	3	4	3	3	3,25	
19	5	5	6	4	5	4	4	4	2	3,5	
20	4	5	6	6	5,25	3	4	3	4	3,5	
Average					5,05					4,625	

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
PRF1	PRF2	PRF3	PRF4	PRFM	LFC1	LFC2	LFC3	LFC4	LFCM	EW1	
4	5	5	5	4,75	5	4	4	4	4,25	3	
4	6	6	5	5,25	3	4	3	3	3,25	5	
7	6	5	5	5,75	3	4	4	3	3,5	3	
7	4	6	6	5,75	3	5	5	5	4,5	3	
5	6	5	5	5,25	4	4	2	3	3,25	4	
6	7	6	6	6,25	3	2	4	4	3,25	6	
6	7	5	5	5,75	5	5	3	4	4,25	3	
6	6	6	5	5,75	4	4	5	6	4,75	4	
5	6	5	5	5,25	2	3	2	4	2,75	3	
3	6	5	5	4,75	3	3	4	3	3,25	4	
5	4	4	4	4,25	3	4	5	4	4	2	
4	3	4	4	3,75	4	3	4	5	4	5	
6	4	6	6	5,5	4	4	4	5	4,25	3	
6	5	7	7	6,25	6	3	3	3	3,75	3	
7	3	5	6	5,25	4	4	3	2	3,25	4	
7	6	6	5	6	4	3	3	3	3,25	3	
6	5	5	7	5,75	4	5	2	4	3,75	3	
6	5	4	7	5,5	4	4	5	4	4,25	4	
6	5	5	6	5,5	4	4	3	4	3,75	4	
6	6	5	4	5,25	3	3	3	5	3,5	5	
				5,375					3,7375		

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTH	LOC1	LOC2	
4	4	4	3,75	3	5	3	4	3,75	5	5	
3	3	4	3,75	4	4	4	5	4,25	6	6	
3	3	5	3,5	4	5	4	3	4	7	6	
4	4	5	4	3	3	2	4	3	6	6	
5	3	3	3,75	4	5	4	4	4,25	5	6	
4	4	4	4,5	5	4	3	4	4	6	3	
5	5	4	4,25	5	3	2	3	3,25	6	6	
3	4	3	3,5	4	5	4	5	4,5	5	6	
3	5	4	3,75	3	4	4	3	3,5	5	4	
3	5	4	4	4	4	5	4	4,25	4	5	
3	3	5	3,25	3	3	5	5	4	5	5	
2	4	6	4,25	2	3	4	3	3	6	6	
4	4	4	3,75	3	4	4	2	3,25	5	4	
4	5	4	4	4	3	4	3	3,5	6	6	
3	4	3	3,5	2	5	3	2	3	7	5	
3	3	5	3,5	4	4	4	3	3,75	5	3	
4	4	4	3,75	2	3	3	3	2,75	6	5	
5	5	4	4,5	3	4	3	4	3,5	5	6	
5	5	4	4,5	3	2	3	4	3	4	5	
3	4	4	4	4	4	5	4	4,25	6	7	
			3,8875					3,6375			

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3
3	5	4,5	5	5	4	5	4,75	4	4	5
6	7	6,25	5	7	6	6	6	5	5	5
7	6	6,5	5	6	5	5	5,25	3	4	3
4	5	5,25	6	6	6	5	5,75	4	5	4
5	6	5,5	6	5	6	5	5,5	6	5	5
7	7	5,75	6	5	4	6	5,25	5	3	4
5	7	6	5	7	6	6	6	4	5	4
5	6	5,5	6	6	4	7	5,75	5	4	4
4	5	4,5	6	5	6	7	6	3	3	4
4	5	4,5	6	7	5	6	6	5	4	3
3	6	4,75	7	5	6	6	6	5	5	4
7	6	6,25	5	4	5	6	5	5	4	5
6	5	5	7	5	6	6	6	3	5	6
5	6	5,75	5	4	3	5	4,25	5	4	5
5	4	5,25	6	5	6	5	5,5	3	4	3
6	5	4,75	7	6	5	6	6	4	5	3
4	6	5,25	6	6	5	5	5,5	5	4	3
5	5	5,25	7	3	6	6	5,5	4	3	4
4	6	4,75	6	6	6	5	5,75	5	4	3
6	5	6	7	6	7	6	6,5	4	4	4
		5,3625					5,6125			

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
SENV4	SENVM	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4
4	4,25	5	4	3	6	4,5	4	2	3	3
4	4,75	3	4	5	4	4	4	3	4	4
5	3,75	5	7	5	6	5,75	5	6	4	5
5	4,5	4	5	5	5	4,75	5	3	4	4
4	5	4	4	4	5	4,25	4	3	4	4
5	4,25	3	4	4	5	4	5	4	6	5
3	4	5	4	5	6	5	4	4	4	4
6	4,75	3	4	5	3	3,75	4	5	6	5
4	3,5	4	4	5	5	4,5	6	4	6	4
4	4	4	4	5	5	4,5	5	5	5	4
4	4,5	5	4	3	4	4	4	5	3	3
4	4,5	5	5	5	4	4,75	4	4	3	3
4	4,5	4	6	4	5	4,75	3	3	3	5
4	4,5	5	5	4	4	4,5	3	4	5	4
5	3,75	5	4	5	4	4,5	6	4	6	3
4	4	4	6	3	5	4,5	5	4	3	4
4	4	5	5	5	4	4,75	4	5	4	4
4	3,75	3	4	5	5	4,25	4	7	4	6
4	4	5	4	5	4	4,5	5	6	3	4
3	3,75	4	4	4	3	3,75	4	4	3	4
	4,2					4,4625				

ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF	ORTF
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENVM	RENVM
3	3	2	3	2	2,5	3	4	3	4	3,5	
3,75	4	3	4	4	3,75	4	4	4	5	4,25	
5	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3,5	
4	4	3	3	4	3,5	4	5	4	3	4	
3,75	3	3	2	3	2,75	3	4	3	3	3,25	
5	2	3	4	4	3,25	5	3	4	4	4	
4	3	2	3	2	2,5	4	4	5	3	4	
5	4	2	3	2	2,75	4	4	3	4	3,75	
5	3	3	2	2	2,5	5	5	5	4	4,75	
4,75	3	2	3	2	2,5	3	4	3	4	3,5	
3,75	4	3	4	3	3,5	2	4	5	3	3,5	
3,5	3	3	3	3	3	4	4	3	5	4	
3,5	2	4	3	3	3	6	4	3	5	4,5	
4	3	2	3	1	2,25	3	4	3	4	3,5	
4,75	2	2	3	3	2,5	5	4	6	4	4,75	
4	1	2	2	1	1,5	5	5	5	3	4,5	
4,25	3	3	4	3	3,25	3	5	3	4	3,75	
5,25	3	2	5	2	3	4	4	3	5	4	
4,5	2	3	2	3	2,5	3	4	6	4	4,25	
3,75	2	2	3	1	2	4	4	3	5	4	
4,225					2,775					3,9625	

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING AB

Microphone	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Subject	NAT1	NAT2	NAT3	NAT4	NATM	PSC1	PSC2	PSC3	PSC4	PSCM	PSCM
1	6	5	6	6	5,75	7	7	6	6	6,5	
2	6	5	7	6	6	6	7	6	4	5,75	
3	6	6	7	7	6,5	6	4	6	6	5,5	
4	7	5	6	5	5,75	6	5	7	7	6,25	
5	7	5	6	6	6	6	6	6	7	6,25	
6	7	6	6	5	6	6	6	6	6	6	
7	5	6	7	6	6	7	6	5	6	6	
8	5	6	7	7	6,25	6	6	5	6	5,75	
9	7	6	6	6	6,25	6	4	7	6	5,75	
10	7	6	7	6	6,5	5	7	7	5	6	
11	6	7	6	7	6,5	6	6	6	5	5,75	
12	5	6	6	6	5,75	7	7	7	6	6,75	
13	6	7	6	7	6,5	7	7	6	6	6,5	
14	6	7	6	6	6,25	6	7	6	5	6	
15	7	6	4	7	6	6	6	6	5	5,75	
16	7	6	6	6	6,25	6	7	6	6	6,25	
17	6	6	7	7	6,5	7	6	6	7	6,5	
18	5	4	7	6	5,5	5	7	4	6	5,5	
19	6	6	7	6	6,25	6	7	6	6	6,25	
20	6	7	4	6	5,75	7	7	6	5	6,25	
Average					6,1125					6,0625	

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
PRF1	PRF2	PRF3	PRF4	PRFM	LFC1	LFC2	LFC3	LFC4	LFCM	EW1	EW1
5	3	6	6	5	5	4	6	5	5	5	
6	6	5	6	5,75	6	7	5	7	6,25	5	
6	5	5	4	5	6	7	6	7	6,5	6	
6	7	5	6	6	7	7	7	6	6,75	5	
6	5	6	5	5,5	5	6	6	6	5,75	6	
5	7	6	5	5,75	7	6	7	6	6,5	6	
6	6	6	6	6	6	5	7	7	6,25	5	
5	5	5	6	5,25	5	7	4	7	5,75	5	
6	5	6	5	5,5	6	6	5	6	5,75	6	
5	5	6	6	5,5	7	6	5	6	6	4	
6	6	7	5	6	6	7	7	6	6,5	6	
6	5	6	5	5,5	5	6	7	5	5,75	5	
7	6	7	5	6,25	6	7	6	7	6,5	4	
7	6	5	5	5,75	6	4	7	6	5,75	6	
6	6	6	5	5,75	7	7	5	6	6,25	5	
6	7	6	6	6,25	6	7	5	7	6,25	6	
6	4	6	6	5,5	7	7	6	6	6,75	5	
7	6	6	6	6,25	6	6	3	5	5	5	
7	5	5	6	5,75	6	7	6	5	6	6	
5	6	5	6	5,5	7	7	7	5	6,5	4	
				5,6875					6,0875		

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	
5	5	4	4,75	4	5	5	6	5	5	3	
6	4	6	5,25	6	2	6	4	4,75	4	3	
7	5	5	5,75	4	5	3	7	4,75	3	3	
5	6	6	5,5	5	4	6	5	5	3	5	
4	6	5	5,25	4	6	4	6	5	4	5	
6	5	5	5,5	4	6	5	6	5,25	4	4	
5	5	6	5,25	6	5	6	4	5,25	5	4	
7	6	5	5,75	6	5	4	6	5,25	3	5	
5	2	6	4,75	5	4	3	6	4,5	3	4	
5	5	6	5	5	4	5	6	5	2	4	
5	6	5	5,5	5	5	3	4	4,25	3	4	
7	6	5	5,75	7	5	4	5	5,25	5	3	
6	5	6	5,25	6	5	4	6	5,25	4	4	
4	5	4	4,75	5	3	6	5	4,75	3	3	
3	5	6	4,75	6	5	3	5	4,75	3	5	
5	6	5	5,5	4	3	5	4	4	5	4	
7	6	4	5,5	3	6	5	4	4,5	5	6	
6	4	5	5	6	5	6	4	5,25	3	3	
5	7	5	5,75	5	5	3	4	4,25	4	4	
6	6	7	5,75	7	5	6	5	5,75	5	4	
			5,3125					4,875			

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	
4	4	4	5	6	3	4	4,5	5	5	6	
4	5	4	4	4	4	5	4,25	7	6	7	
4	3	3,25	5	4	5	4	4,5	7	7	6	
4	3	3,75	4	3	5	4	4	5	6	5	
3	5	4,25	6	3	5	4	4,5	6	6	6	
4	3	3,75	4	3	5	3	3,75	7	6	6	
5	3	4,25	3	2	4	4	3,25	6	5	6	
6	4	4,5	6	3	4	4	4,25	6	5	6	
3	4	3,5	5	4	5	4	4,5	5	5	5	
5	4	3,75	3	5	3	3	3,5	6	6	6	
5	4	4	4	4	4	5	4,25	5	7	5	
3	5	4	5	4	4	3	4	7	7	6	
5	3	4	5	3	4	4	4	5	6	5	
5	4	3,75	5	4	3	5	4,25	6	6	5	
4	3	3,75	4	3	4	4	3,75	5	4	5	
1	3	3,25	5	3	4	2	3,5	3	6	5	
4	3	4,5	3	4	3	4	3,5	4	6	5	
4	4	3,5	4	4	5	3	4	7	6	7	
4	3	3,75	3	5	2	5	3,75	5	7	6	
3	3	3,75	3	4	6	4	4,25	6	6	6	
		3,8625					4,0125				

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
SENV4	SENVM	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4	
5	5,25	6	6	6	5	5,75	5	4	6	5	
5	6,25	5	7	6	5	5,75	6	5	4	5	
6	6,5	5	5	5	6	5,25	5	5	5	4	
6	5,5	7	5	7	6	6,25	3	5	3	5	
5	5,75	6	6	5	5	5,5	4	5	4	5	
6	6,25	6	6	6	5	5,75	6	5	6	4	
5	5,5	5	5	7	6	5,75	5	5	4	6	
5	5,5	5	7	5	7	6	4	6	4	5	
6	5,25	6	5	6	6	5,75	6	3	6	4	
6	6	6	7	5	6	6	6	5	4	4	
6	5,75	5	7	7	5	6	3	5	4	4	
5	6,25	6	7	6	5	6	3	6	5	4	
6	5,5	5	4	6	5	5	4	4	6	4	
5	5,5	4	6	4	6	5	6	5	6	4	
6	5	6	6	5	6	5,75	5	6	6	4	
6	5	6	7	5	4	5,5	7	5	4	5	
4	4,75	4	6	4	6	5	4	5	5	6	
6	6,5	6	5	4	6	5,25	5	6	6	4	
5	5,75	6	6	6	7	6,25	6	6	5	6	
5	5,75	5	6	5	7	5,75	4	5	6	4	
	5,675					5,6625					

AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENVM	
5	4	6	5	4	4,75	6	7	5	5	5,75	
5	5	5	4	4	4,5	6	5	3	6	5	
4,75	6	3	6	5	5	5	7	5	6	5,75	
4	4	4	5	6	4,75	6	5	6	5	5,5	
4,5	6	5	6	5	5,5	5	7	6	6	6	
5,25	7	4	5	5	5,25	6	5	3	5	4,75	
5	4	6	4	6	5	7	6	5	6	6	
4,75	6	6	3	5	5	7	5	6	5	5,75	
4,75	6	5	5	5	5,25	5	7	5	7	6	
4,75	6	5	6	5	5,5	6	4	5	6	5,25	
4	6	5	6	5	5,5	5	4	6	5	5	
4,5	5	6	6	4	5,25	3	6	7	5	5,25	
4,5	3	5	4	5	4,25	5	5	6	5	5,25	
5,25	5	5	4	6	5	6	7	5	6	6	
5,25	6	7	6	5	6	5	7	5	6	5,75	
5,25	4	6	5	5	5	4	6	5	6	5,25	
5	6	5	6	4	5,25	7	5	6	5	5,75	
5,25	5	5	7	5	5,5	4	6	5	4	4,75	
5,75	4	5	6	6	5,25	6	7	6	5	6	
4,75	4	6	4	5	4,75	4	5	3	5	4,25	
4,8625					5,1125					5,45	

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING DECCA

Microphone	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
Subject	NAT1	NAT2	NAT3	NAT4	NATM	PSC1	PSC2	PSC3	PSC4	PSCM	
1	6	6	6	5	5,75	5	6	7	5	5,75	
2	5	6	7	6	6	7	6	7	6	6,5	
3	5	6	6	7	6	5	6	6	6	5,75	
4	5	7	6	6	6	7	5	7	6	6,25	
5	6	5	7	7	6,25	5	7	6	6	6	
6	6	7	6	7	6,5	7	5	6	6	6	
7	7	4	5	6	5,5	7	6	7	7	6,75	
8	6	6	6	7	6,25	6	7	6	6	6,25	
9	7	6	7	6	6,5	5	6	7	7	6,25	
10	6	5	3	6	5	5	6	6	6	5,75	
11	7	7	6	5	6,25	6	6	7	5	6	
12	7	6	7	6	6,5	6	6	5	6	5,75	
13	6	6	5	7	6	6	7	6	5	6	
14	6	7	6	5	6	4	6	4	5	4,75	
15	6	7	7	6	6,5	6	6	7	7	6,5	
16	5	7	6	5	5,75	5	7	6	5	5,75	
17	6	7	6	7	6,5	7	7	6	7	6,75	
18	6	6	6	6	6	7	7	6	5	6,25	
19	7	3	6	6	5,5	6	4	6	7	5,75	
20	6	7	4	6	5,75	6	7	6	6	6,25	
Average					6,025					6,03947368	

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
PRF1	PRF2	PRF3	PRF4	PRFM	LFC1	LFC2	LFC3	LFC4	LFCM	EW1	
4	4	5	5	4,5	6	6	4	5	5,25	5	
6	5	6	5	5,5	6	6	5	4	5,25	7	
4	6	4	6	5	6	4	6	5	5,25	5	
5	3	5	4	4,25	7	6	5	6	6	6	
5	6	5	7	5,75	6	6	5	4	5,25	7	
4	6	4	6	5	5	5	5	4	4,75	5	
4	6	6	5	5,25	4	6	5	6	5,25	5	
4	5	5	5	4,75	6	6	4	5	5,25	5	
5	6	6	5	5,5	5	6	5	6	5,5	6	
5	5	4	6	5	6	5	4	3	4,5	6	
4	5	3	5	4,25	5	5	5	6	5,25	4	
6	5	6	4	5,25	7	5	6	6	6	6	
6	6	5	5	5,5	4	6	5	6	5,25	7	
5	7	5	6	5,75	6	5	3	4	4,5	5	
4	6	5	6	5,25	5	6	5	4	5	5	
5	5	4	6	5	6	6	6	5	5,75	7	
5	4	6	6	5,25	6	5	5	6	5,5	6	
4	6	4	6	5	6	5	6	6	5,75	6	
6	4	5	3	4,5	4	6	6	5	5,25	6	
5	4	6	5	5	5	5	4	6	5	6	
				5,0625					5,275		

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
EW2	EW3	EW4	EWIM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	
7	6	6	6	6	6	7	7	7	6,75	3	2
6	7	6	6,5	5	7	6	6	6	6	4	5
5	4	6	5	6	7	6	5	6	6	3	3
7	7	5	6,25	7	7	6	7	6,75	3	5	5
5	7	6	6,25	5	7	5	6	5,75	4	3	3
6	7	6	6	4	7	6	7	6	6	3	5
7	5	6	5,75	5	6	7	7	6,25	4	6	6
7	4	7	5,75	7	6	5	6	6	5	5	5
6	7	5	6	6	6	7	6	6,25	3	2	2
6	7	5	6	5	7	6	6	6	6	3	5
6	5	5	5	5	7	6	6	6	6	2	4
6	5	7	6	7	5	6	7	6,25	2	5	5
5	7	6	6,25	6	7	6	7	6,5	4	3	3
7	6	6	6	5	7	6	5	5,75	3	5	5
6	5	6	5,5	6	6	7	7	6,5	4	5	5
4	6	5	5,5	7	6	6	6	6,25	3	2	2
6	6	5	5,75	6	7	6	6	6,25	5	3	3
7	5	5	5,75	5	6	7	4	5,5	3	5	5
6	5	6	5,75	6	7	6	5	6	4	3	3
7	6	5	6	7	6	7	6	6,5	2	4	4
			5,85					6,1625			

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	
5	4	4	3,5	4	6	5	5	5	5	6	6
3	3	3,75	4	6	4	6	5	6	6	6	6
4	4	3,5	5	4	6	6	5,25	6	7	7	7
4	4	4	5	5	7	5	5,5	5	4	7	7
4	3	3,5	4	6	5	6	5,25	6	5	7	7
4	6	4,5	4	6	4	6	5	6	6	7	7
4	6	5	5	6	5	6	5,5	6	6	5	5
4	4	4,5	5	5	5	4	4,75	4	7	6	6
4	4	3,25	4	5	3	5	4,25	7	5	6	6
4	5	4,25	6	4	6	5	5,25	6	7	6	6
3	3	3	5	5	6	5	5,25	5	6	7	7
3	4	3,5	4	5	6	5	5	5	7	6	6
4	4	3,75	5	5	6	4	5	6	6	5	5
4	4	4	4	5	6	5	5	4	7	6	6
4	3	4	4	6	5	5	5	5	6	5	5
4	5	3,5	6	7	5	4	5,5	6	6	7	7
4	2	3,5	3	5	6	5	4,75	6	7	6	6
4	3	3,75	4	6	4	5	4,75	6	6	6	6
5	3	3,75	6	3	4	4	4,25	7	5	3	3
3	5	3,5	5	4	6	5	5	5	6	7	7
		3,8					5,0125				

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
SENV4	SENVIM	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4	
6	5,75	7	7	6	6	6,5	5	6	5	5	5
5	5,75	7	6	7	6	6,5	4	6	4	6	6
6	6,5	5	5	6	7	5,75	4	5	5	5	5
6	5,5	5	6	6	5	5,5	5	7	6	5	5
7	6,25	4	7	7	6	6	3	5	5	6	6
6	6,25	5	6	5	7	5,75	4	6	5	4	4
6	5,75	7	4	7	5	5,75	4	6	4	6	6
6	5,75	6	6	6	7	6,25	5	6	5	4	4
6	6	6	7	6	6	6,25	5	5	4	5	5
7	6,5	5	7	6	6	6	4	5	5	3	3
7	6,25	6	6	5	6	5,75	3	4	5	5	5
7	6,25	5	7	4	7	5,75	4	5	3	4	4
7	6	6	7	6	5	6	4	5	3	4	4
5	5,5	5	7	6	6	6	4	4	5	5	5
6	5,5	6	7	3	6	5,5	4	6	5	5	5
5	6	7	7	6	5	6,25	6	5	5	4	4
7	6,5	5	7	6	4	5,5	6	5	6	5	5
7	6,25	6	6	5	6	5,75	5	5	5	4	4
5	5	6	7	6	5	6	6	5	5	5	5
6	6	7	6	5	7	6,25	6	5	6	5	5
	5,9625					5,95					

DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA	DECCA
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENVM	
5,25	5	6	6	5	5,5	6	6	7	7	6,5	
5	5	7	3	6	5,25	5	7	6	7	6,25	
4,75	6	5	6	6	5,75	6	6	5	6	5,75	
5,75	6	7	5	6	6	7	6	7	5	6,25	
4,75	4	6	6	7	5,75	5	5	6	6	5,5	
4,75	4	3	6	6	4,75	6	3	7	6	5,5	
5	5	6	6	5	5,5	5	6	5	6	5,5	
5	5	7	6	7	6,25	6	6	6	6	6	
4,75	5	7	6	6	6	6	7	7	6	6,5	
4,25	6	5	6	6	5,75	6	6	5	7	6	
4,25	5	6	7	5	5,75	5	6	6	5	5,5	
4	6	4	6	7	5,75	5	6	6	6	5,75	
4	5	6	7	6	6	6	7	5	6	6	
4,5	5	3	6	6	5	6	6	7	6	6,25	
5	5	6	7	6	6	6	7	6	7	6,5	
5	5	7	6	6	6	6	3	6	5	5	
5,5	6	6	3	5	5	6	7	6	7	6,5	
4,75	6	7	6	6	6,25	6	7	6	6	6,25	
5,25	5	7	6	7	6,25	5	7	4	6	5,5	
5,5	5	3	6	6	5	7	6	6	7	6,5	
4,85					5,675					5,975	

RAW DATA MICROPHONE POSITIONING DHABC

Microphone	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC
Subject	NAT2	NAT3	NAT4	NATM	PSC1	PSC2	PSC3	PSC4	PSCM		
1	5	6	7	7	6,25	6	7	6	6	6,25	
2	6	7	7	5	6,25	6	6	6	7	6,25	
3	5	5	5	6	5,25	7	5	7	5	6	
4	5	6	6	5	5,5	5	7	7	5	6	
5	7	7	6	6	6,5	5	7	7	6	6,25	
6	7	6	5	7	6,25	7	6	5	5	5,75	
7	5	5	7	6	5,75	7	5	7	6	6,25	
8	4	6	6	7	5,75	6	6	5	7	6	
9	7	6	7	5	6,25	6	7	6	7	6,5	
10	6		5	6	5,66666667	7	5	7	5	6	
11	4	7	7	7	6,25	6	6	6	6	6	
12	5	7	6	6	6	5	7	6	5	5,75	
13	5	7	6	5	5,75	7	7	6	6	6,5	
14	7	7	5	6	6,25	5	5	5	5	5	
15	7	6	6	7	6,5	5	5	6	6	5,5	
16	6	7	7	6	6,5	6	7	6	7	6,5	
17	5	6	7	6	6	5	5	7	5	5,5	
18	7	5	4	5	5,25	7	6	6	6	6,25	
19	7	5	6	7	6,25	7	5	5	6	5,75	
20	6	7	5	6	6	5	6	7	7	6,25	
Average					6,00833333					6	

DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC
PRF1	PRF2	PRF3	PRF4	PRFM	LFC1	LFC2	LFC3	LFC4	LFCM	EW1
6	6	4	7	5,75	5	5	7	3	5	6
5	6	5	6	5,5	6	6	5	6	5,75	6
5	5	6	6	5,5	5	5	6	4	5	6
4	4	5	5	4,5	4	5	5	5	4,75	5
6	7	4	5	5,5	5	6	7	5	5,75	7
4	5	5	6	5	5	6	6	5	5,5	7
5	5	6	4	5	3	7	4	4	4,5	6
4	6	4	5	4,75	7	5	5	5	5,5	4
5	6	5	4	5	7	5	3	5	5	5
5	6	6	3	5	5	6	4	4	4,75	5
4	4	5	6	4,75	6	6	4	3	4,75	6
6	6	3	6	5,25	5	7	5	6	5,75	4
6	5	4	4	4,75	6	4	5	7	5,5	5
5	6	4	5	5	5	5	4	5	4,75	7
4	6	6	5	5,25	6	4	6	4	5	6
5	7	3	6	5,25	7	7	4	3	5,25	5
5	5	4	7	5,25	5	6	6	5	5,5	6
4	4	5	4	4,25	5	6	5	5	5,25	6
6	4	6	5	5,25	3	5	6	6	5	7
5	3	5	4	4,25	6	7	5	7	6,25	5
				5,0375					5,225	

DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC
EW2	EW3	EW4	EWM	ISWIDTH1	ISWIDTH2	ISWIDTH3	ISWIDTH4	ISWIDTHM	LOC1	LOC2	
6	5	7	6	7	6	6	7	6,5	5	4	
5	5	5	5,25	7	7	7	7	7	5	5	
6	5	5	5,5	6	6	7	6	6,25	3	4	
7	6	6	6	5	7	7	6	6,25	5	5	
5	6	5	5,75	6	6	4	7	5,75	4	3	
5	5	7	6	6	7	5	6	6	4	4	
6	7	6	6,25	5	7	6	4	5,5	5	5	
6	7	5	5,5	4	6	6	5	5,25	6	6	
5	6	6	5,5	5	7	6	6	6	4	4	
7	7	6	6,25	4	6	4	7	5,25	4	4	
5	5	5	5,25	4	6	6	7	5,75	5	3	
5	6	6	5,25	5	4	5	7	5,25	4	4	
6	5	7	5,75	5	6	5	6	5,5	5	5	
6	7	5	6,25	4	6	7	7	6	4	4	
7	6	7	6,5	5	5	6	6	5,5	4	4	
5	6	6	5,5	6	5	5	7	5,75	3	3	
6	5	6	5,75	7	6	7	7	6,75	4	5	
5	4	4	4,75	7	4	6	7	6	5	4	
7	7	7	7	4	5	5	6	5	4	3	
6	6	6	5,75	6	5	6	6	5,75	2	3	
			5,7875					5,85			

DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC
LOC3	LOC4	LOCM	SDIST1	SDIST2	SDIST3	SDIST4	SDISTM	SENV1	SENV2	SENV3	
6	5	5	5	6	6	6	5,75	6	7	5	
6	5	5,25	5	5	6	5	5,25	7	6	5	
7	5	4,75	4	5	5	5	4,75	6	4	4	
5	6	5,25	6	6	5	7	6	5	6	6	
6	5	4,5	6	5	6	6	5,75	6	5	6	
6	6	5	5	5	5	5	5	7	6	7	
4	6	5	6	5	6	5	5,5	7	7	7	
3	3	4,5	6	4	5	5	5	5	7	7	
4	5	4,25	5	4	4	5	4,5	6	6	7	
3	6	4,25	4	6	5	6	5,25	6	5	6	
4	4	4	6	5	5	6	5,5	4	6	4	
5	4	4,25	6	4	7	6	5,75	7	6	5	
4	5	4,75	5	6	6	5	5,5	6	7	7	
5	4	4,25	5	6	5	5	5,25	5	5	4	
4	4	4	5	5	4	7	5,25	6	6	5	
3	4	3,25	6	6	5	4	5,25	6	7	6	
5	4	4,5	5	5	6	5	5,25	5	7	6	
5	4	4,5	5	5	5	6	5,25	4	5	5	
3	4	3,5	7	4	6	4	5,25	6	4	5	
5	5	3,75	6	5	5	5	5,25	7	5	6	
		4,425					5,3125				

DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC
SENV4	SENVM	RWIDTH1	RWIDTH2	RWIDTH3	RWIDTH4	RWIDTHM	RSIZE1	RSIZE2	RSIZE3	RSIZE4	
7	6,25	6	6	5	7	6	4	5	6	4	
7	6,25	6	7	7	7	6,75	6	5	5	5	
7	5,25	7	7	7	6	6,75	6	5	4	4	
4	5,25	6	7	7	4	6	5	4	7	4	
5	5,5	5	6	6	5	5,5	5	6	6	4	
6	6,5	6	5	6	6	5,75	7	6	4	5	
7	7	6	6	7	6	6,25	7	7	5	4	
5	6	7	7	5	6	6,25	6	7	5	3	
6	6,25	5	7	5	5	5,5	8	5	5	4	
7	6	6	7	6	7	6,5	4	6	4	3	
7	5,25	6	7	6	7	6,5	4	5	3	6	
7	6,25	5	6	6	6	5,75	3	4	5	5	
5	6,25	7	6	6	6	6,25	5	4	4	4	
6	5	6	7	5	5	5,75	5	5	4	5	
6	5,75	6	6	6	7	6,25	4	7	5	5	
6	6,25	5	5	6	6	5,5	4	6	6	6	
6	6	7	7	4	6	6	5	6	5	5	
6	5	7	6	6	5	6	5	4	4	3	
7	5,5	6	6	5	6	5,75	4	5	5	4	
7	6,25	7	5	4	6	5,5	7	6	6	4	
	5,8875					6,025					

DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC	DHABC
RSIZEM	RSLEVEL1	RSLEVEL2	RSLEVEL3	RSLEVEL4	RSLEVELM	RENV1	RENV2	RENV3	RENV4	RENVM
4,75	6	5	5	5	5,25	5	6	6	6	5,75
5,25	6	5	4	7	5,5	7	6	7	6	6,5
4,75	5	4	4	7	5	7	5	7	6	6,25
5	6	5	5	6	5,5	6	5	6	5	5,5
5,25	6	6	4	5	5,25	6	6	5	6	5,75
5,5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	6,5
5,75	6	4	4	6	5	6	5	6	7	6
5,25	4	5	5	7	5,25	7	6	4	6	5,75
5,5	5	5	6	5	5,25	6	5	5	5	5,25
4,25	5	5	7	4	5,25	7	5	5	6	5,75
4,5	6	4	4	6	5	5	6	6	6	5,75
4,25	5	5	5	5	5	5	7	5	7	6
4,25	6	6	5	6	5,75	6	5	6	7	6
4,75	5	6	6	7	6	5	6	7	5	5,75
5,25	6	5	5	7	5,75	4	6	6	6	5,5
5,5	5	4	5	6	5	7	5	5	5	5,5
5,25	5	5	4	6	5	7	7	7	6	6,75
4	5	5	5	5	5	6	7	6	7	6,5
4,5	6	4	5	6	5,25	6	6	5	7	6
5,75	6	5	5	5	5,25	5	6	5	6	5,5
4,9625					5,2625					5,9125

10.8 Summary data for microphone technique DHAB

SUMMARY DATA MICROPHONE POSITIONING DHAB

Microphone Subject	DHABC NATM	DHABC PSCM	DHABC PRFM	DHABC LFCM	DHABC EWM	DHABC ISWIDTHM	DHABC LOCM	DHABC SDISTM	DHABC SENVM	DHABC RWIDTHM	DHABC RSIZEM	DHABC RSLEVELM	DHABC RENVM
1	6,25	6,25	5,75	5	6	6,5	5	5,75	6,25	6	4,75	5,25	5,75
2	6,25	6,25	5,5	5,75	5,25	7	5,25	5,25	6,25	6,75	5,25	5,5	6,5
3	5,25	6	5,5	5	5,5	6,25	4,75	4,75	5,25	6,75	4,75	5	6,25
4	5,5	6	4,5	4,75	6	6,25	5,25	6	5,25	6	5	5,5	5,5
5	6,5	6,25	5,5	5,75	5,75	5,75	4,5	5,75	5,5	5,5	5,25	5,25	5,75
6	6,25	5,75	5	5,5	6	6	5	5	6,5	5,75	5,5	5	6,5
7	5,75	6,25	5	4,5	6,25	5,5	5	5,5	7	6,25	5,75	5	6
8	5,75	6	4,75	5,5	5,5	5,25	4,5	5	6	6,25	5,25	5,25	5,75
9	6,25	6,5	5	5	5,5	6	4,25	4,5	6,25	5,5	5,5	5,25	5,25
10	5,66666667	6	5	4,75	6,25	5,25	4,25	5,25	6	6,5	4,25	5,25	5,75
11	6,25	6	4,75	4,75	5,25	5,75	4	5,5	5,25	6,5	4,5	5	5,75
12	6	5,75	5,25	5,75	5,25	5,25	4,25	5,75	6,25	5,75	4,25	5	6
13	5,75	6,5	4,75	5,5	5,75	5,5	4,75	5,5	6,25	6,25	4,25	5,75	6
14	6,25	5	5	4,75	6,25	6	4,25	5,25	5	5,75	4,75	6	5,75
15	6,5	5,5	5,25	5	6,5	5,5	4	5,25	5,75	6,25	5,25	5,75	5,5
16	6,5	6,5	5,25	5,25	5,5	5,75	3,25	5,25	6,25	5,5	5,5	5	5,5
17	6	5,5	5,25	5,5	5,75	6,75	4,5	5,25	6	6	5,25	5	6,75
18	5,25	6,25	4,25	5,25	4,75	6	4,5	5,25	5	6	4	5	6,5
19	6,25	5,75	5,25	5	7	5	3,5	5,25	5,5	5,75	4,5	5,25	6
20	6	6,25	4,25	6,25	5,75	5,75	3,75	5,25	6,25	5,5	5,75	5,25	5,5
Average	6,00833333	6	5,0375	5,225	5,7875	5,85	4,425	5,3125	5,8875	6,025	4,9625	5,2625	5,9125

10.9 Regression of variables for all microphone techniques

Summary statistics:

Variable	Observations	. with missing	without missing	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
NATM	100	0	100	3,250	6,500	5,443	0,925
PSCM	100	0	100	3,250	6,750	5,378	0,951
PRFM	100	0	100	2,750	6,250	5,068	0,696
LFCM	100	0	100	2,500	6,750	4,708	1,169
EWM	100	0	100	1,250	7,000	4,565	1,531
ISWIDTHM	100	0	100	1,250	7,000	4,553	1,533
LOCM	100	0	100	3,000	6,500	4,534	0,845
SDISTM	100	0	100	3,250	6,500	5,013	0,700
SENVM	100	0	100	1,250	7,000	4,728	1,621
RWIDTHM	100	0	100	1,250	6,750	4,815	1,585
RSIZEM	100	0	100	1,250	5,750	4,235	1,144
RSLEVELM	100	0	100	1,500	6,250	4,295	1,382
RENVM	100	0	100	1,750	6,750	4,728	1,472

Variable	Categories	Frequencies	%
MIC	AB	20	20,000
	DECCA	20	20,000
	DHAB	20	20,000
	ORTF	20	20,000
	XY	20	20,000

Correlation matrix:

Variables	NATM	PSCM	PRFM	LFCM	EWM	ISWIDTHM	LOCM	SDISTM	SENVM	RWIDTHM	RSIZEM	RSLEVELM	RENVM
NATM	1,000	0,780	0,508	0,816	0,841	0,790	-0,584	-0,273	0,855	0,824	0,767	0,796	0,835
PSCM	0,780	1,000	0,364	0,803	0,802	0,809	-0,587	-0,333	0,814	0,797	0,696	0,830	0,799
PRFM	0,508	0,364	1,000	0,449	0,493	0,378	-0,236	-0,275	0,521	0,545	0,543	0,278	0,449
LFCM	0,816	0,803	0,449	1,000	0,783	0,717	-0,648	-0,487	0,791	0,751	0,679	0,811	0,778
EWM	0,841	0,802	0,493	0,783	1,000	0,892	-0,609	-0,201	0,931	0,931	0,841	0,838	0,923
ISWIDTHM	0,790	0,809	0,378	0,717	0,892	1,000	-0,564	-0,111	0,886	0,865	0,772	0,849	0,895
LOCM	-0,584	-0,587	-0,236	-0,648	-0,609	-0,564	1,000	0,386	-0,607	-0,549	-0,470	-0,678	-0,613
SDISTM	-0,273	-0,333	-0,275	-0,487	-0,201	-0,111	0,386	1,000	-0,213	-0,198	-0,183	-0,350	-0,193
SENVM	0,855	0,814	0,521	0,791	0,931	0,886	-0,607	-0,213	1,000	0,921	0,835	0,814	0,894
RWIDTHM	0,824	0,797	0,545	0,751	0,931	0,865	-0,549	-0,198	0,921	1,000	0,850	0,797	0,911
RSIZEM	0,767	0,696	0,543	0,679	0,841	0,772	-0,470	-0,183	0,835	0,850	1,000	0,677	0,825
RSLEVELM	0,796	0,830	0,278	0,811	0,838	0,849	-0,678	-0,350	0,814	0,797	0,677	1,000	0,843
RENVM	0,835	0,799	0,449	0,778	0,923	0,895	-0,613	-0,193	0,894	0,911	0,825	0,843	1,000

Regression of variable NATM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	2,100	15,052	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,063	7,616	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs DHAB	0,100	0,717	2,781	0,952	No
AB vs DECCA	0,088	0,627	2,781	0,970	No
DECCA vs XY	2,013	14,425	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	0,975	6,989	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs DHAB	0,013	0,090	2,781	1,000	No
DHAB vs XY	2,000	14,336	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	0,963	6,899	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,038	7,437	2,781	< 0,0001	Yes

Tukey's d critical value: 3,933

Analysis of variance (Variable NATM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	66,241	16,560	85,083	< 0,0001
Error	95	18,491	0,195		
Corrected Tot	99	84,732			

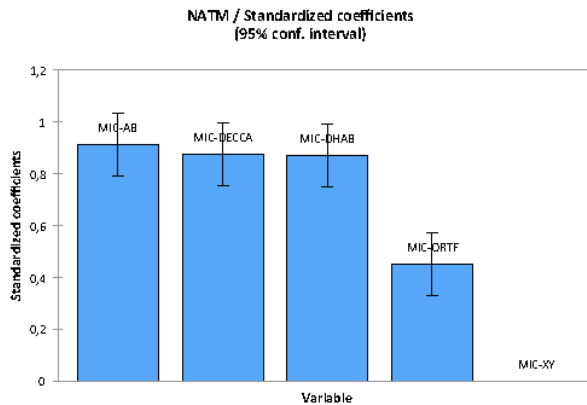
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable NATM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	4,013	0,099	40,674	< 0,0001	3,817	4,208
MIC-AB	2,100	0,140	15,052	< 0,0001	1,823	2,377
MIC-DECCA	2,013	0,140	14,425	< 0,0001	1,736	2,289
MIC-DHAB	2,000	0,140	14,336	< 0,0001	1,723	2,277
MIC-ORTF	1,038	0,140	7,437	< 0,0001	0,761	1,314
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable NATM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,913	0,061	15,052	< 0,0001	0,792	1,033
MIC-DECCA	0,875	0,061	14,425	< 0,0001	0,754	0,995
MIC-DHAB	0,869	0,061	14,336	< 0,0001	0,749	0,989
MIC-ORTF	0,451	0,061	7,437	< 0,0001	0,330	0,571
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable PSCM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	1,925	12,950	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,438	9,671	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs DHAB	0,050	0,336	2,781	0,997	No
AB vs DECCA	0,012	0,084	2,781	1,000	No
DECCA vs XY	1,913	12,866	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	1,425	9,587	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs DHAB	0,038	0,252	2,781	0,999	No
DHAB vs XY	1,875	12,614	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	1,388	9,334	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,488	3,280	2,781	0,012	Yes

Tukey's d critical value: 3,933

Analysis of variance (Variable PSCM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	68,571	17,143	77,585	< 0,0001
Error	95	20,991	0,221		
Corrected Tot	99	89,562			

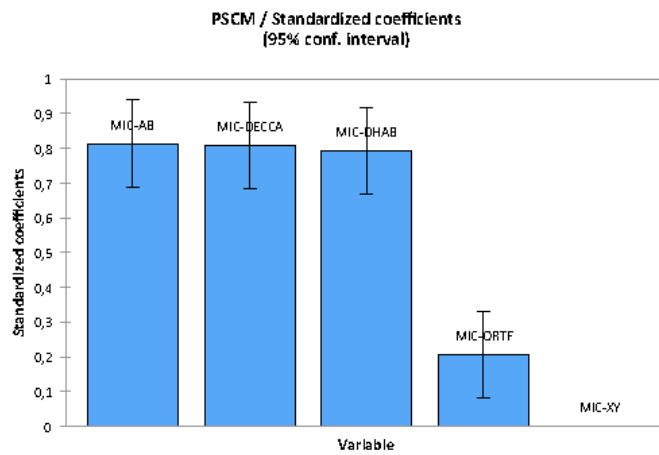
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable PSCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	4,138	0,105	39,364	< 0,0001	3,929	4,346
MIC-AB	1,925	0,149	12,950	< 0,0001	1,630	2,220
MIC-DECCA	1,913	0,149	12,866	< 0,0001	1,617	2,208
MIC-DHAB	1,875	0,149	12,614	< 0,0001	1,580	2,170
MIC-ORTF	0,488	0,149	3,280	0,001	0,192	0,783
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable PSCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,814	0,063	12,950	< 0,0001	0,689	0,938
MIC-DECCA	0,808	0,063	12,866	< 0,0001	0,684	0,933
MIC-DHAB	0,793	0,063	12,614	< 0,0001	0,668	0,917
MIC-ORTF	0,206	0,063	3,280	0,001	0,081	0,331
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable PRFM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized differ	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	1,513	9,838	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs DHAB	0,650	4,228	2,781	0,001	Yes
AB vs DECCA	0,625	4,065	2,781	0,001	Yes
AB vs ORTF	0,313	2,033	2,781	0,259	No
ORTF vs XY	1,200	7,806	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs DHAB	0,338	2,195	2,781	0,190	No
ORTF vs DECC	0,313	2,033	2,781	0,259	No
DECCA vs XY	0,888	5,773	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs DHAB	0,025	0,163	2,781	1,000	No
DHAB vs XY	0,863	5,610	2,781	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable PRFM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	25,529	6,382	27,003	< 0,0001
Error	95	22,453	0,236		
Corrected Tot	99	47,982			

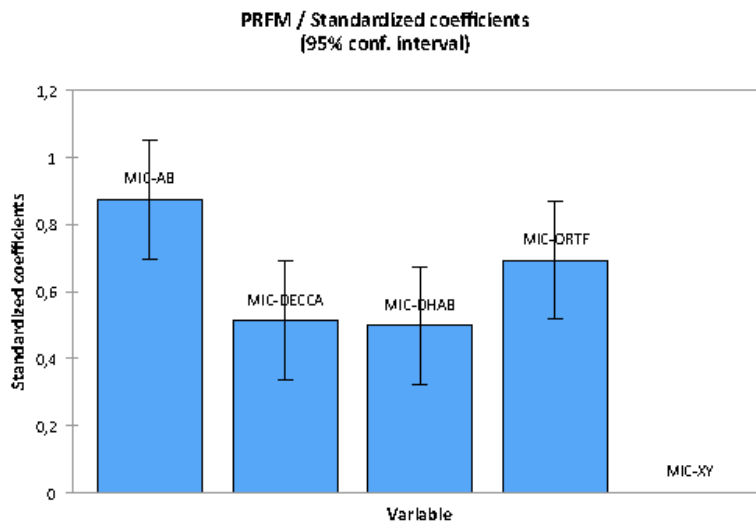
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable PRFM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	4,175	0,109	38,406	< 0,0001	3,959	4,391
MIC-AB	1,513	0,154	9,838	< 0,0001	1,207	1,818
MIC-DECCA	0,888	0,154	5,773	< 0,0001	0,582	1,193
MIC-DHAB	0,863	0,154	5,610	< 0,0001	0,557	1,168
MIC-ORTF	1,200	0,154	7,806	< 0,0001	0,895	1,505
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable PRFM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,873	0,089	9,838	< 0,0001	0,697	1,050
MIC-DECCA	0,512	0,089	5,773	< 0,0001	0,336	0,689
MIC-DHAB	0,498	0,089	5,610	< 0,0001	0,322	0,674
MIC-ORTF	0,693	0,089	7,806	< 0,0001	0,517	0,869
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable LFCM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
AB vs XY	2,875	18,902	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	2,350	15,450	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs DHAB	0,862	5,671	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs DECCA	0,813	5,342	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs XY	2,063	13,560	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	1,538	10,108	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs DHA	0,050	0,329	2,781	0,997	No
DHAB vs XY	2,013	13,231	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	1,488	9,780	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,525	3,452	2,781	0,007	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable LFCM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	113,404	28,351	122,546	< 0,0001
Error	95	21,978	0,231		
Corrected Tot	99	135,382			

Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable LFCM):

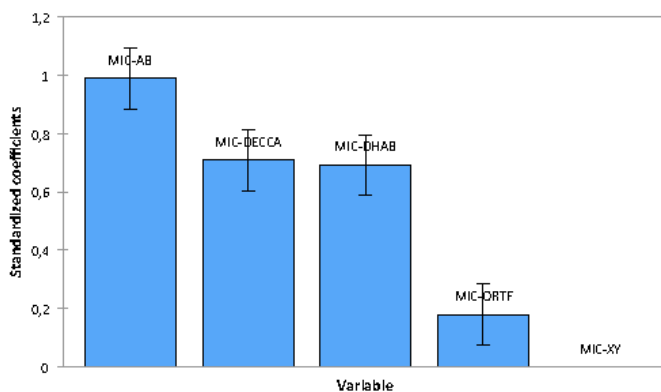
Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	3,213	0,108	29,869	< 0,0001	2,999	3,426
MIC-AB	2,875	0,152	18,902	< 0,0001	2,573	3,177
MIC-DECCA	2,063	0,152	13,560	< 0,0001	1,761	2,364
MIC-DHAB	2,013	0,152	13,231	< 0,0001	1,711	2,314
MIC-ORTF	0,525	0,152	3,452	0,001	0,223	0,827

MIC-XY	0,000	0,000
--------	-------	-------

Standardized coefficients (Variable LFCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,988	0,052	18,902	< 0,0001	0,885	1,092
MIC-DECCA	0,709	0,052	13,560	< 0,0001	0,605	0,813
MIC-DHAB	0,692	0,052	13,231	< 0,0001	0,588	0,796
MIC-ORTF	0,180	0,052	3,452	0,001	0,077	0,284
MIC-XY	0,000	0,000				

LFCM / Standardized coefficients
(95% conf. interval)



Regression of variable EWM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized differ	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,863	29,938	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	1,963	15,211	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,538	4,166	2,781	0,001	Yes
DECCA vs DHAB	0,063	0,484	2,781	0,989	No
DHAB vs XY	3,800	29,454	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	1,900	14,727	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs AB	0,475	3,682	2,781	0,003	Yes
AB vs XY	3,325	25,772	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,425	11,045	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,900	14,727	2,781	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable EWM):

Source	DF	Sum of square	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	216,140	54,035	324,637	< 0,0001
Error	95	15,813	0,166		
Corrected Tot	99	231,953			

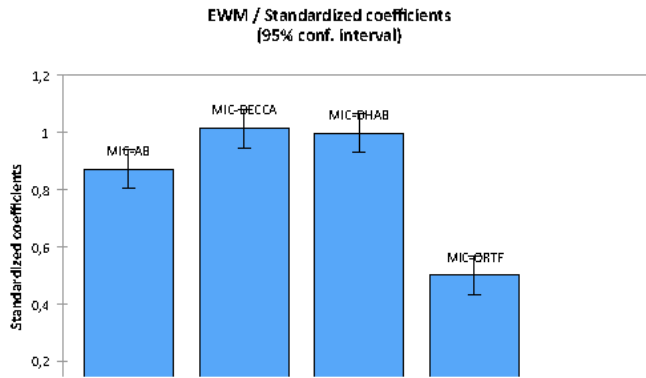
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable EWM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	1,988	0,091	21,786	< 0,0001	1,806	2,169
MIC-AB	3,325	0,129	25,772	< 0,0001	3,069	3,581
MIC-DECCA	3,863	0,129	29,938	< 0,0001	3,606	4,119
MIC-DHAB	3,800	0,129	29,454	< 0,0001	3,544	4,056
MIC-ORTF	1,900	0,129	14,727	< 0,0001	1,644	2,156
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable EWM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,873	0,034	25,772	< 0,0001	0,806	0,941
MIC-DECCA	1,014	0,034	29,938	< 0,0001	0,947	1,082
MIC-DHAB	0,998	0,034	29,454	< 0,0001	0,931	1,065
MIC-ORTF	0,499	0,034	14,727	< 0,0001	0,432	0,566
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable ISWIDTHM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,925	26,389	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	2,525	16,977	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	1,288	8,656	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs DHAB	0,313	2,101	2,781	0,228	No
DHAB vs XY	3,613	24,288	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	2,213	14,876	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs AB	0,975	6,555	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs XY	2,638	17,733	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,238	8,320	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,400	9,413	2,781	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable ISWIDTHM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	211,521	52,880	239,043	< 0,0001
Error	95	21,016	0,221		
Corrected Tot	99	232,537			

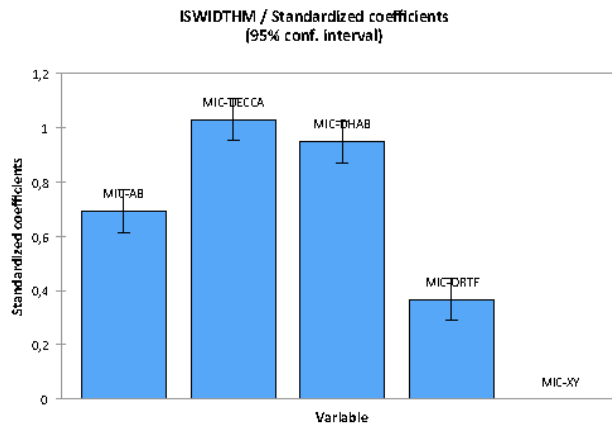
Computed against model Y=Mean(Y)

Model parameters (Variable ISWIDTHM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,238	0,105	21,275	< 0,0001	2,029	2,446
MIC-AB	2,638	0,149	17,733	< 0,0001	2,342	2,933
MIC-DECCA	3,925	0,149	26,389	< 0,0001	3,630	4,220
MIC-DHAB	3,613	0,149	24,288	< 0,0001	3,317	3,908
MIC-ORTF	1,400	0,149	9,413	< 0,0001	1,105	1,695
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable ISWIDTHM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,692	0,039	17,733	< 0,0001	0,614	0,769
MIC-DECCA	1,030	0,039	26,389	< 0,0001	0,952	1,107
MIC-DHAB	0,948	0,039	24,288	< 0,0001	0,870	1,025
MIC-ORTF	0,367	0,039	9,413	< 0,0001	0,290	0,445
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable LOCM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized differ	Critical value	Pr > Diff	Significant
ORTF vs DECC	1,563	9,179	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs AB	1,500	8,812	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs DHAB	0,938	5,507	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,142	0,832	2,781	0,920	No
XY vs DECCA	1,421	8,347	2,781	< 0,0001	Yes
XY vs AB	1,358	7,979	2,781	< 0,0001	Yes
XY vs DHAB	0,796	4,675	2,781	0,000	Yes
DHAB vs DECC	0,625	3,671	2,781	0,004	Yes
DHAB vs AB	0,563	3,304	2,781	0,011	Yes
AB vs DECCA	0,063	0,367	2,781	0,996	No
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable LOCM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	43,194	10,799	37,264	< 0,0001
Error	95	27,530	0,290		
Corrected Tot	99	70,724			

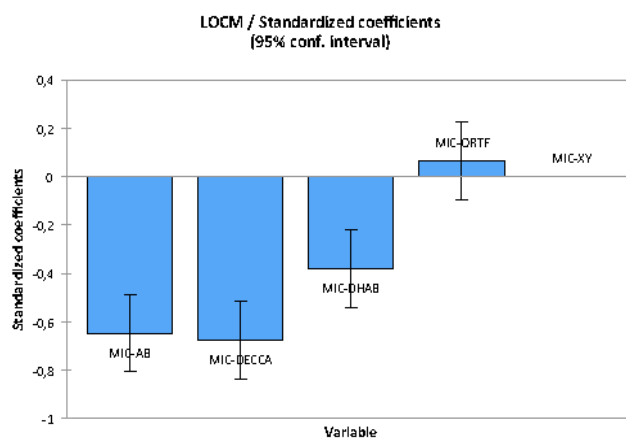
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable LOCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	5,221	0,120	43,373	< 0,0001	4,982	5,460
MIC-AB	-1,358	0,170	-7,979	< 0,0001	-1,696	-1,020
MIC-DECCA	-1,421	0,170	-8,347	< 0,0001	-1,759	-1,083
MIC-DHAB	-0,796	0,170	-4,675	< 0,0001	-1,134	-0,458
MIC-ORTF	0,142	0,170	0,832	0,407	-0,196	0,480
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable LOCM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	-0,646	0,081	-7,979	< 0,0001	-0,807	-0,485
MIC-DECCA	-0,676	0,081	-8,347	< 0,0001	-0,837	-0,515
MIC-DHAB	-0,379	0,081	-4,675	< 0,0001	-0,539	-0,218
MIC-ORTF	0,067	0,081	0,832	0,407	-0,093	0,228
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable SDISTM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
ORTF vs AB	1,600	11,212	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs DECC	0,600	4,204	2,781	0,001	Yes
ORTF vs XY	0,500	3,504	2,781	0,006	Yes
ORTF vs DHAB	0,300	2,102	2,781	0,228	No
DHAB vs AB	1,300	9,110	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs DECC	0,300	2,102	2,781	0,228	No
DHAB vs XY	0,200	1,401	2,781	0,628	No
XY vs AB	1,100	7,708	2,781	< 0,0001	Yes
XY vs DECCA	0,100	0,701	2,781	0,956	No
DECCA vs AB	1,000	7,007	2,781	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable SDISTM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	29,200	7,300	35,846	< 0,0001
Error	95	19,347	0,204		
Corrected Tot	99	48,547			

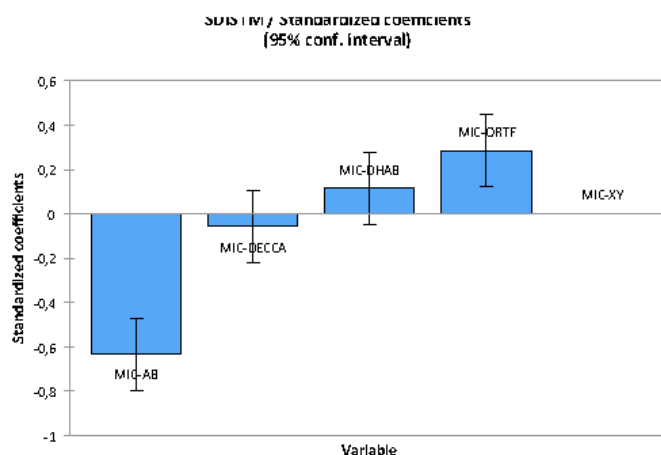
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable SDISTM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	5,113	0,101	50,665	< 0,0001	4,912	5,313
MIC-AB	-1,100	0,143	-7,708	< 0,0001	-1,383	-0,817
MIC-DECCA	-0,100	0,143	-0,701	0,485	-0,383	0,183
MIC-DHAB	0,200	0,143	1,401	0,164	-0,083	0,483
MIC-ORTF	0,500	0,143	3,504	0,001	0,217	0,783
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable SDISTM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	-0,631	0,082	-7,708	< 0,0001	-0,794	-0,469
MIC-DECCA	-0,057	0,082	-0,701	0,485	-0,220	0,105
MIC-DHAB	0,115	0,082	1,401	0,164	-0,048	0,277
MIC-ORTF	0,287	0,082	3,504	0,001	0,124	0,450
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable SENVM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	4,050	27,426	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	1,763	11,936	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,288	1,947	2,781	0,300	No
DECCA vs DHAB	0,075	0,508	2,781	0,986	No
DHAB vs XY	3,975	26,918	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	1,688	11,428	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs AB	0,213	1,439	2,781	0,604	No
AB vs XY	3,763	25,479	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,475	9,989	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	2,288	15,491	2,781	< 0,0001	Yes

Tukey's d critical value: 3,933

Analysis of variance (Variable SENVM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	239,421	59,855	274,491	< 0,0001
Error	95	20,716	0,218		
Corrected Tot	99	260,137			

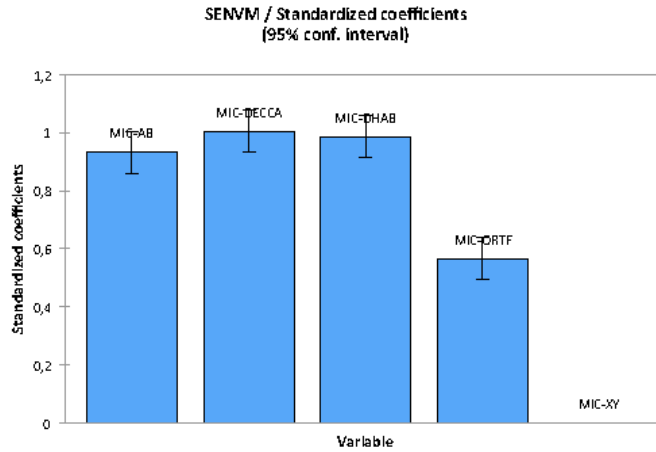
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable SENVM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	1,913	0,104	18,316	< 0,0001	1,705	2,120
MIC-AB	3,763	0,148	25,479	< 0,0001	3,469	4,056
MIC-DECCA	4,050	0,148	27,426	< 0,0001	3,757	4,343
MIC-DHAB	3,975	0,148	26,918	< 0,0001	3,682	4,268
MIC-ORTF	2,288	0,148	15,491	< 0,0001	1,994	2,581
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable SENVM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,933	0,037	25,479	< 0,0001	0,860	1,006
MIC-DECCA	1,004	0,037	27,426	< 0,0001	0,932	1,077
MIC-DHAB	0,986	0,037	26,918	< 0,0001	0,913	1,059
MIC-ORTF	0,567	0,037	15,491	< 0,0001	0,495	0,640
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RWIDTHM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DHAB vs XY	4,050	31,713	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	1,563	12,235	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs AB	0,363	2,839	2,781	0,043	Yes
DHAB vs DECCA	0,075	0,587	2,781	0,977	No
DECCA vs XY	3,975	31,126	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	1,488	11,648	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,288	2,251	2,781	0,170	No
AB vs XY	3,688	28,875	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,200	9,396	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	2,488	19,478	2,781	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable RWIDTHM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	233,209	58,302	357,480	< 0,0001
Error	95	15,494	0,163		
Corrected Tot	99	248,703			

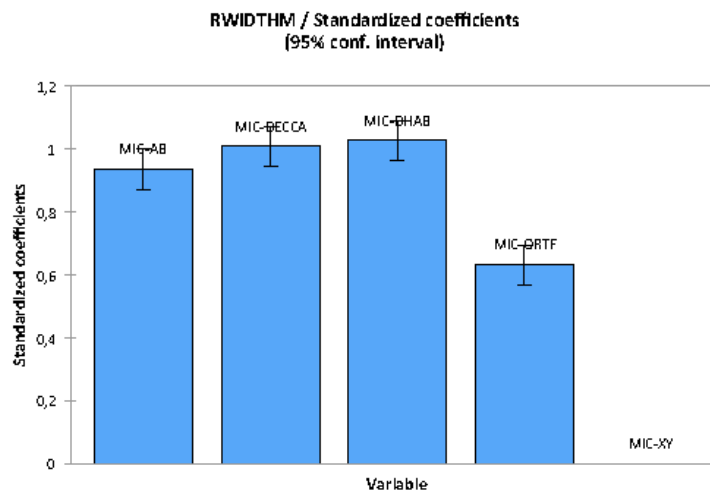
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable RWIDTHM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	1,975	0,090	21,871	< 0,0001	1,796	2,154
MIC-AB	3,688	0,128	28,875	< 0,0001	3,434	3,941
MIC-DECCA	3,975	0,128	31,126	< 0,0001	3,721	4,229
MIC-DHAB	4,050	0,128	31,713	< 0,0001	3,796	4,304
MIC-ORTF	2,488	0,128	19,478	< 0,0001	2,234	2,741
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable RWIDTHM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,935	0,032	28,875	< 0,0001	0,871	1,000
MIC-DECCA	1,008	0,032	31,126	< 0,0001	0,944	1,073
MIC-DHAB	1,027	0,032	31,713	< 0,0001	0,963	1,092
MIC-ORTF	0,631	0,032	19,478	< 0,0001	0,567	0,695
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RSIZEM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DHAB vs XY	2,688	16,018	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	0,738	4,396	2,781	0,000	Yes
DHAB vs DECC	0,113	0,671	2,781	0,962	No
DHAB vs AB	0,100	0,596	2,781	0,975	No
AB vs XY	2,588	15,422	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	0,638	3,800	2,781	0,002	Yes
AB vs DECCA	0,013	0,075	2,781	1,000	No
DECCA vs XY	2,575	15,347	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	0,625	3,725	2,781	0,003	Yes
ORTF vs XY	1,950	11,622	2,781	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable RSIZEM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	102,859	25,715	91,345	< 0,0001
Error	95	26,744	0,282		
Corrected Tot	99	129,603			

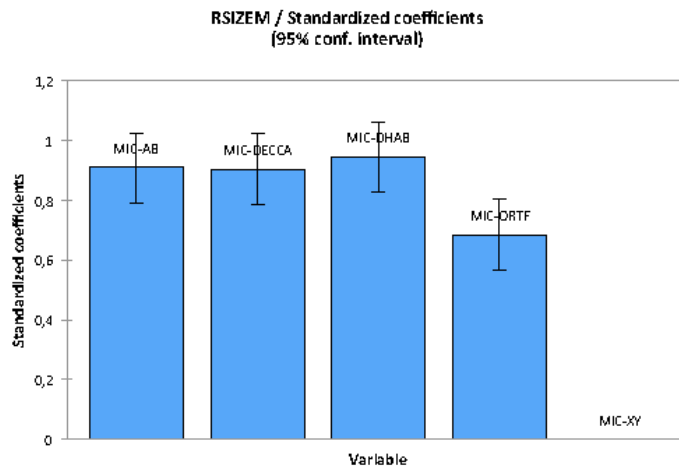
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable RSIZEM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,275	0,119	19,176	< 0,0001	2,039	2,511
MIC-AB	2,588	0,168	15,422	< 0,0001	2,254	2,921
MIC-DECCA	2,575	0,168	15,347	< 0,0001	2,242	2,908
MIC-DHAB	2,688	0,168	16,018	< 0,0001	2,354	3,021
MIC-ORTF	1,950	0,168	11,622	< 0,0001	1,617	2,283
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable RSIZEM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,909	0,059	15,422	< 0,0001	0,792	1,026
MIC-DECCA	0,905	0,059	15,347	< 0,0001	0,788	1,022
MIC-DHAB	0,944	0,059	16,018	< 0,0001	0,827	1,061
MIC-ORTF	0,685	0,059	11,622	< 0,0001	0,568	0,802
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RSLEVELM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,025	21,652	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	2,900	20,757	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,563	4,026	2,781	0,001	Yes
DECCA vs DHAB	0,413	2,952	2,781	0,032	Yes
DHAB vs XY	2,613	18,699	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	2,488	17,804	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs AB	0,150	1,074	2,781	0,820	No
AB vs XY	2,463	17,625	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	2,338	16,731	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	0,125	0,895	2,781	0,898	No
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable RSLEVELM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	170,504	42,626	218,374	< 0,0001
Error	95	18,544	0,195		
Corrected Tot	99	189,048			

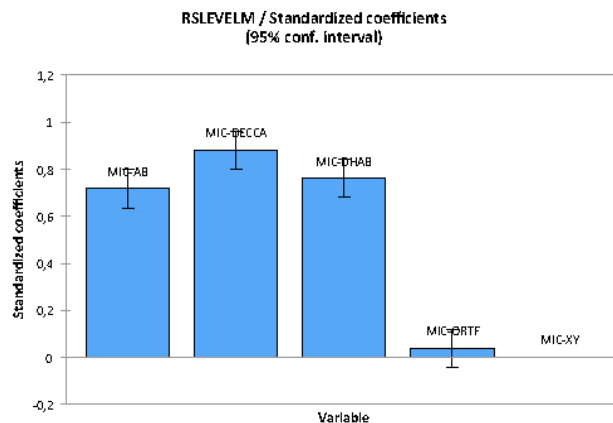
Computed against model $Y = \text{Mean}(Y)$

Model parameters (Variable RSLEVELM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,650	0,099	26,824	< 0,0001	2,454	2,846
MIC-AB	2,463	0,140	17,625	< 0,0001	2,185	2,740
MIC-DECCA	3,025	0,140	21,652	< 0,0001	2,748	3,302
MIC-DHAB	2,613	0,140	18,699	< 0,0001	2,335	2,890
MIC-ORTF	0,125	0,140	0,895	0,373	-0,152	0,402
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable RSLEVELM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,716	0,041	17,625	< 0,0001	0,636	0,797
MIC-DECCA	0,880	0,041	21,652	< 0,0001	0,799	0,961
MIC-DHAB	0,760	0,041	18,699	< 0,0001	0,679	0,841
MIC-ORTF	0,036	0,041	0,895	0,373	-0,044	0,117
MIC-XY	0,000	0,000				



Regression of variable RENVM:

MIC / Tukey (HSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr > Diff	Significant
DECCA vs XY	3,638	25,778	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs ORT	2,013	14,262	2,781	< 0,0001	Yes
DECCA vs AB	0,525	3,721	2,781	0,003	Yes
DECCA vs DHA	0,063	0,443	2,781	0,992	No
DHAB vs XY	3,575	25,335	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs ORTF	1,950	13,819	2,781	< 0,0001	Yes
DHAB vs AB	0,462	3,278	2,781	0,012	Yes
AB vs XY	3,113	22,058	2,781	< 0,0001	Yes
AB vs ORTF	1,488	10,542	2,781	< 0,0001	Yes
ORTF vs XY	1,625	11,516	2,781	< 0,0001	Yes
Tukey's d critical value:			3,933		

Analysis of variance (Variable RENVM):

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	4	195,596	48,899	245,586	< 0,0001
Error	95	18,916	0,199		
Corrected Tot	99	214,512			

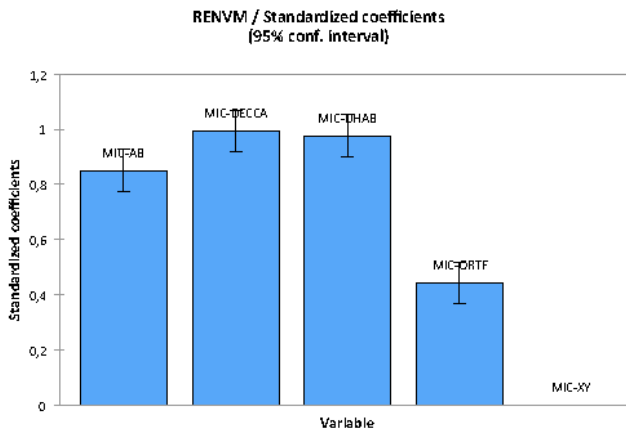
Computed against model Y=Mean(Y)

Model parameters (Variable RENVM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	2,338	0,100	23,427	< 0,0001	2,139	2,536
MIC-AB	3,113	0,141	22,058	< 0,0001	2,832	3,393
MIC-DECCA	3,638	0,141	25,778	< 0,0001	3,357	3,918
MIC-DHAB	3,575	0,141	25,335	< 0,0001	3,295	3,855
MIC-ORTF	1,625	0,141	11,516	< 0,0001	1,345	1,905
MIC-XY	0,000	0,000				

Standardized coefficients (Variable RENVM):

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
MIC-AB	0,850	0,039	22,058	< 0,0001	0,774	0,927
MIC-DECCA	0,993	0,039	25,778	< 0,0001	0,917	1,070
MIC-DHAB	0,976	0,039	25,335	< 0,0001	0,900	1,053
MIC-ORTF	0,444	0,039	11,516	< 0,0001	0,367	0,520
MIC-XY	0,000	0,000				



Summary of all pairwise comparisons for MIC (Tukey (HSD)):

Category	Mean(NATM)		Groups	
AB	6,113	A		
DECCA	6,025	A		
DHAB	6,013	A		
ORTF	5,050		B	
XY	4,013			C

Category	Mean(PSCM)		Groups	
AB	6,063	A		
DECCA	6,050	A		
DHAB	6,013	A		
ORTF	4,625		B	
XY	4,138			C

Category	Mean(PRFM)		Groups	
AB	5,688	A		
ORTF	5,375	A	B	
DECCA	5,063		B	
DHAB	5,038		B	
XY	4,175			C

Category	Mean(LFCM)	Groups		
AB	6,088	A		
DECCA	5,275		B	
DHAB	5,225		B	
ORTF	3,738			C
XY	3,213			D

Category	Mean(EWM)	Groups		
DECCA	5,850	A		
DHAB	5,788	A		
AB	5,313		B	
ORTF	3,888			C
XY	1,988			D

Category	Mean(ISWIDTH)	Groups		
DECCA	6,163	A		
DHAB	5,850	A		
AB	4,875		B	
ORTF	3,638			C
XY	2,238			D

Category	Mean(LOCM)	Groups		
ORTF	5,363	A		
XY	5,221	A		
DHAB	4,425		B	
AB	3,863			C
DECCA	3,800			C

Category	Mean(SDISTM)	Groups		
ORTF	5,613	A		
DHAB	5,313	A	B	
XY	5,113		B	
DECCA	5,013		B	
AB	4,013			C

Category	lean(RWIDTH)	Groups		
DHAB	6,025	A		
DECCA	5,950	A	B	
AB	5,663		B	
ORTF	4,463			C
XY	1,975			D

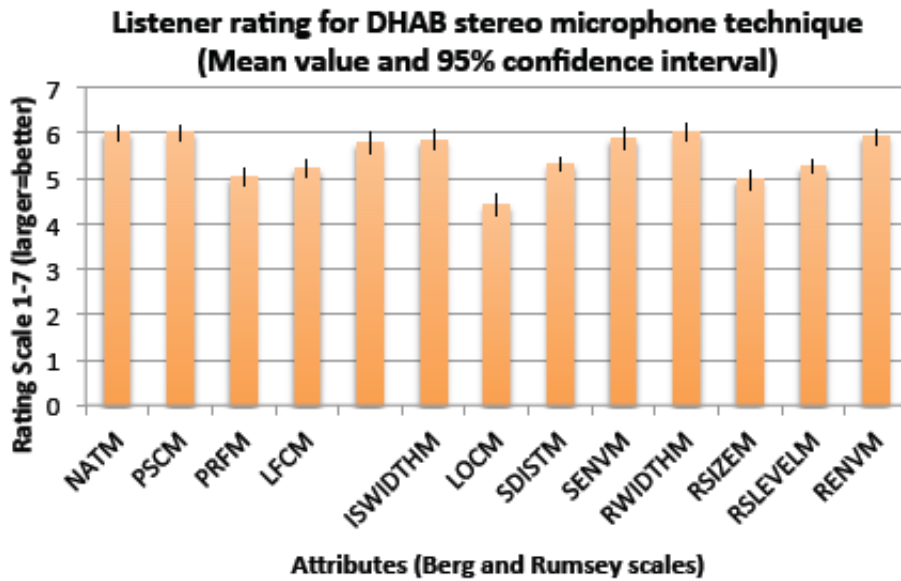
Category	Mean(RSIZEM)	Groups		
DHAB	4,963	A		
AB	4,863	A		
DECCA	4,850	A		
ORTF	4,225		B	
XY	2,275			C

Category	lean(RSLEVEL)	Groups		
DECCA	5,675	A		
DHAB	5,263		B	
AB	5,113		B	
ORTF	2,775			C
XY	2,650			C

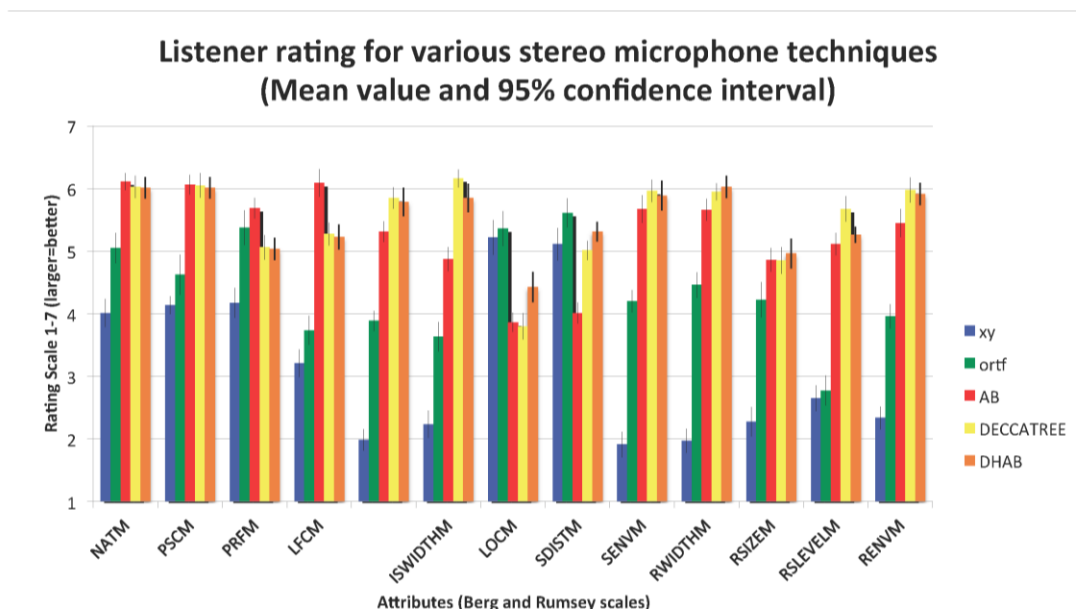
Category	Mean(RENVM)	Groups		
DECCA	5,975	A		
DHAB	5,913	A		
AB	5,450		B	
ORTF	3,963			C
XY	2,338			D

10.10 Listener ratings

10.10.1 Listener ratings for DHAB microphone technique



10.10.2 Global listener ratings for all microphone techniques



10.11. Press release Última Hora 21/03/2014

Joan Bennàssar y la Simfònica conectan con un Mahler poético y plástico

A. Largo | Palma de Mallorca | 21/02/2014

Valorar: ★★★★★1

Comenta | Visto 161 veces

Fotos



Joan Bennàssar junto a Josep Vicent.
21-02-2014



No es la primera vez Josep Vicent y Joan Bennàssar coinciden con Mahler. Su obra más poética, El canción de la tierra, ha suscitado el encuentro entre dos artistas motivados que 'buscaban' dar una vuelta de tuerca a su trabajo. El director de la Orquesta Simfònica y el artista han desarrollado un proyecto que «permitirá exhibir una Simfònica diferente» y satisfacer el deseo de Bennàssar de dar a conocer sus creaciones a un público nuevo a través del audiovisual. Será el día 28 de febrero, a partir de las 20.00 horas, en el Auditòrium de Palma.

Bennàssar «concede modernidad» y plasticidad a unos textos que transmiten el sentir y las vivencias de Mahler en un período complejo de su vida, «marcado por la enfermedad» y la sensación «de que el tiempo se le iba de las manos». El artista ha encontrado en su obra conexiones con esta composición de Mahler, un canto a la vida, a la juventud, a la belleza, al amor, que termina con una despedida. Esas pinturas, y su relación con el texto, son el alma de un audiovisual que arropará al concierto de orquesta mediana que dirigirá Josep Vicent, y que contará con la participación de la mezzo menorquina Lorena Medina y el tenor José Ferrero. De ese trabajo conjunto surge una «versión especial» de una «de las obras más bellas del repertorio orquestal», valora Vicent, quien espera que el proyecto tenga más recorrido. El concierto será registrado por Iker Olabe y se distribuirá en DVD gracias a la colaboración de patrocinadores privados.

Joan Bennàssar reconoce que la iniciativa ha sido posible gracias a «un músico moderno, con una mentalidad abierta, que sabe que la música, al igual que la imagen, diluye fronteras».

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama que ilustra las posiciones de despliegue estéreo en altavoces.	22
Figura 2 El Fonógrafo original de Edison (1877).	31
Figura 3 Gramófono de Berliner (1888).	32
Figura 4 Ejemplo fotográfico de una grabación preliminar de Kubelik. Obsérvese la posición del intérprete y el cuerno o bocina receptora del gramófono.	34
Figura 5 Grabación de orquesta con el maestro Edward Elgar en 1914.	35
Figura 6 Proceso de grabación mecánica de orquesta. Victor Talking machine Company, Candem; New Jersey (Maxfield & Harrison).	37
Figura 7 Micrófono de transmisor líquido de Bell.	39
Figura 8 Esquema eléctrico del micrófono de carbón.	40
Figura 9 Gráfica mostrando la respuesta de frecuencia del micrófono de carbón.	41
Figura 10 Micrófono de carbón desarrollado por Marconi-Reisz.	41
Figura 11 Micrófono Reisz denominado "bloque de mármol" con diafragma de papel de arroz.	42
Figura 13 Esquema de la patente del micrófono de condensador - Western electric/ Bell Labs 1916.	43
Figura 12 Edward Christopher Wente desarrollador del micrófono de condensador.	43
Figura 15 Esquema frontal del micrófono de cinta.	44
Figura 14 Sección del micrófono dinámico.	44
Figura 16 Micrófono HB1 inventado por Alan Blumlein.	45
Figura 17 Micrófono de cinta BBC/Marconi tipo A.	46
Figura 18 ilustra la patente de West & Sessler (14 Enero de 1964).	47
Figura 19 Ilustra la respuesta de frecuencia de dos micrófonos un Oktava 319 y un Shure SM58.	48
Figura 20 Técnica estéreo XY mediante cápsulas cardioides.	51
Figura 21 Técnica estéreo ORTF.	51
Figura 22 Técnica estéreo DECCA TREE.	52
Figura 23 Técnica estéreo AB.	52
Figura 24 Relación entre frecuencia y correlación para un par de micrófonos omnidireccionales a una separación fijada en 40 cm en un campo difuso (Martin, 2005).	54
Figura 25 Ejemplo de un gráfico FDSC trazado mediante Matlab para 2 micrófonos omnidireccionales en un campo difuso.	55
Figura 26 Prueba audio métrica de un oyente descartado.	60
Figura 27 Muestra de un ABR de un oyente.	61
Figura 28 Consideraciones éticas para participación en el proyecto de investigación.	64
Figura 29 Plano de micrófonos de técnica estéreo para la Orquesta Simón Bolívar de Venezuela dirigida por Gustavo Dudamel. Fecha 03/08/2011 Salzburger Festspiele, Grosse Festspielhaus.	66
Figura 30 Técnica estéreo AB en una cámara reverberante.	67
Figura 31 Medidor de correlación en tiempo real (Final Check) mostrando 0,35.	68
Figura 32 Trazado FDSC de una técnica estéreo AB con separación de cápsulas de 25 cm situada en una cámara reverberante de ruido rosa.	68
Figura 33 Plano del foso de la orquesta y las posiciones de los micrófonos vistos desde arriba.	70
Figura 34 Vista lateral del auditorio y las alturas relativas de los pies de micrófono y los micrófonos suspendidos.	70
Figura 35 Técnicas estéreo AB, ORTF y XY en el Auditorium de Palma montadas mediante barras estéreo y barras T metálicas hechas a medida.	71
Figura 36 Técnica estéreo DECCA TREE en el Auditorium de Palma con micros suspendidos.	72
Figura 37 Vista frontal de la Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares tocando durante la sesión de grabación con sistema multiestéreo.	72
Figura 38 Tiempos típicos de reverberación (en segundos) para varios espacios y aplicaciones (Acoustical solutions, 2012).	74
Figura 39 Muestra un ángulo detallado de la marquesina de proscenio reflejante del sonido en el Auditorium de Palma.	74
Figura 40 Programa musical de la sesión de grabación.	75
Figura 41 Distribución instrumental de la OSB.	76
Figura 42 Diagrama que muestra las dinámicas de las muestras de audio editadas.	77
Figura 43 Representación gráfica del ondeado de la muestra de audio.	77
Figura 44 Topakustik de haya vapor 13/3 .	78

Figura 45 Emplazamiento de altavoces y oyente. _____	78
Figura 46 Controlador de monitor Mackie Big Knob. _____	79
Figura 47 Trazado FDSC de la técnica estéreo XY 90 °. _____	83
Figura 48 Trazado FDSC de la técnica estéreo ORTF. _____	84
Figura 49 Trazado FDSC de la técnica estéreo DECCA TREE. _____	85
Figura 50 Trazado FDSC de la técnica estéreo AB (100cm de separación) _____	86
Figura 51 Gráfico de barras que representa la calificación de los 13 atributos de cada técnica microfónica estéreo estudiada. _____	92
Figura 52 Diagrama de barras representando los resultados psicoacústicos obtenidos en el estudio de las 4 técnicas estéreo XY, ORTF, AB y DECCA a partir de las evaluaciones realizadas por los 20 oyentes seleccionados. _____	99
Figura 53 Muestra el sistema principal estéreo DECCA TREE. _____	100
Figura 54 Sistema principal estéreo DHAB. _____	101
Figura 55 Resultado “virtual” del Sistema principal estéreo DHAB en funcionamiento. _____	102
Figura 56 Programa del concierto de temporada num.7 2014 de la OSIB (Orquesta Sinfónica de las Islas Baleares). _____	104
Figura 57 Cápsula Schoeps MK2 utilizada para formar el DHAB. _____	104
Figura 58 Cápsulas Schoeps MK21 utilizada para formar el DHAB. _____	104
Figura 59 Mostrando la plantilla orquestal con el DHAB posicionado listo para grabar. _____	105
Figura 60 Foto de grabación en directo con sistema DHAB (concierto de temporada núm. 7 OSIB 2014). _____	106
Figura 61 Plano del escenario y platea del auditorium de Palma mostrando la vista de sección del sistema DHAB. _____	106
Figura 62 Artículo de prensa en el Última Hora del 21/2/14 donde se le nombra al autor de su grabación. _____	107
Figura 63 Trazado FDSC del nuevo modelo de grabación estéreo DHAB. _____	108
Figura 64 Trazado FDSC de la técnica estéreo ORTF. _____	109
Figura 65 Trazado FDSC de la técnica estéreo DECCA TREE. _____	109
Figura 66 Diagrama de barras mostrando los resultados psicoacústicos obtenidos a partir de la muestra de modelo DHAB propuesta a los 20 candidatos escogidos. _____	110
Figura 67 Diagrama de barras representando los resultados psicoacústicos para XY, AB ORTF DECCA TREE y DHAB. _____	111

Índice de tablas

Tabla 1 Abreviaturas de los atributos psicoacústicos de Berg y Rumsey (2003).	22
Tabla 2 Escala psicoacústica (Berg y Rumsey, 2003) con sus atributos definidos.	58
Tabla 3 Tabla de comparación de algunas escalas psicoacústicas (Berg y Rumsey, 2003).	59
Tabla 4 Calendario del proyecto.	65
Tabla 5 Representa los modelos de micrófono, técnicas estéreo y especificaciones de patrón polar utilizados para este experimento.	69
Tabla 6 Órdenes utilizadas para controlar el sistema de reproducción multipista.	79
Tabla 7 Pares de técnicas de micrófonos estéreo para evaluación psicoacústica.	80
Tabla 8 Apartado del cuestionario en línea de Google Docs diseñado para los tests psicoacústicos .	81
Tabla 9 Escala psicoacústica entregada a los oyentes encuestados (Berg y Rumsey, 2003).	82
Tabla 10 Tabla de resultados de coeficientes de correlación de las cuatro técnicas estéreo	83
Tabla 11 Un apartado del formulario en línea de Google Docs utilizado para recoger las respuestas de los oyentes.	87
Tabla 12 Traducción del formulario en la tabla 11.	88
Tabla 13 Tabla que muestra (en la parte superior) los resultados de los 13 atributos recopilados para la técnica estéreo XY de los 20 oyentes. En la parte inferior, una tabla de contingencias globales resume esta información.	90
Tabla 14 La tabla muestra un ANOVA unidireccional respecto a la influencia de la variable “técnica de micrófonos estéreo” en la calificación de 13 atributos (20 oyentes)	91
Tabla 15 Matriz de proximidad (coeficiente de correlación de Pearson) de los 13 atributos psicoacústicos evaluados.	93
Tabla 16 Recurso utilizado para seleccionar técnicas microfónicas estéreo con resultados psicoacústicos y matemáticos predecibles.	96
Tabla 17 Utilizada para seleccionar la técnica estéreo más adecuada entre DECCA TREE y AB.	97

