

# **CAPÍTULO 1**

## **OBJETO Y ANTECEDENTES**

**CAPÍTULO 2**  
**APROXIMACIÓN HISTÓRICA Y**  
**SOCIOLÓGICA AL FENÓMENO**  
**DE LA MÚSICA DE BANDA**

## **CAPÍTULO 3**

### **CONCEPTOS ACÚSTICOS PREVIOS**

## **CAPÍTULO 4**

### **PROGRAMA DE EXPERIENCIAS**

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

**CAPÍTULO 6**  
**ALGUNAS CONSIDERACIONES**  
**SOBRE LA GEOMETRÍA Y ABSORCIÓN**  
**ADECUADAS PARA SALAS DE ENSAYO.**  
**CONCLUSIONES.**

**CAPÍTULO 7**  
**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXO**  
**FICHAS DE LAS SALAS ENSAYADAS.**



**INDICE**

**TESIS DOCTORAL**

**CONTRIBUCIÓN A LA CUANTIFICACIÓN DE  
PARÁMETROS ACÚSTICOS EN SALAS DE  
ENSAYO DE BANDAS DE MÚSICA.**

**Presentada por**

**JOSE LUIS GALLARDO BLANQUER  
ARQUITECTO**

**Para la obtención del título de**

**DOCTOR ARQUITECTO**



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA

**TESIS DOCTORAL**

**CONTRIBUCIÓN A LA CUANTIFICACIÓN DE  
PARÁMETROS ACÚSTICOS EN SALAS DE  
ENSAYO DE BANDAS DE MÚSICA.**

**AUTOR : JOSE LUIS GALLARDO BLANQUER  
ARQUITECTO**

**TRABAJO PRESENTADO PARA LA OBTENCIÓN DEL  
GRADO DE DOCTOR ARQUITECTO  
DIRIGIDO POR  
ANA LLOPIS REYNA  
PROFESORA TITULAR DE FÍSICA APLICADA**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

VALENCIA, 1998

**TESIS DOCTORAL : CONTRIBUCIÓN A LA CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS ACÚSTICOS EN SALAS DE ENSAYO DE BANDAS DE MÚSICA.**

**AUTOR : JOSÉ LUIS GALLARDO BLANQUER**

**RESUMEN:**

La presente Tesis Doctoral pretende ser una contribución al estudio y sistematización de la acústica de salas aplicada a los **recintos de ensayo de bandas de música** en base al estudio de las condiciones acústicas de un porcentaje de las salas de ensayo existentes en la Comunidad Valenciana, contrastado con encuestas a los directores y a los músicos de dichas entidades.

Este estudio tipológico contribuye a la obtención de los valores adecuados para los diversos parámetros geométricos, morfológicos y acústicos que permitan diseñar la “sala de ensayos ideal” para cada caso en función de sus características particulares, como el número de músicos componentes de la banda, superficie disponible en planta, márgenes posibles para la altura....etc.

La elevada potencia acústica de una banda de música, debido tanto al elevado nivel de emisión de los diversos instrumentos como al elevado número de componentes de la misma, junto a las reducidas dimensiones de los locales de ensayo de las mismas, que no permiten el empleo de excesiva absorción, hace que, en ocasiones, la audición del ensayo no tenga la calidad esperada e incluso se llega a situaciones de estridencia. La regulación de tres factores: el volumen, la absorción y la altura permiten, adecuar en la sala de ensayos, tanto el nivel de sonoridad como la reverberación. Salas con volúmenes superiores a  $600 \text{ m}^3$  (alturas superiores a 4m) y absorciones superiores a  $150 \text{ m}^2$  permiten alcanzar unas condiciones adecuadas de sonoridad.

## ***Objeto y antecedentes***

El presente trabajo pretende ser una contribución al estudio y sistematización de la acústica de salas aplicada a los recintos de ensayo de bandas de música.

Tiene su origen en la observación de la diversidad de formas, dimensiones y acabados que presentan las distintas salas de ensayos de cada Sociedad Musical a lo largo y ancho de la Comunidad Valenciana. En general, la construcción de estas salas se ha realizado aparte de las correspondientes subvenciones de Organismos de Promoción Cultural, siempre con el esfuerzo y, en ocasiones, la participación directa del trabajo de los músicos y socios que se ponen al servicio de la Sociedad para conseguir un local de ensayo adecuado.

Es evidente que la falta de un catálogo de calidad de audición de las salas de ensayo de música de banda no favorece en absoluto la labor de los músicos ni la de los directores de las bandas, que en muchas ocasiones ven frustrados sus intentos de perfeccionar la interpretación de diversos pasajes al realizar sus ensayos en salas con condiciones acústicas inadecuadas.

Desde el punto de vista musical, el conocimiento de las condiciones acústicas de las salas de ensayo permite a los músicos y sobre todo al director justificar sus adaptaciones de las diversas obras según la sala en las que van a ser interpretadas.

Por otra parte, un estudio exhaustivo de las condiciones acústicas de estas salas, contrastado con encuestas a los directores y a los músicos nos permitiría “trazar las primeras rayas” de lo que podría ser una “sala tipo” para ensayos de música de banda.

Desde el punto de vista arquitectónico conocer las condiciones que necesariamente debe tener una sala de ensayos adecuada, es importante para encauzar de forma razonada las inversiones que en infraestructura se distribuirán año tras año desde los distintos Organismos de la Administración responsables de la Promoción Cultural.

Este trabajo, que analiza un porcentaje pequeño de las salas de ensayo existentes, pretende colocar una primera piedra en la obra, más ambiciosa, de analizar una mayor cantidad de salas, lo cual posibilitaría la confección de un catálogo de salas de ensayo, con sus características geométricas y acústicas así como su adecuación o no como sala de ensayo y las posibles intervenciones acústicas tendentes a mejorar su calidad de audición.

Este estudio tipológico contribuiría a la obtención de los valores adecuados para los diversos parámetros geométricos y acústicos que permitieran diseñar la “sala de ensayos ideal” para cada caso en función de sus características particulares, como el número de músicos componentes de la banda, superficie disponible en planta, márgenes posibles para la altura....etc. Un trabajo más ambicioso conducente a la obtención de dicho catálogo requeriría una financiación importante por parte de la Administración. Hasta la fecha no ha sido así y este trabajo no ha disfrutado de ningún tipo de subvención, habiendo sido realizado gracias a los propios medios que el Grupo de Acústica Arquitectónica y del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia ha podido disponer.

## ***Aproximación histórica***

En sus orígenes la música no sólo se utilizaba en las ceremonias religiosas o en los desfiles militares, sino que también en otras muchas facetas de la vida aparecía la música, como en los cantos de himeneo de los casamientos, los trenos y lamentos al son de las flautas en los entierros, o en los banquetes la lira o la cítara iba pasando de mano en mano etc...

A partir del siglo XI la música estaba tan integrada en la sociedad musulmana en la Península que no solo los grandes príncipes tenían grupos de instrumentistas en sus cortes, incluso en las casas de gente adinerada estaba extendida la costumbre de disponer de grupos de músicos que se denominaban *Cítaras*, además la buena educación obligaba a las jóvenes a saber cantar y tocar el laúd así como otros instrumentos. Toda esta laxitud moral del Islam en la Península se vio acentuada por el hecho que algunos reyes de taifas fueran de origen europeo.

En la Edad Media y principio del Renacimiento empezaron a surgir pequeñas *coblas* o grupos instrumentales que representaron el embrión de las futuras agrupaciones musicales que con el tiempo proliferarían, se ampliarían y especializarían. Como se puede apreciar en alguna miniatura de la época, en sus intervenciones los intérpretes ya estaban organizados por secciones con una distribución espacial por instrumentos de cuerda, viento y percusión. En el momento del inicio de la especialización de los juglares, a estos se les empezó a conocer, por influencia francesa, como *Ministriles*. En esta época Valencia era un buen lugar para el desarrollo de instrumentistas e instrumentos. Estos eran influenciados por las frecuentes visitas de la corte con sus *ministriles* de primer orden, recibiendo así conocimientos y técnicas musicales muy importantes. Por otro lado, este intercambio cultural también se realizaba con las frecuentes visitas de nuestros grupos a importantes centros musicales

Europeos con estancias e intercambios en París y distintos puntos de Alemania e Italia. Los *ministriles* eran reclamados para actos tanto religiosos como civiles y poco a poco todas las instituciones fueron creando su propio cuerpo de instrumentalistas consiguiendo así mayor prestigio y autonomía.

Desde el final del Renacimiento hasta casi el comienzo del siglo XX nuestra música permanecerá por un lado, al servicio de los textos litúrgicos latinos, con alguna que otra veleidat propiciada por cantatas o villancicos en Romance, y por otro, al servicio del espectáculo público, el teatro, celebración de solemnidades civiles o religiosas y fiestas particulares.

Este hecho nos induce a pensar que la trayectoria musical de conventos, monasterios, capillas de virreyes y nobles además de las escuelas que se desarrollaron alrededor de catedrales, colegiatas y parroquias fue posible, entre otras razones, gracias a la arraigada base popular sensibilizada por la música, debido al proceso educativo.

Este sistema educativo basado en elementos indisociables y relacionados entre sí como lo eran los ayuntamientos y las parroquias, los coros y las escuelas, o el organista y el maestro en todas las poblaciones valencianas se hace imprescindible para entender la continua educación musical a través de la escuela, que con el paso del tiempo fue configurando ciertas connotaciones musicales integrantes de nuestro carácter.

La organización de este sistema educativo en la mayoría de localidades de nuestra comunidad se vertebraba como ya hemos visto alrededor de las parroquias que con ayuda de los ayuntamientos fueron adquiriendo órganos mayores, con la necesidad de la contratación de un músico profesional que en la mayor parte de los casos era un clérigo, que a la vez hacía las labores de maestro de la localidad. Así pues aparecen dos focos relacionados con la música que eran regentados por la misma persona física, uno religioso representado por la parroquia y el organista y otro civil centrado en la escuela y



el coro.

Todos estos antecedentes acreditan históricamente la tradición existente en nuestra comunidad de tañer instrumentos de música, sobre todo de viento y percusión. Estos instrumentos eran empleados en acontecimientos públicos ya fueran civiles o religiosos para dotarlos de la solemnidad necesaria a través de la música cantada e instrumental basándose en trompetas, tamborinos, atabaleros, etc...

Esta música estaba ligada a las distintas asociaciones gremiales y sobre todo a la Iglesia que a través de sus instrumentistas, ministriles y maestros de capilla, con la ayuda de sus cornetas sacabuches, oboes, dulzainas, trompas, arcos junto con el instrumento más importante de la música sacra occidental "el órgano", ayudaron a que no se perdiera la tradición musical.

La labor educativa realizada por los organistas-maestros o por los músicos-pedagogos, ayudada por el carácter de nuestro pueblo, con su instinto musical, festivo y eminentemente callejero, propició el inicio y desarrollo de las primeras Bandas de Música y posteriormente sus Sociedades Musicales de apoyo.

Las primeras fundaciones de bandas de música en pueblos valencianos datan de finales del siglo XVIII, aunque se trata de casos más bien aislados ( Albaida y Enguera ). Con la entrada del siglo XIX se incrementa el número de asociaciones musicales, adquiriendo verdadera importancia en la segunda mitad del siglo.

La inestabilidad política reinante durante la primera mitad del siglo XIX, con los conflictos militares y revolucionarios propios de esta época, llenaron todo el territorio de distintas facciones militares que para impresionar, tanto a los habitantes de por donde pasaban como a sus oponentes y dar solemnidad

a sus desfiles, contaban todas ellas con una agrupación musical.

Así pues, a imitación de las agrupaciones militares y con la ayuda de algún miembro de éstas que se quedaba una vez finalizados los conflictos, iniciaban la preparación de la gente de la localidad, que sin ningún estudio previo pero con ciertas aptitudes, pasarían a formar parte de esas primeras agrupaciones musicales. Esta preparación se realizaba en muchas ocasiones con la ayuda de los ministriles y los maestros de capilla, ya que la función de estas agrupaciones, inicialmente, no fue otra que la de ejercer de acompañamiento tanto en actos religiosos como en actos civiles a través de las distintas agrupaciones eclesiásticas y gremiales.

Estos grupos, auténticos embriones de las bandas actuales, actuaban tanto en las serenatas de las noches estivales como en todas las fiestas populares (fallas, les fogueres, moros y cristianos ) y patronales de nuestra comunidad acompañados por el carácter abierto de nuestras gentes y por la agradable climatología.

Ahora bien con la llegada de la estabilidad política estas agrupaciones se fueron, en ocasiones, disolviendo, escindiendo y reagrupando, ya fuera por cuestiones profesionales , de reivindicación económica , de desmesurada pasión por la música e incluso por divergencias políticas. Todo ello fue marcando, en cierto modo, la gestación y posterior evolución de la mayoría de las bandas de música de nuestro entorno.

Los nombres de Primitiva, Nova, Vella, etc... no responden pues a otra razón que a escisiones y fusiones debidas a afinidades o desafinidades y tendencias de los miembros de las mismas.

Desde este punto, la evolución a las actuales bandas de música fue cuestión de tiempo y esfuerzo de numerosas personas que con su trabajo, muchas veces ni recompensado ni reconocido, a través de los antiguos

“casinos” y las sociedades musicales de apoyo han llevado el movimiento bandístico a su estado actual.

En el origen de nuestras Bandas, tampoco se puede olvidar las organizaciones gremiales o de artesanos que, con sus “tabalots”, atabales y dulzainas amenizaban sus fiestas y conmemoraciones. Eduardo López-Chavarri lo resume en: “ las bandas valencianas no han surgido por generación espontánea, sino que tienen una tradición formada por múltiples elementos, tan heterogéneos como el teatro, la iglesia, los gremios, los partidos políticos, y un largo etcétera”.

### ***Acción socio-cultural del movimiento bandístico.***

Hoy en día, dada la magnitud y distribución del movimiento bandístico en la Comunidad Valenciana, 445 Sociedades Musicales federadas y al menos una en la mayoría de los pueblos de la Comunidad, sigue siendo un foco importante de difusión cultural con una gran influencia en el ámbito de cada localidad, como lo fue en otro tiempo.

Por una parte todas las bandas de música tienen una Sociedad Musical de apoyo que, como herencia de los antiguos casinos, se convierten en auténticos foros de encuentro y debate tanto en temas musicales como en temas sociales, políticos y económicos en el ámbito de la propia localidad, comunidad o del estado. Además esta función socio - cultural de la Sociedad se ve apoyada con la organización de conferencias, conciertos, festivales cursos, y con la promoción de intercambios con otras Sociedades tanto de nuestra comunidad como fuera de ella y en el extranjero.

Por otra parte las Sociedades Musicales disponen de las denominadas escuelas de educandos, auténticos pequeños conservatorios de música donde a través de una enseñanza prácticamente gratuita y de alta calidad, con cursos de solfeo, e instrumentos de percusión, viento-madera, viento-metal, se forman

los futuros músicos miembros de las bandas de música.

En los últimos años las escuelas de educandos han ido ofreciendo nuevos cursos de piano e instrumentos de cuerda con la finalidad de nutrir las agrupaciones musicales con instrumentistas de estas secciones para la formación de pequeñas orquestas sinfónicas, así como ayudar a la formación de pequeños grupos de cámara dependientes de alguna de estas bandas. La explicación de este fenómeno puede estar en la diversificación de las actividades de las agrupaciones para abarcar un mayor campo de difusión.

### ***Composición de una banda de música.***

Las bandas están compuestas por un conjunto de entre veinte y treinta músicos en las agrupaciones más pequeñas, llegando hasta ciento sesenta o más músicos en las agrupaciones más grandes. El tamaño habitual de una banda es el de una plantilla de entre sesenta-ochenta músicos, llegando a cien-ciento veinte en agrupaciones más importantes. De estos alrededor de un 90 % son instrumentistas de viento y el resto de percusión.

Es evidente que las bandas de música se definen como agrupaciones musicales integradas por instrumentos de viento y percusión. Los casos de inclusión de instrumentos de cuerda o de teclado en estas formaciones hay que tenerlos como singulares o excepcionales, aún considerando la tendencia en las grandes agrupaciones de incluir en su plantilla instrumentos de cuerda - arco graves, como violonchelos y contrabajos.

La música para instrumentos de viento tiene otros cauces que los puramente bandísticos existiendo obras explícitamente compuestas para grupos instrumentales de viento, generalmente de música de cámara, pero muy raramente se han escrito obras para banda, por lo que el repertorio de estas agrupaciones, fuera del propiamente festivo, ha de nutrirse de transcripciones de obras orquestales, lo cual presenta serias dificultades.

Sin embargo, últimamente se promueve la composición de obras originales para banda, con las características instrumentales y tímbricas propias de estas agrupaciones. Compositores valencianos que destacan en esta labor han sido entre otros: Adam Ferrero, Blanquer, Mas Quiles, Cervera Collado, Cervera Lloret, Montesinos, Tamarit, Blanes, Talens, Pons, Chuliá, Forés, Cano; Bertomeu, Berná, Ramos...y han conseguido dotar a las bandas de un repertorio adecuado.

### ***Características acústicas de un recinto de ensayo de música de banda.***

Antes de entrar en las características acústicas que requiere una sala de ensayo de bandas de música conviene analizar el efecto de la geometría y morfología de un recinto en la percepción del sonido emitido en él. La presencia de superficies límites que rodean parcial o totalmente a la fuente acústica, cambia la percepción del sonido emitido, ya que la señal directa, (sin influencia por parte del recinto) se ve acompañada de unas primeras reflexiones y un sonido reverberado muy influidos por parte de las características geométricas y acústicas de la sala.

El recinto, por tanto, tiene influencia sobre la señal que se propaga en él, en base a :

- acompañar a la señal directa con unas primeras reflexiones que alteran su estructura en el tiempo a la vez que incrementan su nivel, pudiendo distorsionar su color de tono al introducir cambios en su espectro de frecuencias y modifican a su vez la percepción de la localización de la fuente.
- prolongar, entremezclar y difundir el sonido mediante la reverberación propia de los recintos cerrados. La influencia de la

reverberación radica en el hecho de que los mensajes acústicos, se componen de sonidos individuales (sílabas, acordes...) emitidos con ciertos intervalos de tiempo entre ellos. La reverberación los entremezcla, llenando de sonido los intervalos de silencio a la vez que entremezcla direccionalmente el sonido emitido por diferentes fuentes en la sala.

Por todo ello el recinto es un elemento que juega un papel fundamental en la percepción del sonido emitido en él, de forma que la sala es la última caja de resonancia del sonido emitido en la misma.

La reverberación que acompaña a cada impulso de un mensaje sonoro, puede ser útil o perjudicial dependiendo de la duración de la misma, ya que en exceso resta claridad y definición a los sonidos emitidos y por defecto no llega a entremezclarlos ni conduce a la adecuada sonoridad, sobre todo en salas grandes.

En la audición de sonidos musicales, el sonido directo acompañado de las primeras reflexiones, a pesar de dar sensación de intimidad, no es suficiente para garantizar una audición de calidad, necesitando la cooperación y en ocasiones preponderancia del sonido reverberado que entremezcla espacial y temporalmente el sonido, dando plenitud de tono y la adecuada sonoridad.

Los músicos ajustan sus medios de expresión musical, nivel de sonoridad, tempo, expresión, timbre y entonación de acuerdo a la percepción del sonido que tienen, por ello las características acústicas de una sala de ensayo influyen de una manera decisiva en la labor de preparación de la obra musical y en definitiva en el perfeccionamiento de la interpretación. La sala de ensayos puede considerarse como una extensión de los instrumentos, a través de la cual los músicos perciben el sonido y la calidad de su interpretación a la vez que la del conjunto.

La música que se hace en el ensayo debe de ser entendida y escuchada desde una perspectiva distinta a la del concierto. En el ensayo se debe realizar una audición totalmente objetiva de la música. Es en el concierto dónde debe de escucharse el todo, a ser posible desde el subjetivismo, sin dejar de valorar los aspectos técnicos y estilísticos, pues de lo contrario no habrá un disfrute total de la obra de arte musical.

Sin embargo, en el ensayo se ha de realizar una audición del todo, desde el trabajo crítico de las partes, haciendo una valoración exhaustiva de todo el complejo interpretativo. Es importante que la sala permita oír toda la gama de sonidos en todos sus parámetros con la mayor nitidez y uniformidad posible, así como permitir que todos los instrumentos se oigan entre sí y que la audición sea la misma en cualquier punto de la sala.

Para adecuar la entonación y la calidad del sonido que produce el músico prefiere una “sala más bien muerta”, sin excesiva reverberación, en la que él mismo sea el único responsable del sonido emitido, sin excesiva cooperación por parte de la sala. En espacios reverberantes los músicos no pueden desarrollar técnicas de conjunto pues la reverberación enmascara los detalles.

La facilidad de interpretar en conjunto tiene que ver con la unanimidad entre músicos sobre *tempos*, entonación, dinámica y expresión. En unas condiciones adecuadas para interpretación en conjunto la sincronización, o habilidad de detectar con precisión el *tempo* de los otros músicos, es determinante. En ella influye tanto la reverberación como el tiempo musical, de forma que un aumento en cualquiera de ambos, reverberación o *tempo*, provoca que los músicos interpreten por detrás de lo que oyen.

Las necesidades acústicas que los músicos aprecian en una sala de ensayo son :

- **Reverberación**, percibida durante los cortes o cambios de tono, ya que sostiene los sonidos emitidos. Mezcla notas adyacentes, enmascara los detalles y da la sensación de respuesta de la sala.
- **Apoyo**, que hace que el músico se oiga y que no necesita forzar el instrumento. Se percibe durante los ataques .
- **Timbre**, da la influencia de la sala en el color tonal y en el balance .Influye en la impresión del balance tonal entre instrumentos.
- **Dinámica** describe el rango dinámico que puede obtenerse en la sala y el grado en que la sala respeta las intenciones del que interpreta.
- **Facilidad de oírse entre los músicos** requerida en un grupo para interpretar en conjunto, con precisión en el ritmo, en tono, y equilibrio en nivel, timbre y expresión. La situación sólo es satisfactoria cuando existe un equilibrio entre oírse a uno mismo y oír a los demás.
- **Retrasos** como consecuencia de las distancias entre las diversas secciones y entre músicos. Puede ser causa de desincronizaciones.

Una sala de ensayos debe ser concebida para tal fin, de tal forma que la primera sensación que se obtenga en la misma sea la de intimidad y claridad. Es primordial que los músicos se encuentren “ cómodos y a gusto” desde el punto de vista acústico. El director debe conocer, tras los ensayos, la interpretación de la obra sin apoyo de la sala para posteriormente adaptarla a la acústica de la sala donde va a ser interpretada.



## ***Programa de experiencias***

El objetivo del programa de experiencias ha sido la evaluación de las características geométricas y acústicas de una muestra representativa de salas de ensayo de Música de Banda en la Comunidad Valenciana.

En las salas analizadas se han realizado medidas del ***tiempo de reverberación ( $T_{30}$ ) y de niveles del campo acústico***, en tercios de octava, en diversas localizaciones, coincidiendo siempre una con la situación del director de la banda y situando siempre la fuente en la zona habitualmente ocupada por los músicos.

Asimismo se han tomado datos de la geometría de la sala (croquis acotados de la planta y la sección), y de los materiales de recubrimiento de sus superficies, completándose lo anterior con un estudio fotográfico.

## ***Dispositivo experimental***

Las medidas del tiempo de reverberación y niveles del campo acústico han sido realizadas con el Analizador de Acústica de Edificios 4418 de la firma Brüel & Kjaer.

La fuente acústica utilizada ha sido la 4224 también de la firma Brüel & Kjaer. Se han utilizado micrófonos de condensador 4166 de Brüel & Kjaer.

## ***Salas de ensayo estudiadas***

Las 25 salas de ensayo de Música de Banda de la Comunidad Valenciana analizadas han sido :

Unión Musical de Utiel

Unión Musical La Mar Chica de Camporrobles  
Sociedad Filarmónica de Burriana  
Unión Musical Santa Cecilia de Moncofar  
Ateneo Musical Schola Cantorum de Vall d'Uxó  
Centro Instructivo de Arte y Cultura de Vall d'Uxó  
Unión Musical de Vall d'Uxó  
Sociedad La Artística de Buñol  
Sociedad Musical La Primitiva de Játiva  
Sociedad Artístico Musical La Nova de Játiva  
Centro Artístico Musical de Bétera  
Ateneo Musical Banda Primitiva de Liria  
Unión Musical de Liria  
Sociedad Filarmónica de Altea  
Sociedad Musical La Lira de Alfaz del Pi  
Instructiva Unión Musical de Tavernes de Valldigna  
Agrupación Musical L'amistat de Quart de Poblet  
Asociación Amigos de la Música de Callosa d'En Sarriá  
Grup de dolçainers La Xafigá de Muro de Alcoy  
Agrupación Musical Los Silos de Burjasot  
Casino Musical de Godella  
Juventud Musical de Albal  
Unión Musical de Ribarroja del Turia  
Sociedad Artístico Musical de Benifayó  
Centro Instructivo Cultural la Unión Musical de Benaguacil

### ***Fichas de las salas de ensayo***

Con los datos obtenidos en la visita y sesión de medidas en cada sala de ensayo se ha confeccionado una ficha para cada una de ellas que contiene sus parámetros más característicos.

En cada ficha se presenta la planta y sección de la sala a escala, con sus datos geométricos tales como : *Volumen, Superficie en planta, Superficie total de sus cerramientos y Altura media*. Asimismo se incluye una relación de los materiales de recubrimiento de sus superficies, así como cualquier incidencia u observación que se haya producido durante el proceso de medida.

Los parámetros acústicos medidos en cada sala se representan en tablas correspondientes a las medidas del tiempo de reverberación y niveles del campo acústico en las diversas bandas de tercios de octava y para los diversos puntos de medida. Así mismo se representan gráficamente los valores promedio de ambos parámetros.

### ***Análisis de las salas***

La tipología predominante en estos recintos es la de una sala prismática, cuya planta suele ser más o menos rectangular, aunque en no todas ellas las paredes laterales opuestas son paralelas. De las 25 salas estudiadas sólo 4 de ellas (la de Utiel, las 2 de Liria y la de Altea) difieren de esta tipología y presentan un pequeño anfiteatro para la distribución de público durante los ensayos. En éstas bajo el anfiteatro se ubican espacios anejos a la sala de ensayo, cerrados a la misma. Difieren de la tipología de sala aproximadamente rectangular sólo la de Bétera y la de Tavernes de Valldigna, con formas curvas ya sea un cuarto de círculo la primera y un semicírculo la segunda.

### ***Parámetros geométricos*** (sobre cuadro C.1)

***altura***

***superficie***

***volumen***

### ***Tratamientos absorbentes*** (sobre Cuadro C.2)

De las salas analizadas hay que hacer constar la gran diferencia en cuanto a tratamiento acústico existente en las mismas. Entre salas en las que se ha cuidado el acondicionamiento acústico como en Utiel, Burriana , Alfaz del Pi, Altea, Tavernes de Valldigna , Godella y las dos salas de Liria a otras que son un mero espacio residual como la Moncofar, vestíbulo de la sala de audición, y otras que son un local sin ningún tipo de acondicionamiento como la sala de la Unión Musical de Vall d'Uxó. Algunas, sin embargo, han tratado de obtener cierta absorción utilizando medios a su alcance, como la de Quart de Poblet, la Schola Cantorum de Vall d'Uxó o Benaguacil,

La superficie más tratada suele ser el techo. La mayoría de las salas estudiadas tienen el techo, o parte del mismo absorbente. El material absorbente utilizado es en la mayoría de los casos placas acústicas de material poroso o escayola perforada con absorbente tras ella. Otras veces se utilizan recursos caseros como estuches de cartón, bandas textiles, tela de saco. En una de ellas se utilizan resonadores de diversa geometría (Tavernes de Valldigna). Cuando esta superficie es reflectante lo es enlucida y pintada.

El suelo, en la mayoría de los casos reflectante, es de terrazo, cerámico, baldosa de hormigón o parquet. Cuando es absorbente lo es de moqueta, linóleo o tarima de madera y sólo lo tienen todo o en parte seis de las salas estudiadas.

Los cerramientos verticales suelen ser reflectantes, enlucidos y pintados en sus partes ciegas junto con superficies de cristal y madera. El tratamiento absorbente de estas superficies suele ser cortinas, entelados sobre un material absorbente, moqueta o corcho. La sala de Alfaz del Pi utiliza paneles perforados alternativamente con paneles lisos, a modo de batería de resonadores.

**Parámetros acústicos** (sobre cuadro C.3 y C.4)

**tiempos de reverberación**

**niveles sonoros**

**absorción**

### **Encuestas**

La correlación entre los parámetros objetivos, geométricos y acústicos obtenidos del programa de experiencias, con la estimación subjetiva que de la calidad de audición tienen los usuarios de las salas, pretende ser la base con la que establecer los valores adecuados de los primeros para garantizar una adecuada audición. Con este fin se ha elaborado la encuesta que a continuación se detalla.

A la hora de correlacionar términos técnicos o parámetros acústicos, con las percepciones que producen o criterios subjetivos es fundamental la utilización de un lenguaje adecuado e inteligible por ambas partes (técnicos y músicos), ya que habitualmente el vocabulario utilizado no es concordante. Por ello, en la elaboración de las preguntas de la encuesta ha participado también el director de la banda de la Asociación de Amigos de la Música de Callosa d'En Sarriá, que a su vez es profesor de armonía y composición musical.

La encuesta realizada contiene las preguntas que se relacionan a continuación junto con la relación de las mismas con los términos técnicos, **curva tonal, comportamiento en bajas frecuencias, claridad, reverberación y sonoridad o nivel del campo acústico, :**

1.- *¿Se distingue claramente, durante el ensayo, los diferentes elementos que constituyen una obra musical ( melodía, contrapunto, acompañamiento, etc.) ?*

---

Para percibirse claramente las diversas partes de una obra musical se necesita fundamentalmente un adecuado balance en frecuencias. La forma de la curva tonal de la sala contestaría a esta pregunta.

---

*2.- Cuando en un momento determinado, en el ensayo de una obra, intervienen los instrumentos graves (incluidos Bombos y Timbales) ¿Se produce algún tipo de enmarañamiento o caos sonoro ?*

De producirse cierto caos sonoro al intervenir los instrumentos graves es debido a un desequilibrio de la curva tonal en bajas frecuencias, es decir una excesiva reverberación en bajas frecuencias.

---

*3.-¿Permite la acústica de su sala de ensayo diferenciar con claridad los distintos timbres instrumentales ?*

La sala debe tener claridad , inteligibilidad, para diferenciar los timbres instrumentales. En una sala clara predomina el campo directo frente al reverberado. Luego son salas absorbentes, con bajos tiempos de reverberación sobre todo en altas frecuencias.

---

*4.-¿Le permite su sala localizar en el espacio, con facilidad, un instrumento determinado dentro del conjunto de la banda ?*

En la sala debe predominar el campo directo para localizar fácilmente a los diversos instrumentos. El sonido directo es direccional frente al reverberado que es difuso. La reverberación mezcla los sonidos de todos los instrumentos y

dificulta la localización. Una sala con baja reverberación permite la fácil localización de los instrumentos.

---

5.- *¿Se escucha con igual intensidad el registro grave que el agudo ?*

Para que así fuera es necesario un adecuado balance en frecuencias y por tanto una adecuada curva tonal.

---

6.- *¿Es igual de clara ( en cuanto a ataques, determinación de ritmos, percepción de valores, etc.) la ejecución en los pasajes donde intervienen instrumentos graves que en los que intervienen instrumentos cuya tesitura pertenece al registro agudo ?*

La sala debe de resultar clara, seca, en graves y agudos por tanto el tiempo de reverberación ha de ser bajo tanto en altas como en bajas frecuencias.

---

7.- *¿En su sala de ensayo se consigue contrastar los distintos matices dinámicos ? ¿Se reconocen igualitariamente los distintos planos sonoros en un matiz piano o pianissimo que un matiz forte o fortissimo ?*

En un *piano o pianissimo* se escucha al instrumento, al sonido directo, en un *forte o fortissimo* se escucha la sala o el sonido reverberado por la misma. Para reconocer igualitariamente los distintos planos sonoros en un *pianissimo* que en un *fortissimo* es necesario un cierto equilibrio entre el campo directo y el reverberado, dado por la absorción de la sala.

---

8.- *Si durante el ensayo usted realiza algún tipo de explicación o si el músico hace algún comentario, ¿Son acústicamente inteligibles las palabras de ambos ?*

La inteligibilidad de la palabra conlleva la claridad, siempre que haya nivel suficiente y por tanto un bajo tiempo de reverberación fundamentalmente a altas frecuencias.

---

9.- *Cuando en el ensayo se trabaja sobre un pasaje de cierta dificultad rítmica y vivacidad en el tempo ¿Ha notado si, en alguna ocasión, las condiciones acústicas de la sala contribuyen a que en dicho pasaje se produzca un ligero desajuste ?*

Un desajuste en un pasaje con cierta dificultad rítmica puede ser debido a un desequilibrio del tiempo de reverberación en bajas frecuencias.

---

10.- *Cuando se pide una dicción determinada de los sonidos (cortos, largos, staccato, legato, distintos tipos de acentuación, etc..) ¿se consigue en su sala el efecto requerido ?*

Estos efectos se consiguen con una reverberación adecuada. En una sala muy reverberante será difícil obtener un corto o un *staccato*.

---

11.- *¿Han comentado los músicos, que durante el ensayo tienen dificultad en oírse entre ellos, que los clarinetes no oyen a los saxofones o que la percusión no percibe con claridad al resto de la banda ? En caso afirmativo indique que instrumentistas tienen dificultad en oír a qué instrumentos.*



La posibilidad de oírse entre las distintas secciones depende de la preponderancia del sonido directo y primeras reflexiones frente al reverberado.

A mayor reverberación mayor dificultad para oírse las secciones más alejadas entre sí.

---

12.- *En el fragmento de una obra dónde suena alternativamente un solista o un pequeño grupo instrumental o el tutti de la banda ( todos ellos con el mismo matiz dinámico) ¿Encuentra en su sala de ensayo un adecuado nivel sonoro para los tres grupos citados ? Si por el contrario su sala de ensayo es más favorable a la audición de alguno de ellos ¿cuál es el grupo más favorable ?*

Para poder tener un nivel de sonoridad adecuado para diversas potencias, la sala debe poder regular el nivel del campo reverberado y eso sólo es posible con una adecuada absorción que permita que la sala no sea muy estridente en un tutti de la banda y se oiga suficientemente a un solista.

---

13. ¿Qué cualidades acústicas le pediría usted a una sala de ensayo para una Banda de Música ?

14. De todas estas cualidades ¿Cuáles cree que tiene su sala de ensayo ?

15. ¿Qué defectos cree usted que tiene su sala de ensayo ?

16. Observaciones. Apreiciaríamos cualquier comentario adicional que en su opinión sea interesante sobre el tema en cuestión.

Las preguntas 1, 5 y 6 responden al **balance en frecuencias**, es decir al adecuado tiempo de reverberación con la frecuencia y por tanto a la **curva tonal**.

Las preguntas 2 y 9 explican el **comportamiento** de las diversas salas **en bajas frecuencias**.

De la **reverberación** de las salas para obtener la adecuada inteligibilidad musical responden las preguntas 9 y 10.

Las preguntas 3, 4, 7, 8 y 11 contestan a los diferentes aspectos que dan **claridad** a una sala tales como la sonoridad del campo directo frente al reverberado, la adecuada absorción y un tiempo de reverberación corto a altas frecuencias.

Finalmente sobre la adecuada **sonoridad** de las salas, dependiente del nivel del campo reverberado y por tanto de la absorción presente en las mismas responden las preguntas 7 y 12 .

Para que una sala haya sido considerada adecuada respecto a un parámetro, las respuestas a las preguntas que lo definen tienen que haber sido contestadas positivamente en su totalidad. Por el contrario cuando han sido contestadas negativamente en su totalidad, la sala ha sido considerada inadecuada. En caso de duda se ha considerado indiferente. Cuando una observación contradice las respuestas a las cuestiones 1 a la 12 prevalece la opinión dada en la observación o la respuesta a las preguntas 13, 14 ó 15.(son el caso de las salas marcadas con \*)

Finalmente se puede concluir que, respecto a las cinco cuestiones básicas planteadas en la encuesta, las salas responden de la siguiente forma :

Cuestión	Salas adecuadas	Salas indiferentes	Salas no adecuadas
Curva Tonal	Utiel Camporrobles Bétera Alfaz del Pi Muro de Alcoy	Vall d'Uxó Játiva Liria Godella	Moncofar Callosa d'En Sarriá Tavernes de Valldigna
Bajas frecuencias	Utiel Camporrobles Játiva Bétera Alfaz del Pi Godella		Moncofar Vall d'Uxó Liria * Callosa d'En Sarriá Tavernes de Valldigna* Muro de Alcoy
Reverberación	Utiel Camporrobles Játiva Bétera Liria Alfaz del Pi Tavernes de Valldigna Muro de Alcoy		Moncofar Vall d'Uxó Callosa d'En Sarriá Godella*
Claridad	Utiel Camporrobles Bétera Alfaz del Pi Tavernes de Valldigna	Játiva Liria Muro de Alcoy Godella	Moncofar Vall d'Uxó Callosa d'En Sarriá
Niveles	Utiel Camporrobles Bétera Alfaz del Pi	Vall d'Uxó Muro de Alcoy Godella	Moncofar Játiva Liria * Callosa d'En Sarriá Tavernes de Valldigna*

### **Análisis de los resultados**

En cada una de las gráficas analizadas aparece una nube de puntos representando cada uno de ellos a una sala, destacando las salas que son adecuadas de las que no lo son, de acuerdo al aspecto analizado en ellas. Uniendo los puntos que representan a las salas adecuadas se dibuja un polígono, que da el posible margen de variación de los parámetros analizados. Es ésta una primera aproximación (debido al número de encuestas recibidas) al intervalo de valores adecuados para cada parámetro. Por otra parte la forma de la nube de puntos puede dar la correlación existente entre los dos parámetros estudiados. Las salas de Muro de Alcoy y Camporrobles no entran dentro del estudio ya que, posteriormente a la sesión de medidas, se realizó el acondicionamiento de las mismas y la encuesta corresponde a la apreciación de la acústica de la sala después de realizado éste.

Hallando la intersección de los intervalos anteriormente obtenidos, de forma que se obtenga un juicio adecuado respecto a todos los aspectos analizados, **curva tonal, comportamiento en bajas frecuencias, reverberación, claridad y nivel del campo acústico**, se obtiene :

$$\begin{aligned} 0,6 \text{ s} < T_{R250} < 1 \\ 0,5 < T_{R500} < 1 \\ 0,5 < T_{R1000} < 1 \\ 0,4 < T_{R4000} < 0,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 87,9 \text{ dB} < L_M < 92,9 \text{ dB} \\ 624 \text{ m}^3 < V < 959 \text{ m}^3 \\ 3 \text{ m} < h < 5,9 \text{ m} \\ 0,5 \text{ s} < T_{R1000} < 1 \text{ s} \end{aligned}$$

## **Conclusiones**

La principal problemática en el diseño de una sala de ensayo de música de banda reside en proporcionarle **la adecuada absorción**, para evitar su estridencia, dado el tamaño y potencia de la fuente, a la vez que dotarla de la necesaria reverberación para que la audición de la música en ella tenga las condiciones adecuadas para un ensayo.

Hacerla demasiado absorbente repercutiría en un sonido excesivamente seco, sin mezcla entre sonidos emitidos sucesivamente en el tiempo, aunque claro, discernible cada sonido individual ya que tampoco se mezcla el sonido de los distintos instrumentos. A la vez se obtendría una sonoridad adecuada, dado el tamaño de estas salas.

Hacerla demasiado reverberante repercutiría en un sonido excesivamente entremezclado, tanto de los diversos instrumentos como en el tiempo, vivo, más parecido por tanto a la audición de música en un concierto y a la vez esto contribuiría a un nivel de sonoridad excesivamente elevado y, por tanto, a la sensación de estridencia.

Por todo ello, es más favorable una sala seca, clara, que una demasiado reverberante. La regulación de la ***absorción, el volumen y la altura*** puede dar el equilibrio entre estos dos extremos.

***El área de absorción, el volumen y la altura como factores reguladores de la reverberación y la sonoridad de una sala.***

La potencia emitida por una banda de música es, en general, elevada tanto por la potencia individual que emiten los instrumentos como por el elevado número de componentes de la misma. (El nivel de potencia emitido

puede variar entre grandes límites (60-130 dB entre un *pianissimo* y un *fortissimo*). Sin embargo los recintos dedicados a salas de ensayo de las mismas no suelen ser de grandes dimensiones (superficies en planta entre 50-250 m<sup>2</sup>) lo cual no permite el empleo de excesiva absorción y por tanto el nivel del campo acústico en las mismas puede llegar a ser muy elevado, y en ocasiones producir estridencia.

El volumen de una sala de ensayos es un factor que varía entre límites grandes ( en la muestra estudiada entre 184 y 1269 m<sup>3</sup>) y cuyo valor puede influir decisivamente en la calidad de audición de la misma, ya que no sólo influye, directamente, en el tiempo de reverberación, sino también en el nivel del campo acústico que se obtiene en las mismas. Así para obtener una adecuada reverberación ( entre 0,5 s y 1 s) se requiere una determinada relación entre el volumen V y el área de absorción de la sala A ( $V/A = 3,1- 6,2$ ). En salas con volumen reducido, la absorción también lo es y por tanto se alcanzarán niveles del campo reverberado excesivamente altos. Para evitar la sensación de estridencia a que esta situación puede conducir, habría que recargar excesivamente la absorción, con la considerable coloración del sonido a la vez que se reduciría drásticamente la reverberación de la misma. Por todo ello la elección del volumen de una sala de ensayos es un factor decisivo en su posterior calidad acústica.

La altura de una sala de ensayos tiene mucho que ver con el volumen de la misma, dado que las superficies que ocupan en planta las diversas salas son muy similares. Proveer a una sala de la altura adecuada supone asimismo dotarla del volumen necesario para regular la sonoridad del campo acústico y la reverberación.

El objetivo del anterior ajuste de los diversos parámetros acústicos y geométricos ha sido el de obtener una adecuada sonoridad del campo acústico a la vez que la necesaria reverberación , en definitiva ajustar el par de valores  $L_M, T_R$ .

Así, finalmente representando en un gráfico conjunto el valor del nivel de sonoridad y el tiempo de reverberación de las diversas salas, caracterizando a cada una de ellas por un dígito correspondiente a su absorción, volumen o altura, se obtienen las siguientes tres gráficas, en las que figura sombreada la zona de valores adecuados tanto en cuanto a sonoridad como a reverberación.

Por todo lo anterior las conclusiones que se pueden extraer del análisis de las salas estudiadas en la presente memoria son las siguientes:

- Para tiempos de reverberación superiores a 1,2 s un aumento en el tiempo de reverberación implica necesariamente un aumento en el nivel del campo acústico.
- Para tiempos de reverberación inferiores a 1,2 s el nivel del campo acústico varía entre grandes límites para un mismo valor de la reverberación, tendiendo a ser dependiente del volumen o de la altura.
- Todas las salas con absorción aproximadamente mayor de 150 m<sup>2</sup> se sitúan en la zona adecuada de sonoridad y reverberación.
- Ninguna sala con volumen inferior a 600 m<sup>3</sup> entra en la zona de adecuada sonoridad y reverberación.
- Todas las salas con volumen mayor de 600 m<sup>3</sup> se aproximan a dicha zona entrando en ella sólo las cumplen además la condición de absorción. (A > 150 m<sup>2</sup>)
- Todas las salas con altura mayor de 4 m se sitúan en la zona adecuada de sonoridad y reverberación.





**1.1.- Objeto y antecedentes**

El presente trabajo pretende ser una contribución al estudio y sistematización de la acústica de salas aplicada a los recintos de ensayo de bandas de música.

Tiene su origen en la observación de la diversidad de formas, dimensiones y acabados que presentan las distintas salas de ensayos de cada Sociedad Musical a lo largo y ancho de la Comunidad Valenciana. En general, la construcción de estas salas se ha realizado aparte de las correspondientes subvenciones de Organismos de Promoción Cultural, siempre con el esfuerzo y ,en ocasiones, la participación directa del trabajo de los músicos y socios que se ponen al servicio de la Sociedad para conseguir un local de ensayo adecuado.

Es evidente que la falta de un catálogo de calidad de audición de las salas de ensayo de música de banda no favorece en absoluto la labor de los músicos ni la de los directores de las bandas, que en muchas ocasiones ven frustrados sus intentos de perfeccionar la interpretación de diversos pasajes al realizar sus ensayos en salas con condiciones acústicas inadecuadas.

Desde el punto de vista musical, el conocimiento de las condiciones acústicas de las salas de ensayo permite a los músicos y sobre todo al director justificar sus adaptaciones de las diversas obras según la sala en las que van a ser interpretadas.

Por otra parte, un estudio exhaustivo de las condiciones acústicas de estas salas, contrastado con encuestas a los directores y a los músicos nos

permitiría “trazar las primeras rayas” de lo que podría ser una “sala tipo” para ensayos de música de banda.

Desde el punto de vista arquitectónico conocer las condiciones que necesariamente debe tener una sala de ensayos adecuada, es importante para encauzar de forma razonada las inversiones que en infraestructura se distribuirán año tras año desde los distintos Organismos de la Administración responsables de la Promoción Cultural.

Este trabajo, que analiza un porcentaje pequeño de las salas de ensayo existentes, pretende colocar una primera piedra en la obra, más ambiciosa, de analizar una mayor cantidad de salas, lo cual posibilitaría la confección de un catálogo de salas de ensayo, con sus características geométricas y acústicas así como su adecuación o no como sala de ensayo y las posibles intervenciones acústicas tendentes a mejorar su calidad de audición.

Este estudio tipológico contribuiría a la obtención de los valores adecuados para los diversos parámetros geométricos y acústicos que permitieran diseñar la “sala de ensayos ideal” para cada caso en función de sus características particulares, como el número de músicos componentes de la banda, superficie disponible en planta, márgenes posibles para la altura....etc. Un trabajo más ambicioso conducente a la obtención de dicho catálogo requeriría una financiación importante por parte de la Administración. Hasta la fecha no ha sido así y este trabajo no ha disfrutado de ningún tipo de subvención, habiendo sido realizado gracias a los propios medios que el Grupo de Acústica Arquitectónica y del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia ha podido disponer.

### **2.1.- Aproximación histórica**

En la Comunidad Valenciana, ha existido desde siempre una tradición musical íntimamente ligada al carácter abierto y mediterráneo de nuestro pueblo.

Esta tradición se puede apreciar, por ejemplo, en los vestigios que quedan de los asentamientos íberos como el del “*Cerro de San Miquel de Lliria*”; donde aparecen en unos vasos cerámicos unos músicos haciendo sonar sus instrumentos entre los que se distingue una mujer que tañe *un aerófano o doble flauto* y un hombre tocando *un cuerno de boca ancha*. O bien en el yacimiento de “*El santuario de la Serreta*” en Alcoy donde se encontró un grupo de terracota que representaba a *la Gran Diosa de la Fecundidad y la Muerte*, con una mujer y un niño que tañen *una doble flauta*.

Durante la época romana y debido al fenómeno de la romanización, las inclinaciones de la sociedad se fueron alejando paulatinamente de lo íbero para aproximarse a las nuevas formas de vida de los recién llegados. Existen indicios que muestran como el proceso de romanización no afectó por igual a todos los niveles sociales de la población, en las clases bajas ésta no llegó a profundizar, e incluso poblaciones de clases sociales más elevadas seguían viviendo según las tradiciones íberas marcadas por sus antepasados.

Para obtener datos sobre este periodo hay que acudir a la lectura de textos clásicos como “*Las Etimologías de San Isidoro de Sevilla*”, donde se teoriza sobre fragmentos de autores greco-romanos que trataron el tema musical en la época que nos interesa. De aquí se pueden extraer varias

conclusiones de como estaba estructurada la música culta, aunque no la popular en la civilización romana. En sus orígenes la música no sólo se utilizaba en las ceremonias religiosas o en los desfiles militares, sino que también en las demás facetas de la vida aparecía la música como en los cantos de himeneo de los casamientos, los trenos y lamentos al son de las flautas en los entierros, o en los banquetes la lira o la cítara iba pasando de mano en mano etc...

En estos escritos se definen las tres partes en las que se dividía la música: *La Armónica; que distingue entre los sonidos graves y agudos, La Rítmica; que es la parte que requiere el concurso de la palabra determinando si la música se adapta bien a ella y La Métrica consistente en la medida de las sílabas de los versos.*

Como tipos de música aparecen: *la música armónica que distingue entre armonía y sinfonía (de la que es opuesta a la diafonía), quedando además la eufonía o la suavidad de la voz; La música orgánica que es aquella producida por instrumentos que emiten sonidos al pasar aire a través de ellos como la trompeta, el caramillo, la flauta y el órgano; y la música rítmica que es aquella que conviene a los instrumentos de cuerda y percusión como cítaras, liras, sistros, tímpanos, campanillas etc...*

Esta obra, como muchas otras, fue de vital importancia al preservar la cultura clásica durante un periodo en el que ésta, se hundía debido en gran parte a la crisis socio-económica del siglo III después de Cristo; que provocó la desaparición de numerosas ciudades y por tanto el modo de vida que en ellas se desarrollaba. La población se refugiaba en el campo en las fincas agropecuarias de los ciudadanos adinerados, volviendo a las antiguas tradiciones íberas que en el campo nunca se habían acabado de perder.

Así que en una gran parte de nuestro territorio, se produjo el paso entre una cultura íbera muy arraigada a lo largo de muchos siglos al islamismo

directamente sin pasar por la romanización y su posterior cristianización.

A pesar de ello es evidente que la religión cristiana existió en el Levante de la Península anteriormente a la llegada de los musulmanes y que cohabitó con la cultura islámica a través de la cultura mozárabe. Por lo tanto el rito hispánico debió practicarse sin lugar a dudas en la zona levantina.

Dentro de las influencias que pudiera recibir el rito hispánico durante su gestación, no hay que dejar de lado las tradiciones hebreas ya que dentro de la sociedad hispano-musulmana, los hebreos ocupaban un lugar importante. Del mismo modo no hay que despreciar los ritos y tradiciones hispano-romanos supervivientes.

Las influencias de las tradiciones musicales hebreas se limitan a *las cantilaciones bíblicas y la salmodia*. Además, las buenas relaciones con la iglesia bizantina o los viajes al oriente cristiano por parte de algunos de los padres de la iglesia levantina, marcaron toda una serie de matices orientalizantes en el rito hispánico. Sin olvidarse de las influencias de la liturgia romana-carolingia o con las iglesias norte africanas por proximidad.

De tal forma que la música religiosa mozárabe es un cúmulo de adaptaciones e influencias de todas las diferentes culturas que se dieron cita en nuestro territorio. Básicamente estuvo vigente desde 660 hasta el siglo XI, denominándose *Canto Mozárabe*, aunque más propiamente debiera llamarse *Música Visigótico Mozárabe o Hispánica*, ya que su origen es anterior a la llegada del Islam a la Península.

Otras denominaciones fueron la de *Canto Eugenio*, ya que para él tuvo la misma importancia el Obispo Eugenio como la tuvo para el *Canto Gregoriano* San Gregorio; la de *Canto Toledano*, por el factor preponderante de Toledo en su gestación, o por el valor de San Isidoro de Sevilla, *Canto*

*Isidoriano.*

El *Rito Hispánico* tuvo su edad de oro entre los años 589 y 711, estando el repertorio completo en el año 660. Esta tradición fue poco a poco perdiendo posiciones frente al incipiente *Canto Gregoriano*, proceso que culminó en el año 1071 con la abolición del *Culto Mozárabe* mediante “*la Lex Romana*”.

En cuanto al valor melódico de esta liturgia permanece en su mayor parte desconocido ya que al estar transcrito en *notación neumática “in campo aperto”*, como el *Canto Gregoriano* solo se indica el número de notas y no la exacta diastemia que permite la transcripción de todas las entonaciones del canto. Las pocas que se han podido recuperar lo han sido por haberse conservado en *notación aquitana*.

Todo lo relatado anteriormente se refiere a la música sacra; lo poco que conocemos de esta época de música profana es a través de los comentarios sobre el tema de San Isidoro de Sevilla en sus *Etimologías*, donde se narra la profusión de música, canto y danza en todos los actos sociales no religiosos. Aunque a partir del siglo VI la Iglesia visigótica mozárabe se dedicara a perseguir y castigar el canto profano y sobre todo la danza.

Sin embargo en la sociedad islámica el músico no estaba tan bien considerado como en la visigótica, de hecho incluso se llegó en algunos periodos a persecuciones, castigos y prohibiciones por parte de las autoridades tanto religiosas como políticas. Curiosamente los poetas gozaban de un gran prestigio social, y en consecuencia los poetas en la España musulmana eran de origen islámico mientras que músicos extranjeros componían música para sus versos. Pese a todas estas cortapisas, la música pervivió.

En el periodo de dominación islámica, solo se entendía la música religiosa como una declamación pausada del Corán, aunque con la influencia

de las otras culturas con las que convivían, la música fue cogiendo auge. Esta música que se hacía en la Península en el siglo IX, curiosamente, era exactamente igual a la que se producía en *la escuela de Medina* en Oriente.

A partir del siglo XI la música ya estaba tan integrada en la sociedad musulmana en la Península que no solo los grandes príncipes tenían grupos de instrumentistas en sus cortes, incluso en las casas de gente adinerada estaba extendida la costumbre de disponer de grupos de músicos que se denominaban *Cítaras*, además la buena educación obligaba a las jóvenes a saber cantar y tocar el laúd así como otros instrumentos. Toda esta laxitud moral del Islam en la Península se vio acentuada por el hecho que algunos reyes de taifas fueran de origen europeo.

Esta época produjo grandes compositores valencianos, que incluso trascendieron fuera de nuestras fronteras tanto en las diversas cortes cristianas como en la zona de influencia islámica.

En cuanto a los instrumentos, la Península fue una buena productora, llegando incluso a la exportación. El mayor foco productor era Sevilla y los instrumentos que allí se fabricaban eran: *el jayal, el carrizo, la rota, el rabel, el canún (salterio o arpa), el munis, la quenisa (cítara), la guitarra, el zolamí (dulzaina), la xocra (flauta grave) y la nura (flauta aguda)*. Otros instrumentos empleados fueron *el adufe (pandero), el órgano (heredado de la cultura grecorromana y bizantina), el tombur, el mizami (bandola de Badaghd de mástil largo y dos o tres cuerdas), la mizafa (arpa de cinco a doce cuerdas), el sornay (especie de silbato), el nay (similar al aulós griego), el donay (semejante al diaulós griego), además del omnipresente laúd con gran diversidad de tipos y dimensiones, con los consiguientes cambios de altura y calidad de sonido*.

Principalmente la música instrumental estaba asociada a la cantada, aunque las piezas instrumentales también eran apreciadas. Frecuentemente,

las canciones o los poemas musicados eran precedidos por un largo prelude que situaba a los oyentes en el ambiente del contenido poético de la canción.

En el entorno cristiano, durante la Edad Media, dentro de la música sacra lo más significativo fue la representación de los denominados *Dramas Lírico-sacros*. Estos pasajes dramáticos que se incluían en la liturgia cristiana se utilizaban para fortalecer la fe, educar a los recién llegados a la iglesia y ejercer el apostolado entre los múltiples infieles que convivían en el Reino de Valencia.

La génesis de estos dramas se inició con la lectura dialogada de los textos bíblicos, poco a poco se pasó a la dramatización y a la incorporación en los textos originales en latín pasajes en lenguas vernáculas para potenciar su carácter didáctico.

Además de este proceso se produjo un alejamiento paulatino de la liturgia oficial, añadiéndose episodios relativos a la vida de Jesucristo, de la Virgen María y los Santos, así como escenas del *Antiguo Testamento*.

En estos espectáculos el uso de la música era obligado, del mismo modo que los abusos del público estaban a la orden del día. Estos hechos así como el progresivo alejamiento de la doctrina oficial originaron una serie de censuras y prohibiciones que culminaron en el *Concilio de Trento* a mediados del siglo XVI con la prohibición definitiva de este tipo de representaciones en el interior de los templos.

En el Reino de Valencia, la población de musulmanes y judíos era muy numerosa, por lo que estos dramas religiosos fueron de vital importancia para la conversión de toda esta población.

Las melodías y textos eran extraídos de la liturgia del día, o bien



mediante el procedimiento del “*contrafactum*” que consistía en la adaptación de un tema litúrgico, piadoso o popular a través de la sustitución del texto original por uno relacionado con el tema del drama a representar conservando la melodía original.

Estas representaciones fueron muy prolíficas en nuestro entorno cultural por las razones antes expuestas, una de las más antiguas que se conocen es “*La Palometa de Pentecostés*”, u otras como “*El Canto de la Sibila*”, “*La Gloriosa Natividad de Jesús*” o luego dentro de la festividad del Corpus con una larga tradición en Valencia aparecen los tres misterios de: “*Adán y Eva*”, “*San Cristóbal*” y “*El Rey Herodes*”. Estas representaciones se realizaban en la misma procesión sobre unos carruajes denominados “*Rocas o entremesos*” haciendo uso del mismo término para la representación y para el escenario. A parte de estos, también se representaba “*El Misterio de la Asunción de la Virgen María*” y por último uno de los más importantes y que más tiempo ha pervivido: “*La Festa d’ Elx*”.

El texto literario musical nos ha venido transmitido a través de “los consuetas” mostrando las acotaciones escénicas tal y como se conocen hoy en día. Actualmente se conocen seis consuetas distintos.

- El “*Consueta del Arca de tres llaves*”, cuyas referencias basadas en documentos históricos lo citan como fuente original del drama.
- El “*Consueta de 1625*”, copiado del anterior por Gaspar Soler Chacón, aunque su grado de fidelidad debe ponerse en tela de juicio por las posibles aportaciones, sustituciones, supresiones o mejoras realizadas por este último. A esto se debería de añadir el hecho de estar transcrito sólo en su parte literaria, en un momento en el que este tipo de dramas tenían problemas para ser representados dentro de los recintos de los templos.

- Las dos únicas publicaciones hechas del texto de *La Festa*, parecen estar hechas a la luz del manuscrito de 1625. Estas dos publicaciones fueron la realizada por el archivero Pedro Ibarra y Ruiz en 1924 y en 1929, además de la contenida en el libro “ *La Festa o Misterio de Elche* “ obra José Pomares Perlesia.
- El “ *Consueta de 1639* “ se conserva en su totalidad de la parte literaria y en tres fragmentos musicales en la obra de 1887 de Javier Fuentes y Ponte: *Memoria histórico descriptiva del Santuario de Nuestra Señora de la Asunción en la ciudad de Elche*.
- El “ *Consueta de 1709* “ debido al Presbitero Joseph Lozano y Roiz, incluyendo partes musicales y literarias.
- El “ *Consueta de 1722* “ es una copia del anterior de la mano de la misma pluma.
- El “ *Consueta de 1751 o Llibre de la Festa de Nostra Senyora* “ se trata de una transcripción literaria con anotaciones del manuscrito de 1625; apareció en 1984.
- El texto traducido data de 1700 y es atribuido a Claudiano Phelipe Perpiñan. Este texto altera el sentido de algunos pasajes eliminando otros. Pese a esto es considerado por muchos autores como un *Consueta* de este Drama Lírico sacro.

Todos estas representaciones musicadas estaban rodeadas de un simbolismo muy profundo. En el caso de *La festa d' Elx*, se da en ciertos momentos álgidos de la representación como cuando baja el Angel en una

*mangrana o núvol* que se abre en ocho gajos dando la imagen de una palmera cuyo tronco es representado por el Ángel. Ya que según la leyenda Aurea de Jacobo de Vorágine, la palma es entregada a María en señal de la perfecta victoria que había alcanzado del pecado, del demonio y de la misma muerte.

Además de este momento aparecen otros igualmente brillantes y simbólicos a la vez; como el descenso de la “ *rescèlica* “ hasta la sepultura de la Virgen, la Asunción del cuerpo y alma de María a los cielos o el descenso de la Santísima Trinidad y la Ascensión a los cielos de la Virgen coronada. Concluyéndose así el Drama con un Gloria Patri et Filio acompañados por un atronador despliegue de pólvora y repique de campanas.

Musicalmente hablando las piezas de órgano que se escuchan a lo largo de la representación no son tal y como lo eran en sus inicios o en su momento de máximo esplendor que estarían a la merced del buen gusto, conocimientos y técnicas de los organistas y maestros de capilla de la época.

También es verdad que los preludios e interludios actuales, si bien están basado en temas ofrecidos por los *Consuetas*, adolecen según algunos autores de caracteres estético - armónicos un tanto post románticos que no encajan del todo con el carácter antiguo del resto de la obra en general.

Actualmente, el órgano se emplea también para fijar la altura del sonido antes de cada intervención vocal así como para enfatizar los momentos culminantes de la representación.

Por otra parte en algunas piezas polifónicas existió la costumbre de substituir o duplicar algunas voces por instrumentos para tocar en lugar de cantar la línea del bajo. Esta duplicación fue muy corriente durante el Renacimiento y el Barroco cuando en las piezas el papel preponderante del bajo era realizado en muchos casos por el fagot.

Aunque en la obra que nos ocupa en los *consuetas* no se indican estas substituciones, la anotación “ *De Capella* “ que aparece esporádicamente indica que cuando no apareciera la masa coral tendría un acompañamiento musical.

En cuanto a la música no sacra, esta estaba articulada fundamentalmente alrededor de las Cortes, a través de los *Juglares*, los *Trovadores* y los *Ministriles*.

La dedicación de los juglares, con no demasiada preparación musical, era la de interpretar canciones de otros autores así como bailar danzas que incluían en la mayoría de los casos, exhibiciones y juegos. De tal modo que sus funciones eran básicamente la animación de fiestas populares y privadas para un público no demasiado exigente artísticamente hablando.

A parte de la animación, y dado su carácter inquieto y nómada, otra de las funciones que llevaron a cabo fue la de contadores de historias y hechos reales más o menos novelados y dramatizados a lo largo y ancho de todo nuestro ámbito territorial.

Los historiadores sitúan a los juglares por nuestros caminos antes incluso de la Conquista de Jaime I, ya que en las “ *Ordinacions de Cort* “ aparecen reglamentaciones de cómo se debían regir los juglares y los músicos. Además existe documentación escrita sobre la presencia de nuestros juglares en la Corte de Aragón, destacando algunos grupos de Moros y Moras Valencianos y en especial de Xàtiva, ya no sólo en Valencia sino en Barcelona y Zaragoza también.

El papel de los juglares fue importante en diversos aspectos de nuestra cultura, desde la música hasta al Teatro, ya que contribuyeron al desarrollo del Teatro Valenciano siendo requeridos para diversas representaciones

tradicionales como “ *El joc del rei Paxero* “.

Los instrumentos que utilizaban eran los de las secciones de viento, cuerda y percusión. Si bien inicialmente no tenían una formación y una especialización musical clara, con el tiempo la fueron adquiriendo hasta el punto de especializarse individualmente en un instrumento que hacía las veces de apellido. Sus servicios eran requeridos por miembros de la corona, de la nobleza, la iglesia o los ayuntamientos.

Otro de los movimientos que influyeron en la cultura musical de la Valencia de la Edad Media e inicio del Renacimiento fue el movimiento Trovadoresco. Originario del Midi Francés se extendió desde finales del siglo XI hasta finales del siglo XVI. Estaba formado por miembros de la nobleza, bien instruidos, quienes como músicos poetas llegaron a disponer de un gran repertorio, aunque en un principio en nuestro ámbito territorial no fueron muy bien vistos por discrepancias políticas entre la Corona de Aragón y el Midi Francés en la forma en que se llevó a cabo la conquista y la repoblación de las tierras conquistadas en el Levante Penínsular.

Inicialmente la vida musical de los nuevos territorios no paso más allá de las necesidades bélicas y de la continuidad de las tradiciones mozárabes tan del agrado de los conquistadores y de los nuevos pobladores. Con el paso del tiempo y el declive de la cultura independiente del Midi Francés, el movimiento trovadoresco emigró hacia el sur siendo acogidos por la Corona de Aragón. De los más fieles e importantes fue *Gerverí de Girona*. Este hecho facilitó la composición de poemas épicos sobre la Conquista que luego fueron transmitidos por ellos y por juglares por todo el territorio.

La actividad trovadoresca estaba ligada a los desplazamientos y estancias de la Corte Real por los distintos lugares. Las composiciones se perdieron en su mayoría, a parte que se trataban en el mayor de los casos de una misma composición musical para una serie de poemas o incluso

adaptaciones de músicas muy conocidas tomadas de la Liturgia.

La influencia de este movimiento en la evolución de nuestra cultura fue muy rica pese a las cortas estancias de la corte; ya que nuestros grandes poetas no fueron ajenos a esta influencia, tanto Ausiàs March como Jordi de Sant Jordi que a la vez que poeta era músico aunque no se conserve ninguna pieza propia si se conservan unos excelente poemas.

En esta época empezaron a surgir pequeñas *coblas* o grupos instrumentales que representaron el embrión de las futuras agrupaciones musicales que con el tiempo proliferarían, se ampliarían y especializarían. Como se puede apreciar en alguna miniatura de la época, en sus intervenciones los intérpretes ya estaban organizados por secciones con una distribución espacial por instrumentos de cuerda, viento y percusión.

A la par de estas apariciones, los antiguos juglares se fueron especializando en instrumentos en particular, por medio de la práctica y del estudio, este hecho junto con el perfeccionamiento de los instrumentos y la especialización de los repertorios inició la carrera hacía lo que actualmente viene a ser la figura de los modernos instrumentistas. En el momento del inicio de la especialización de los juglares, a estos se les empezó a conocer, por la influencia francesa, tomando de la cultura del Midi el término *Ministriles*.

En la Corte se clasificaban en instrumentos altos, formados por el grupo de viento–madera, viento–metal y percusión e instrumentos bajos, que aglutinaban los instrumentos de tecla y cuerda. El primer grupo a su vez estaba formado por dos grupos, el que formaban los trompetistas, trompas y timbaleros y otro que englobaba el resto de instrumentistas de viento y percusión. Esta subdivisión respondía a clara diferencia de funciones; mientras que los primeros eran reservados para funciones heráldicas, los segundos o bien como solistas o integrados con los instrumentistas de tecla y cuerda se empleaban para el resto del repertorio en función del gusto de los cortesanos.

En esta época Valencia era un buen lugar para el desarrollo de instrumentistas e instrumentos. Estos eran influenciados por las frecuentes visitas de la corte con sus *ministriles* de primer orden, recibiendo así conocimientos y técnicas musicales muy importantes. Por otro lado, este intercambio cultural también se realizaba con las frecuentes visitas de nuestros grupos a importantes centros musicales europeos con estancias e intercambios en París y distintos puntos de Alemania e Italia.

Los *ministriles* eran reclamados para actos tanto religiosos como civiles y poco a poco todas las instituciones fueron creando su propio cuerpo de instrumentalistas consiguiendo así mayor prestigio y autonomía; como el del Ayuntamiento de Valencia bien entrado el siglo XVI o el del Arzobispado de Valencia en 1560.

La música coral, se organizaba alrededor de las comunidades religiosas y las iglesias, coexistiendo dos vertientes, la monódica y la polifónica, si bien esta última necesitaba de un buen maestro para conseguir un conjunto de voces bien equilibradas. Una muestra del elevado nivel coral de Valencia en estos años la representan los libros de música conservados en la Catedral de Valencia.

Ya en el Renacimiento los músicos dentro de la corte se organizaban en torno a las capillas reales que no eran otra cosa que pequeños grupos músico-literarios en los que se agrupaban los ministriles, dirigidos por un máximo responsable que estaba representado por el *Maestro de Capilla*.

Una de las Capillas Reales más importantes del Renacimiento fue la de la corte del rey de Nápoles Alfonso el Magnánimo y dada la relación de este con Valencia, muchos músicos valencianos tuvieron la oportunidad de acudir a Nápoles para aprender y perfeccionarse.

Ya en Valencia, lo mejor de la música y de la literatura de la aristocracia y alta burguesía valenciana pasó por la Capilla del Duque de Calabria y por la Capilla del Palacio Real.

Los instrumentalistas valencianos alcanzaron un nivel muy alto de calidad y prestigio, uno de ellos fue el magnífico vihuelista *Luis de Milán* que con su obra *El Maestro* marcó un hito importante en la evolución de la práctica y de la enseñanza del instrumento. La obra se divide en dos partes, la primera dedicada a la iniciación para principiantes con algunas obras y una segunda consistente en una recopilación de villancicos castellanos y portugueses. Otros valencianos ilustres fueron *Juan Fernández de Heredia* que destacó como músico y literato dentro de la Corte Virreinal instalada en Valencia, *Pedro de Pastrana* capellán y cantor con Carlos V y en 1532 maestro de capilla del Duque de Calabria, puesto que dejó a *Juan de Cepa* cuando fueron reclamados sus servicios por Felipe II.

Durante el Renacimiento, uno de los centros musicales más importante de Valencia fue sin lugar a dudas la Colegiata de Gandía; con el *Cancionero del Duque de Calabria*, conservado actualmente incompleto en La Biblioteca de Cataluña. El Cancionero está compuesto por una colección de salmos, motetes, misas, himnos y villancicos pertenecientes a distintos oficios y fiestas religiosas del calendario litúrgico de la corte del Duque.

A parte de la vida musical de la Corte existe documentación que prueba la existencia de un grupo de músicos, juglares y ministriles al servicio del Ayuntamiento de Gandía para atender a las fiestas locales. Este grupo fue subvencionado en múltiples ocasiones por el propio duque.

El final de la Corte del Duque de Calabria empujó al reencuentro de músicos y literatos en torno a la tertulias de la academias de reciente creación en Valencia y por otra parte ésto favoreció el desarrollo musical en otras



cortes de la nobleza valenciana como en Segorbe y Orihuela entorno a sus Catedrales, Xàtiva alrededor de su colegiata y Morella en su Basílica.

Poco a poco la mayoría de Ayuntamientos de poblaciones importantes de nuestro ámbito pasaron de disponer de un único ministril, o incluso compartido con otras localidades, a tener un grupo de ministriles con un *Mestre de Ministriles* que los dirigía.

Ésto, lejos de constituir una excepción, refleja la intensa vida musical que se venía desarrollando ya en nuestras poblaciones. Desde el final del Renacimiento hasta casi el comienzo del siglo XX nuestra música permanecerá por un lado, al servicio de los textos litúrgicos latinos, con alguna que otra veleidad propiciada por cantatas o villancicos en Romance, y por otro, al servicio del espectáculo público, el teatro, celebración de solemnidades civiles o religiosas y fiestas particulares.

Este hecho nos induce a pensar que la trayectoria musical de conventos, monasterios, capillas de virreyes y nobles además de las escuelas que se desarrollaron alrededor de catedrales, colegiatas y parroquias fue posible, entre otras razones, gracias a la arraigada base popular sensibilizada por la música debido al proceso educativo.

Este sistema educativo basado en elementos indisolubles y relacionados entre sí como lo eran los ayuntamientos y las parroquias, los coros y las escuelas, o el organista y el maestro en todas las poblaciones valencianas se hace imprescindible para entender la continua educación musical a través de la escuela, que con el paso del tiempo fue configurando ciertas connotaciones musicales integrantes de nuestro carácter.

La organización de este sistema educativo en la mayoría de localidades de nuestra comunidad se vertebraba como ya hemos visto alrededor de las parroquias que con ayuda de los ayuntamientos fueron adquiriendo órganos

mayores, con la necesidad de la contratación de un músico profesional que en la mayor parte de los casos era un clérigo, que a la vez hacía las labores de maestro de la localidad. Así pues aparecen dos focos relacionados con la música que eran regentados por la misma persona física, uno religioso representado por la parroquia y el organista y otro civil centrado en la escuela y el coro.

Este esquema básico era válido para pequeñas poblaciones, sin embargo en poblaciones más importantes existía un organista y un maestro de capilla al frente de una capilla musical compuesta por un grupo de instrumentalistas y cantores. Este esquema se podía llegar a complicar con ayudantes al maestro de capilla para diversas materias musicales con la finalidad de llevar a buen término los oficios religiosos. Este hecho convirtió a muchas catedrales y colegiatas en centros con funciones similares a las de nuestros actuales conservatorios, ya que aceptaban a ciudadanos que libremente lo deseaban.

Esta parte de nuestro pasado musical se ha podido escribir gracias al hecho de que los órganos de la mayoría de las iglesias estaban sufragados por los ayuntamientos y también los organistas ya que en la mayoría de los casos trabajaban también de maestros de escuela, dejando huella escrita de su paso por las distintas localidades, ya que en este cargo no se solía perdurar mucho en el tiempo en una misma localidad, caminando de pueblo en pueblo, haciendo el *oficio* como ocurrió con muchos grandes músicos valencianos del momento en sus inicios.

Un hecho que resulta bastante curioso es que en aquella época la Universidad dejara al margen el estudio de las enseñanzas musicales, ya que se ignoraba completamente estas materias en su *Estudio General*. La música se trataba únicamente de forma tangencial al aparecer en libros que se empleaban como textos de Matemáticas como el de *Boccio* con su tratado *De*

*Musica* incluido en su *Opera Mathematica* del cual aún se conserva un ejemplar en la sección de incunables de la *Biblioteca Universitaria*.

De tal modo que el estudio y avance de la teoría musical en Valencia se realizó fuera de la Universidad, en otros focos de cultura, no como en el resto de Europa donde los estudios musicales estaban incluidos dentro de las Universidades más importantes como ocurría en Cambridge, París, Salamanca o Alcalá de Henares, universidades donde su estudio se asoció siempre al estudio de las Matemáticas.

Realmente, la transición de la música renacentista a la música barroca en Valencia se llevó a cabo durante el siglo XVII de la mano de tres grandes compositores Valencianos como lo eran *Ginés Pérez de la Parra*, *Ambrosio Cotes* y *Jerónimo Felipe*.

El primero de ellos nacido en Orihuela, se formó en la capilla desarrollada alrededor de la Iglesia del Salvador, convirtiéndose en maestro de capilla de dicha iglesia en 1562; iglesia que en 1564 fue elevada a Catedral siendo él maestro de capilla. En 1681, se coloca a cargo de la educación de los *Infantillos* de la Catedral de Valencia, puesto que queda vacante cuando en 1695 accede a la canonjía en Orihuela, de esta época datan sus composiciones musicales realizadas para la representación de la *Festa d' Elx*. Pese a que su obra se halla anclada aun en el Renacimiento siguiendo la más genuina tradición castellana, muestra una luz y claridad propias del ámbito dónde realizó sus labores compositivas. En el desarrollo de su actividad se ve como la iglesia no premiaba a los buenos músicos en la medida que se merecían. Estos no eran tan bien considerados socialmente por la iglesia como lo eran los teóricos. Este hecho no provocó otra cosa que la pérdida por parte de la iglesia de los mejores intérpretes.

El segundo músico, está representado por la figura de *Ambrosio Cotes*. Nacido en Villena en 1550, se formó en la capilla musical de esta localidad, de

la cual fue maestro en 1573, pasando a ser maestro de la Real Capilla de la Catedral de Granada en 1581. *Cotes* fue un claro exponente del Polifonismo Renacentista, con un dominio total del *contrapunto* pero con ausencia de los acordes característicos; aunque en sus motetes mayores, escritos en su práctica totalidad en Valencia aparecen indicios de transición al Barroco.

*Jerónimo Felipe* fue el auténtico introductor de la música barroca en Valencia. Se formó en la Catedral de Valencia, bajo la tutela de Ginés Pérez. Fue el antecesor de *Comes* en dos Maestrías, la de Lérida en 1605 y la de la Catedral de Valencia en 1613 a la muerte de Jerónimo Felipe. Su obra, si bien es menos conocida que la de los dos anteriores, se sabe que tuvo gran influencia en la evolución de la música valenciana durante el Barroco.

La música barroca valenciana se desarrolló fundamentalmente durante el siglo XVII con las siguientes características:

- Policoralidad o distribución de voces en varios grupos o coros.
- Uso progresivo del acompañamiento instrumental, bien en algún fragmento, bien convertido en bajo continuo, denominado así ya que intervenía durante toda la pieza.
- Diálogo de marcado contraste entre voces, bien entre coros, bien entre solos y coros. De ahí que uno de los coros tenía siempre un color distinto; siendo sus voces más agudas que las del resto, nunca con la presencia de un bajo y siendo su voz más baja la del tenor.
- Este diálogo continuo entre coros exige en su interpretación una colocación separada de los distintos coros intervinientes.

Estas características tienen distinta fuerza vinculante según se trate de música litúrgica, religiosa o totalmente profana. La música litúrgica siempre ha llevado asociado un ambiente de mayor recogimiento y mayor componente

tradicionalista que el resto de músicas; de ahí que la música litúrgica del siglo XVII se pareciera a la música de finales del siglo XVI, pese a la incorporación progresiva de temas barrocos siendo Valencia la precursora de la introducción de un gran número de voces y coros. Para estas interpretaciones, los coros se separaban buscando un efecto sonoro de grandiosidad que llenara el ámbito del templo. Otro ejemplo de esta grandiosidad es la disposición del coro y el órgano en las grandes catedrales. En éstas el coro se sitúa en el centro de la nave central y el órgano dispone de dos fachadas, una recayente a la nave lateral y otra recayente al coro, favoreciendo así el diálogo barroco de voces antes mencionado y la ampulosidad de los momentos musicales.

La forma compositiva más típica del barroco valenciano fuera de la liturgia fue el *Villancico*; esta forma fue modificada en Valencia, tomada como propia y posteriormente exportada a toda la Península. Todos en su origen eran piezas en dos tiempos, *estribillo* y *coplas*. Este origen popular del villancico, así como el empleo de un texto no sujeto a liturgia alguna, contribuyen y logran, de hecho, una independencia que lleva al villancico a convertirse en el motor del progresismo. Mientras la música aferrada a la liturgia latina tendrá que superar las tradiciones, el villancico, liberado de las ataduras culturales latinas, y escrito, además, para festejar grandes solemnidades, será el vehículo de toda innovación individual. Primero, en el mismo villancico y, posteriormente se convertirá en el instrumento que arrastrará consigo la evolución de la música litúrgica hasta cimas y formas inimaginables.

Uno de los máximos impulsores de la música policoral durante el barroco valenciano fue *Juan Bautista Comes*. Fue el primer compositor que obtuvo un puesto relevante, aunque la iglesia a la que sirvió sólo supo otorgarle la distinción de San Juan de Ribera. Nacido en Valencia, siendo infantil de la Catedral de Valencia, tuvo como maestros a *Ginés Pérez*, *Narciso Leysa* y *Ambrosio Cotes* que dejaron su huella en él dadas las distintas

facetas de su obra. Compuso para el Colegio del Patriarca las *Letanías al Santísimo* y para la Catedral la *Pasión según San Mateo*.

La *Pasión según San Mateo* es un obra de extraordinarias dimensiones, ya que pone en música en su totalidad y a cuatro voces, el relato de la Pasión de Cristo según el texto de la versión que usaba la iglesia Católica el Domingo de Ramos antes del Concilio Vaticano II. Un detalle importante es que en la parte que relata las intervenciones del pueblo está escrita para seis voces.

Las *Letanías al Santísimo* son obras que aúnan al misticismo del siglo XVI la grandiosidad del siglo XVII dentro de una religiosidad profunda muy marcada. Escrita para ocho voces distribuidas en dos coros, demuestra un perfecto dominio de la nueva escritura policoral propia del Barroco. En ella el compositor usa el bajo continuo acompañante en una obra litúrgica compuesta en 1606.

Comes fue el introductor en Valencia de la música policoral con la colocación, perfectamente indicada en sus obras, de los distintos coros en lugares muy alejados unos de otros, desde el órgano grande hasta el altar mayor. También es el creador de la forma de Villancico con características propias. Sus villancicos contienen una parte introductoria o *tonada* desarrollada para voz sola o pocas voces, generalmente acompañada, y cuyo tema musical es desarrollado, con el mismo texto, por la siguiente *Responsión* multicoral entre 5 y 12 voces, y normalmente sin acompañamiento musical. Este parte suele estar dividida en dos, con una cadencia central que reúne las voces en completa homofonía. Luego de la responsión, añade unas coplas que llevan otro tema y texto, aunque, con frecuencia repiten parte o toda la tonada. El villancico valenciano del siglo XVII no necesita tiempo alguno para convertirse en obra religiosa, lo es desde el primer momento. Cuando se quería componer una obra profana no se denominaba villancico, sino *Tono*, *Folía*, etc.

Los textos de la primera parte del siglo XVII siguen siendo poéticos manteniendo el decoro religioso, aunque de la mayoría no se conozcan los autores que probablemente fuesen los mismos que los compusiesen. El tema musical de los villancicos de Comes no arranca del gregoriano, sino de la música religioso popular.

Otra característica innovadora de la obra de Comes estriba en el uso de los instrumentos. Además del acompañamiento de las tonadas de los villancicos, emplea a los ministriles para acompañar a algún solista, para sustituir las voces de alguno de los distintos coros; incluso acompaña los distintos coros con diversos instrumentos y distintos bajos continuos.

Comes busca en su obra el dramatismo barroco alternando la polifonía homófona con la contrapuntística, a la que añade, como elemento plenamente contrastante, el uso de silencios totales en todas las voces; aprovechando estos silencios como momentos meditativos. La obra musical de Comes se conserva, en su mayor parte, en el archivo de la Catedral de Valencia aunque no faltan composiciones suyas distribuidas por todas las catedrales de la geografía española. Pese a que su obra castellana está publicada en su totalidad su obra litúrgica queda inédita en su mayor parte.

Es en la época barroca cuando se llega al cénit de la música de órgano, ya desarrollada en buena parte de la Edad Media y durante el Renacimiento.

Precisamente, en esta disciplina contamos en la Comunidad Valenciana con uno de los mejores organistas del siglo XVII, Joan Batiste Josep Cabanilles (Algemesí, 1644-1712), que fue organista de la SEU de Valencia desde temprana edad permaneciendo en el puesto toda su vida.

La música vocal religiosa del siglo XVIII valenciano cabalga entre el barroco, asentado sobre el contrapunto imitativo y sobre la forma contrastante multicoral y el clasicismo dentro de las formas tonales. El introductor de las

primeras innovaciones en la música vocal religiosa valenciana fue el músico catalán Pere Rabassa (1683 - 1767) incorporando a la música religiosa sentimientos populares y las nuevas formas de los monodistas italianos de finales del siglo XVI. Otro innovador fue el compositor alicantino Matias Navarro (1668 - 1727) incorporando a sus composiciones violines y violonchelos. Da a sus obras a sólo o dúo, la denominación de *Cantadas*.

José Pradas (1689 - 1757) fue fiel exponente de la música vocal valenciana de su siglo, pues nace y crece junto al *villancico*, de forma plenamente multicoral con dos acompañamientos. Con Pradas cristaliza en Valencia el cambio de formas de la música religiosa de acuerdo con la mentalidad ilustrada de su época.

Durante la segunda mitad del siglo el órgano tuvo que empezar a competir con instrumentos “profanos” como los de cuerda y viento. En las principales catedrales como la de Valencia y la de Segorbe, además del dominio de las voces solistas, los instrumentos de cuerda van sustituyendo a los antiguos ministriles de viento.

Como contraste a todo ello, cabe resaltar la tendencia conservadora de la institución de San Juan de Ribera o Maestros del Patriarca sin admitir violines en ninguna de sus composiciones, sólo el bajo continuo de arpa. Fue el único reducto en el que se marcó las fronteras que separaban el género religioso del profano.

Luigi Reggio e Branciforte, Príncipe de Campofiorito fue el artífice de la llegada del género lírico italiano a nuestra ciudad en 1727, dando origen a los primeros espectáculos zarzuelísticos. Las primeras zarzuelas llevaron el calificativo de “*folla real*” por interpretarse en presencia de personajes de linaje real y se representaban en el Corral de l’Olivera.

Hasta 1748 el Corral de l’Olivera siguió siendo un local teatral dedicado



a las comedias y zarzuelas propias de la época. Sin embargo, la iglesia, considerando las representaciones teatrales inmorales e ilícitas, realizó una campaña tendente a su prohibición, representada en Valencia por el Arzobispo Mayoral. En 1760, una Real Orden de Carlos III, autorizó nuevamente las representaciones teatrales en la ciudad de Valencia. Domenico Cimarosa fue uno de los máximos representantes de la escuela operística napolitana, de la cual procedían las óperas que gozaron de mayor predicamento en los últimos años del siglo.

Vicente Martín Soler fue el compositor operístico valenciano con mayor proyección europea, con títulos como *“Il burbero di buon cuore”*, *“Una cosa rara”* y *“Larbore di Diana”* entre otras. *“Una cosa rara”* se cantó muy pronto en la mayoría de las capitales europeas, mientras que en Valencia sería representada doscientos años después en Marzo de 1992.

## **2.2.- Orígenes de las bandas de música**

Todos estos antecedentes acreditan históricamente la tradición existente en nuestra comunidad de tañer instrumentos de música, sobre todo de viento y percusión. Estos instrumentos eran empleados en acontecimientos públicos ya fueran civiles o religiosos para dotarlos de la solemnidad necesaria a través de la música cantada e instrumental basándose en trompetas, tamborinos, atabaleros, etc...

Esta música estaba ligada a las distintas asociaciones gremiales y sobre todo a la Iglesia que a través de sus instrumentistas, ministriles y maestros de capilla, con la ayuda de sus cornetas sacabuches, oboes, dulzainas, trompas, arcos junto con el instrumento más importante de la música sacra occidental “el órgano”, ayudaron a que no se perdiera la tradición musical.

La labor educativa realizada por los organistas-maestros o por los músicos-pedagogos, ayudada por el carácter de nuestro pueblo, con su instinto musical, festivo y eminentemente callejero, propició el inicio y desarrollo de las primeras Bandas de Música y posteriormente sus Sociedades Musicales de apoyo.

Las primeras fundaciones de bandas de música en pueblos valencianos datan de finales del siglo XVIII, aunque se trata de casos más bien aislados ( Albaida y Enguera ). Con la entrada del siglo XIX se incrementa el número de asociaciones musicales, adquiriendo verdadera importancia en la segunda mitad del siglo.

La inestabilidad política reinante durante la primera mitad del siglo XIX, con los conflictos militares y revolucionarios propios de esta época, llenaron todo el territorio de distintas facciones militares que para impresionar, tanto a los habitantes de por donde pasaban como a sus oponentes y dar solemnidad a sus desfiles, contaban todas ellas con una agrupación musical.

Así pues, a imitación de las agrupaciones militares y con la ayuda de algún miembro de éstas que se quedaba una vez finalizados los conflictos, iniciaban la preparación de la gente de la localidad, que sin ningún estudio previo pero con ciertas aptitudes, pasarían a formar parte de esas primeras agrupaciones musicales. Esta preparación se realizaba en muchas ocasiones con la ayuda de los ministriles y los maestros de capilla, ya que la función de estas agrupaciones, inicialmente, no fue otra que la de ejercer de acompañamiento tanto en actos religiosos como en actos civiles a través de las distintas agrupaciones eclesiásticas y gremiales.

Estos grupos, auténticos embriones de las bandas actuales, actuaban tanto en las serenatas de las noches estivales como en todas las fiestas populares (fallas, les fogueres, moros y cristianos ) y patronales de nuestra

comunidad acompañados por el carácter abierto de nuestras gentes y por la agradable climatología.

Ahora bien con la llegada de la estabilidad política estas agrupaciones se fueron, en ocasiones, disolviendo, escindiendo y reagrupando, ya fuera por cuestiones profesionales , de reivindicación económica , de desmesurada pasión por la música e incluso por divergencias políticas. Otro de los motivos de la aparición de diversos grupos en una misma localidad fue que los estatutos de dichas agrupaciones, provenientes de los de las bandas militares, no permitían más de 25 músicos en plantilla. Todo ello fue marcando, en cierto modo, la gestación y posterior evolución de la mayoría de las bandas de música de nuestro entorno.

Los nombres de Primitiva, Nova, Vella, etc... no responden pues a otra razón que a escisiones y fusiones debidas a afinidades o desafinidades y tendencias de los miembros de las mismas.

Desde este punto, la evolución a las actuales bandas de música fue cuestión de tiempo y esfuerzo de numerosas personas que con su trabajo, muchas veces ni recompensado ni reconocido, a través de los antiguos “casinos” y las sociedades musicales de apoyo han llevado el movimiento bandístico a su estado actual.

En el origen de nuestras Bandas, tampoco se puede olvidar las organizaciones gremiales o de artesanos que, con sus “tabalots”, atabales y dulzainas amenizaban sus fiestas y conmemoraciones. Eduardo López-Chavarri lo resume en: “ las bandas valencianas no han surgido por generación espontánea, sino que tienen una tradición formada por múltiples elementos, tan heterogéneos como el teatro, la iglesia, los gremios, los partidos políticos, y un largo etcétera”.

Así por ejemplo la fundación de La Banda Primitiva de Lliria, una de las

bandas civiles más antiguas, se remonta a 1819. Posiblemente, y a ejemplo de lo que eran las agrupaciones musicales militares que poseía el ejército francés durante la Guerra de la Independencia española, un religioso franciscano, P. Antonio Albarracín, conocido popularmente por “Pare Antoni”, fundó a principios del siglo XIX un grupo de música que fue la semilla de lo que es hoy la *Banda Primitiva de Lliria*. Durante la primera mitad del siglo pasado la agrupación pasó por diversos avatares, escisiones, y divisiones, pero permaneciendo siempre el espíritu inicial de su fundador hasta el año 1858, en que se consolidó apareciendo con la denominación de “Música Vella” o “Primitiva” como contrapunto a otra agrupación formada por un grupo disgregado de ella, llamado “Música Nueva”.

Otro ejemplo ilustrativo es el de la formación de las bandas de música de la ciudad de Alcoy . El origen de la Banda Primitiva se remonta a principio del siglo XIX con la denominación de “Banda del Batallón de Milicianos Nacionales” incorporada a la fiesta de Moros y Cristianos por primera vez en 1817 en la filá “Llana” hasta entonces sólo acompañadas por trompetas y cajas. De aquella primera agrupación nace en 1830 la “Banda Primitiva”. En 1842 se crea una nueva sociedad la “Sociedad Filarmónica Nueva” y en 1882, integrada por disidentes de una u otra banda, surge la “Unión Musical”. En la actualidad permanecen las tres asociaciones musicales.

### **2.3.- Acción socio-cultural del movimiento bandístico.**

Hoy en día, dada la magnitud y distribución del movimiento bandístico en la Comunidad Valenciana, 445 Sociedades Musicales federadas y al menos una en la mayoría de los pueblos de la Comunidad, sigue siendo un foco importante de difusión cultural con una gran influencia en el ámbito de cada localidad, como lo fue en otro tiempo.

Por una parte todas las bandas de música tienen una Sociedad Musical de apoyo que, como herencia de los antiguos casinos, se convierten en auténticos foros de encuentro y debate tanto en temas musicales como en temas sociales, políticos y económicos en el ámbito de la propia localidad, comunidad o del estado. Además esta función socio - cultural de la Sociedad se ve apoyada con la organización de conferencias, conciertos, festivales cursos, y con la promoción de intercambios con otras Sociedades tanto de nuestra comunidad como fuera de ella y en el extranjero.

Por otra parte las Sociedades Musicales disponen de las denominadas escuelas de educandos, auténticos pequeños conservatorios de música donde a través de una enseñanza prácticamente gratuita y de alta calidad, con cursos de solfeo, e instrumentos de percusión, viento-madera, viento-metal, se forman los futuros músicos miembros de las bandas de música.

En los últimos años las escuelas de educandos han ido ofreciendo nuevos cursos de piano e instrumentos de cuerda con la finalidad de nutrir las agrupaciones musicales con instrumentistas de estas secciones para la formación de pequeñas orquestas sinfónicas, así como ayudar a la formación de pequeños grupos de cámara dependientes de alguna de estas bandas. La explicación de este fenómeno puede estar en la diversificación de las actividades de las agrupaciones para abarcar un mayor campo de difusión.

Como experiencia piloto dentro del campo de la educación, la Escuela de Música de la Unión Musical de Llíria ha integrado en un mismo proyecto educativo la enseñanza general en su etapa obligatoria con las enseñanzas musicales de nivel elemental y medio, en un intento de minimizar los problemas que pueden surgir ante esta educación paralela que se da en la mayoría de casos.

#### **2.4.- Composición de una banda de música.**

Las bandas están compuestas por un conjunto de entre veinte y treinta músicos en las agrupaciones más pequeñas, llegando hasta ciento sesenta músicos en las agrupaciones más grandes. El tamaño habitual de una banda es el de una plantilla de entre sesenta-ochenta músicos, llegando a cien-ciento veinte en agrupaciones más importantes. De estos alrededor de un 90 % son instrumentistas de viento y el resto de percusión. A modo de ejemplo se da la composición de la banda de la *Unión Musical de Llíria*, que en 1984 disponía de 136 músicos, 415 educandos en estudio realizando un total de 10 conciertos anuales en la localidad y 55 conciertos fuera de la localidad.

Es evidente que las bandas de música se definen como agrupaciones musicales integradas por instrumentos de viento y percusión. Los casos de inclusión de instrumentos de cuerda o de teclado en estas formaciones hay que tenerlos como singulares o excepcionales, aún considerando la tendencia en las grandes agrupaciones de incluir en su plantilla instrumentos de cuerda - arco graves, como violonchelos y contrabajos.

##### ***Composición de la Banda de la Unión Musical de Llíria.***

29	Clarinetes
13	Trompetas
12	Trombones
12	Flautas
1	Flautín
15	Saxofones
9	Trompas
7	Oboes
5	Fliscornos

5	Tubas
4	Fagotes
6	Bombardinos
4	Violonchelos
2	Contrabajos
2	Requintos
1	Corno ingles
11	Percusiones

La música para instrumentos de viento tiene otros cauces que los puramente bandísticos existiendo obras explícitamente compuestas para grupos instrumentales de viento, generalmente de música de cámara, pero muy raramente se han escrito obras para banda, por lo que el repertorio de estas agrupaciones, fuera del propiamente festivo, ha de nutrirse de transcripciones de obras orquestales, lo cual presenta serias dificultades.

Sin embargo, últimamente se promueve la composición de obras originales para banda, con las características instrumentales y tímbricas propias de estas agrupaciones. Compositores valencianos que destacan en esta labor han sido entre otros: Adam Ferrero, Blanquer, Mas Quiles, Cervera Collado, Cervera Lloret, Montesinos, Tamarit, Blanes, Talens, Pons, Chuliá, Forés, Cano; Bertomeu, Berná, Ramos...y han conseguido dotar a las bandas de un repertorio adecuado.

### **2.5.- Bibliografía**

- [1] Badenes Masó, G.  
Historia de la música de la Comunidad Valenciana  
Editorial Prensa Alicantina S.A., 1992
- [2] Arnau Amo, J.

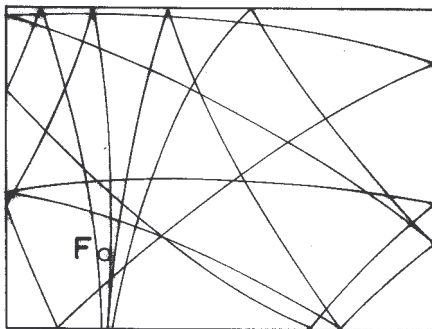
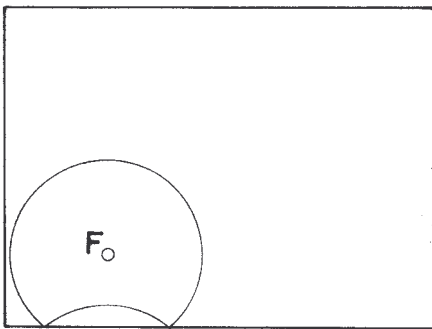
Música e historia  
Reproval, 1987

- [3] Ruiz Monrabal, V.  
Historia de las Sociedades Musicales de la Comunidad Valenciana  
Federico Domenech, S.A. Valencia 1993.
- [4] Federacion Regional Valenciana de Sociedades Musicales  
Guía Estadística 1984  
Fed. Regional Valenciana de Sociedades Musicales. 1984



### 3.1.- El sonido en un recinto cerrado

Cuando una fuente sonora comienza a irradiar energía acústica en un recinto cerrado, las ondas sonoras, que inicialmente se propagaban libremente, comienzan a sufrir reflexiones al incidir sobre los distintos cerramientos, y objetos presentes superponiéndose las ondas incidentes con las reflejadas.



El número de reflexiones que llegan a un punto determinado en un intervalo de tiempo aumenta con la tercera potencia del tiempo transcurrido desde el inicio de la emisión acústica y es inversamente proporcional al volumen de la sala. Teniendo en cuenta que el oído no es capaz de diferenciar entre respuestas que tengan 2000 o más impulsos por segundo, se obtiene un límite de tiempo [1] más allá del cual no se deben estudiar los sucesos auditivos producidos por reflexiones individuales (impulsos) sino considerar las sensaciones producidas por la reverberación.

$$t_{st} = 2\sqrt{V} \text{ ms}$$

Este intervalo de tiempo desde  $t=0$  a  $t=t_{st}$  que no se puede manejar por medios estadísticos, se extiende a los primeros 25 ms en una sala de  $150 \text{ m}^3$ , mientras que sería del orden de 250 ms en una sala de  $15000 \text{ m}^3$ .

Evidentemente en una sala con cerramientos irregulares y difusos el tiempo necesario para que aparezca el comportamiento estadístico es menor que en un recinto regular.

Después de un cierto tiempo el número de reflexiones producidas es tal que su superposición en la sala hace que el sonido parezca provenir por igual de todas direcciones, en este caso el sonido se dice que es *difuso*. A este sonido, no direccional y homogéneamente distribuido por la sala se le denomina sonido reverberado.

El sonido que se percibe en un recinto cerrado puede considerarse compuesto por:

sonido directo, es el primer sonido que se recibe y llega con un retraso que depende de la distancia directa fuente-receptor. Es un sonido direccional, que ha sufrido dos tipos de atenuación una debida a la divergencia esférica, proporcional al cuadrado de la distancia directa (6dB cada vez que se duplica la distancia) y otra debida a la absorción del sonido por el medio en que ha transitado (aire o personas u objetos presentes en el recinto).

primeras reflexiones sobre los cerramientos más próximos a la fuente o al receptor que llegan con un retraso mayor que el sonido directo por una distancia total recorrida también mayor. Es un sonido aún direccional, que ha sufrido tres tipos de atenuaciones, dos ya descritas para el sonido directo (divergencia esférica y absorción del medio) pero de mayor valor por ser mayores las distancias recorridas y una tercera debida a la absorción del sonido en la

reflexión, dependiente del tipo de superficie sobre la que ha impactado.

sonido reverberado que llega ciertamente después de las primeras reflexiones y está más distorsionado que ellas respecto al sonido emitido pues sufre mayores atenuaciones debido a la multiplicidad de reflexiones sufridas y al largo camino recorrido. Es un sonido difuso, suave y uniforme en todo el recinto.

Así, en un *pianissimo* se escucha el sonido directo y las primeras reflexiones, en definitiva al instrumento, en un *fortissimo* se escucha el sonido reverberado, es decir la sala, en su conjunto.

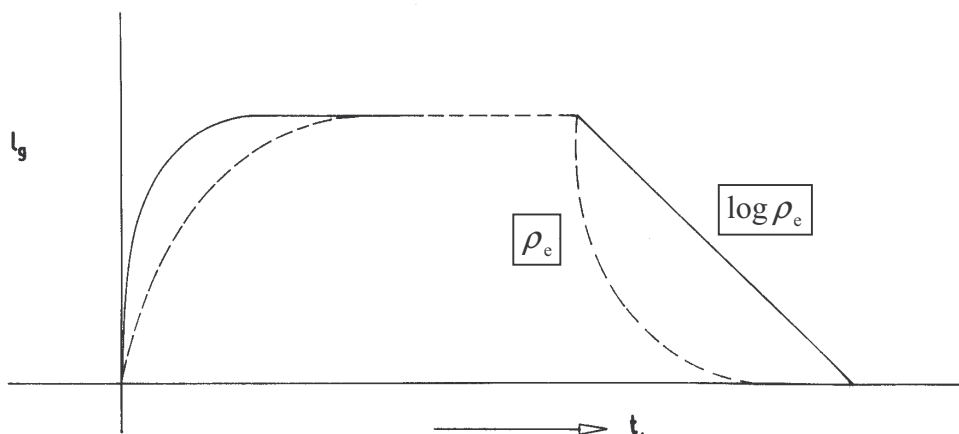
Este proceso se va repitiendo y, evidentemente, la energía introducida en el recinto por la fuente aumentaría indefinidamente si no fuera por la absorción de energía acústica por parte de los cerramientos, aire y objetos presentes en él. En el momento en que el recinto, en su conjunto, absorbe la misma energía por unidad de tiempo que la emitida por la fuente, la energía presente en la sala permanece estacionaria alrededor de un cierto nivel. A partir de ese momento la densidad de energía media en la sala permanece constante.

De igual forma si cesa de emitir la fuente la densidad de energía acumulada no desaparece de inmediato, se requiere un cierto tiempo para que sea progresivamente absorbida por los cerramientos, aire y objetos presentes en la sala. Al fenómeno de persistencia del sonido en un recinto después de cesar la emisión del sonido se le denomina reverberación.

Representando la variación de la densidad de energía (energía acústica por unidad de volumen) con el tiempo desde que la fuente comienza a emitir

hasta que interrumpe su emisión y posteriormente en el proceso de reverberación se observa:

- Un primer tramo en el que la densidad de energía crece de forma gradual y continua, correspondiendo a un régimen transitorio de aumento de la densidad de energía, mientras la energía emitida por la fuente por unidad de tiempo supera a la absorbida por el recinto en ese mismo periodo.
- Un tramo en régimen estacionario a partir del momento en que se igualan las energías ganadas y perdidas por unidad de tiempo por el recinto en su conjunto. La densidad de energía permanece constante.
- A partir del momento en que se interrumpe la emisión de la fuente, la densidad de energía confinada en el recinto comienza a decrecer de forma gradual y continua debido a la absorción de energía acústica por parte de los cerramientos, aire y objetos presentes en el recinto.



Para evaluar el proceso de reverberación (permanencia de un gran número de ondas procedentes de múltiples y sucesivas reflexiones) no es suficiente seguir el camino individual de cada rayo ( Acústica Geométrica ) , ni

factible estudiar cada una de las infinitas ondas presentes en la sala ( Acústica Ondulatoria), sino que es conveniente realizarlo mediante una evaluación estadística del comportamiento de la energía acústica en su conjunto (Acústica Estadística).

### **3.2.- Influencia del recinto en la percepción del sonido.**

La presencia de superficies límites que rodean parcial o totalmente a la fuente acústica, cambia la percepción del sonido emitido, ya que la señal directa, (sin influencia por parte del recinto) se ve acompañada de unas primeras reflexiones y un sonido reverberado muy influidos por parte de las características geométricas y acústicas del recinto.

El recinto, por tanto, tiene influencia sobre la señal que se propaga en él, en base a :

- acompañar a la señal directa con unas primeras reflexiones que alteran su estructura en el tiempo a la vez que incrementan su nivel, pudiendo distorsionar su color de tono al introducir cambios en su espectro de frecuencias y modifican a su vez la percepción de la localización de la fuente.
- prolongar, entremezclar y difundir el sonido mediante la reverberación propia de los recintos cerrados. La influencia de la reverberación radica en el hecho de que los mensajes acústicos, se componen de sonidos individuales (sílabas, acordes...) emitidos con ciertos intervalos de tiempo entre ellos. La reverberación los entremezcla, llenando de sonido los intervalos de silencio a la vez que entremezcla direccionalmente el sonido emitido por diferentes fuentes en la sala.

Por todo ello el recinto es un elemento que juega un papel fundamental en la percepción del sonido emitido en él, de forma que la sala es la última caja de resonancia del sonido emitido en la misma.

La reverberación que acompaña a cada impulso de un mensaje sonoro, puede ser útil o perjudicial dependiendo de la duración de la misma, ya que en exceso resta claridad y definición a los sonidos emitidos y por defecto no llega a entremezclarlos ni conduce a la adecuada sonoridad, sobre todo en salas grandes.

En la audición de sonidos musicales, el sonido directo acompañado de las primeras reflexiones, a pesar de dar sensación de intimidad, no es suficiente para garantizar una audición de calidad, necesitando la cooperación y en ocasiones preponderancia del sonido reverberado que entremezcla espacial y temporalmente el sonido, dando plenitud de tono y la adecuada sonoridad.

La comprensión del proceso de reverberación del sonido en un recinto cerrado y su carácter fundamental en la percepción del sonido en el mismo, permitió la emancipación de la Acústica de Salas de las leyes puramente geométricas (Acústica Geométrica ) que estudian el comportamiento del sonido directo y las primeras reflexiones, estableciendo la diferencia entre la percepción de la luz y el sonido. Así el conocido aforismo: “Dónde se ve bien se oye bien” es cierto para el sonido directo pero no considera al sonido reverberado y en audiciones musicales “puede oírse bien, sin ver” por estar en predominio del sonido reverberado e incluso “puede oírse mal, dónde se ve bien” por predominar el sonido directo y no percibir una audición equilibrada del conjunto.

La medida de la duración de la reverberación, es pues, un parámetro fundamental que define la calidad acústica de una sala. Wallace Clement

Sabine, a principios de siglo, definió como índice de medida de la duración de la reverberación el tiempo de reverberación [2] o tiempo requerido después de cesar la fuente para reducir la energía presente en un recinto a la millonésima parte de su valor en régimen estacionario.

### **3.3.- Teoría estadística de la reverberación**

Las leyes de la reverberación, según la teoría de la Acústica Estadística, pueden formularse de una forma general, sólo en campos acústicos en los que todas las direcciones de propagación del sonido aporten la misma intensidad sonora, no sólo en estado estacionario sino en cualquier momento del proceso de descenso del sonido. A un campo en estas condiciones se le llama campo difuso y en ellos la distribución del campo acústico es homogénea e isótropa en cualquier instante y punto del mismo.

Reverberación y difusión están íntimamente ligadas de forma que a mayor reverberación mayor difusión y viceversa. Conviene, pues, valorar las expectativas de obtener un campo difuso en una sala. Las situaciones reales se acercarán tanto más al modelo del campo difuso :

- cuanto menor sea la absorción de las superficies limítrofes y objetos presentes.
- cuanto mayor sea la proporción de energía que se refleja difusamente respecto a la que se refleja especularmente.
- cuanto más lejos se esté de la fuente acústica y de las superficies absorbentes.

La teoría estadística de la reverberación predice la forma del proceso de ascenso y descenso del sonido en una sala.

Teniendo en cuenta las hipótesis para obtención de un campo difuso y considerando un recinto cerrado con un volumen  $V$  en cuyo interior emite una fuente acústica de potencia  $W$ , se puede obtener la energía ganada por la sala  $dE_G$  durante un periodo de emisión  $dt$  de la fuente :

$$dE_G = W \cdot dt$$

Durante este tiempo,  $dt$ , se ha producido también una pérdida de energía acústica,  $dE_p$ , que va a ser proporcional a la energía que en ese periodo de tiempo ha llegado a los cerramientos de la sala, siendo el factor de proporcionalidad el coeficiente de absorción medio,  $\bar{\alpha}$ , de la sala.

Para el cálculo de la energía recibida durante  $dt$  por parte de los cerramientos, considérese un elemento diferencial de superficie  $dS$  sobre cualquiera de los cerramientos del recinto y un elemento diferencial de volumen  $dV$  situado a una distancia  $r$  de él. Dicho elemento diferencial de volumen estará continuamente emitiendo la energía acústica contenida en él  $\rho_E \cdot dV$ . De acuerdo con la hipótesis de isotropía en la emisión y propagación de la energía acústica por parte de  $dV$ , la parte de energía que emitida por él llega a  $dS$  es:

$$(dE_R)_{(r,\vartheta,\varphi)} = \rho_E \frac{dV}{4\pi r^2} dS \cdot \cos \vartheta$$

Para obtener la energía que llega a  $dS$ , en el intervalo de tiempo  $dt$  habrá que sumar la energía proveniente de todos los elementos diferenciales de volumen cuya distancia a  $dS$ , sea menor o igual a la distancia recorrida por el sonido en ese intervalo de tiempo,  $c \cdot dt$ ,

$$(dE_R)_{dS} = \iiint \rho_E \frac{dV}{4\pi r^2} dS \cdot \cos \vartheta = \frac{\rho_E \cdot c}{4} dS \cdot dt$$



La energía que en el intervalo de tiempo  $dt$  incide sobre la superficie de los cerramientos de la sala es la suma de las energías que llegan a todos los  $dS$ , que como la densidad de energía es constante, se obtiene:

$$dE_R = \frac{\rho_E \cdot c}{4} \cdot S \cdot dt$$

Considerando que todos los cerramientos de la sala tienen la misma absorción, dada por el coeficiente de absorción medio  $\bar{\alpha}$ , la energía perdida por absorción en ese periodo de tiempo será:

$$dE_p = \frac{\rho_E \cdot c}{4} \cdot S \cdot \bar{\alpha} dt$$

como  $S\bar{\alpha} = A$ , área de absorción equivalente de la sala, queda:

$$dE_p = \frac{\rho_E \cdot c}{4} A dt$$

Una vez conocida la energía ganada y perdida por la sala en un el intervalo de tiempo,  $dt$ , se puede plantear la ecuación diferencial de la variación de la densidad de energía acústica con el tiempo, tanto en el proceso de ascenso del sonido como en el de descenso. Así, en el proceso de crecimiento del sonido en la sala,

$$d\rho_E = \frac{W}{V} dt - \frac{\rho_E \cdot cA}{4V} dt$$

que integrada da la siguiente ecuación:

$$\rho_E = \frac{4W}{Ac} \left[ 1 - e^{-\frac{Ac}{4V}t} \right]$$

tomando como origen en el tiempo el de comienzo de la emisión de energía acústica por parte de la fuente.

La densidad de energía en el régimen estacionario resulta ser :

$$\rho_E = \frac{4W}{Ac}$$

Si una vez alcanzado el régimen estacionario la fuente deja de emitir, la densidad de energía desciende a partir de su valor en régimen estacionario, al no recibir el aporte energético de la fuente. ( $W=0$ ). La variación de la densidad de energía depende ahora exclusivamente de la absorción de la sala y responde a la siguiente ecuación diferencial:

$$d\rho_E = -\frac{\rho_E \cdot cA}{4V} dt$$

que integrada da la forma del proceso de decrecimiento de la energía acústica en una sala después de cesar la emisión de la fuente:

$$\rho_E = \frac{4W}{Ac} e^{-\frac{Ac}{4V}t}$$

tomando como origen en el tiempo el momento en que cesa la emisión de la fuente.

Por tanto la energía acústica en un recinto cerrado crece y decrece exponencialmente, siendo ambos procesos complementarios. Representando estos procesos en escala logarítmica (ajustándose a la forma de percibir el sonido) se observa que el proceso de descenso o de reverberación es lineal, representando una percepción gradual y uniforme de pérdida de sonoridad. El ascenso no es lineal, sino que la sonoridad crece primero muy rápidamente y luego más lentamente.

### 3.4.-Tiempo de reverberación

De la anterior teoría estadística de la reverberación Sabine, obtuvo una expresión para el tiempo de reverberación o tiempo requerido después de cesar la fuente para reducir la energía presente en un recinto a la millonésima parte de su valor en régimen estacionario,

$$T_R = \frac{24V}{Ac \cdot \log e} = \frac{0,162V}{A} = \frac{0,162V}{S \cdot \bar{\alpha}}$$

o lo que es lo mismo en términos de niveles, intervalo de tiempo necesario para reducir el nivel de presión acústica en una sala en 60dB respecto al nivel estacionario.

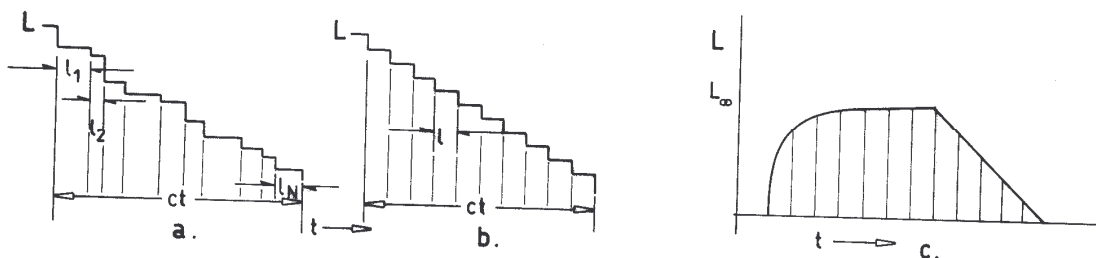
De la expresión del tiempo de reverberación obtenida por Sabine, bajo las hipótesis de campo difuso (homogéneo e isótropo) se observa que :

- es un parámetro independiente de la forma y geometría de la sala
- es independiente de la situación de la fuente acústica
- es el mismo en cualquier punto de la sala
- es independiente de la distribución de materiales.

En el caso de locales muy absorbentes, la fórmula de Sabine para el tiempo de reverberación se aleja de los valores medidos, por incumplimiento de las hipótesis de campo difuso. Así en el caso extremo de absorción total  $\bar{\alpha} = 1$ , la expresión de Sabine no obtiene un tiempo de reverberación nulo como cabría esperar. La hipótesis de Sabine de que la energía acústica se pierde gradualmente y de forma proporcional al conjunto de energía que queda en el recinto, no es más que una simplificación, pues la pérdida de absorción es realmente discontinua ( se produce a saltos en cada reflexión).

Una forma de razonar que permite ampliar la validez del tiempo de reverberación a locales más absorbentes consiste en considerar el campo acústico compuesto por un gran número de “partículas sonoras”, moviéndose en línea recta a la velocidad del sonido y portadoras todas de la misma energía. Cuando una partícula impacta con un cerramiento pierde parte de su energía, debido a la absorción del mismo. Siguiendo el recorrido individual de cada partícula y representando la variación del logaritmo de su energía con el tiempo, se obtendría una quebrada o escalera, en la que cada peldaño representaría el proceso entre dos reflexiones consecutivas.

En general, los peldaños de esta escalera tendrían diferentes alturas, originadas por los diferentes coeficientes de absorción de los cerramientos y también diferentes anchuras, debido a que el tiempo transcurrido entre dos reflexiones consecutivas es variable y dependiente de la geometría del recinto y de la secuencia de las reflexiones.



Sabine supuso que el número de reflexiones era tal, que la disminución de energía por absorción de los cerramientos se repartía de forma gradual sobre la totalidad del trayecto de las partículas sonoras. Así se sustituía la escalera irregular por una recta (pérdida lineal de nivel o descenso exponencial de la energía acústica), no teniendo en cuenta que la absorción se realiza en realidad a saltos.

En términos estadísticos se sustituye la escalera de peldaños irregulares por una regular, cuyos peldaños sean uniformes, con una altura constante dependiente del coeficiente de absorción medio de la sala ( $\bar{\alpha}$ ) y un ancho constante igual al tiempo medio ( $\bar{t}$ ) entre dos reflexiones consecutivas cualesquiera.

El cálculo del tiempo medio entre dos reflexiones consecutivas se plantea igualando la energía incidente sobre las superficies de un recinto por unidad de tiempo, obtenida anteriormente en la teoría estadística de la reverberación, a la misma energía calculada ahora en términos estadísticos, suponiendo que toda la energía presente en el recinto sufre una reflexión al transcurrir un tiempo medio ( $\bar{t}$ ) y por tanto incide toda sobre los cerramientos:

$$\frac{dE_R}{dt} = \frac{\rho_E V}{\bar{t}} = \frac{\rho_E cS}{4}$$

luego el tiempo medio es:

$$\bar{t} = \frac{4V}{cS}$$

Suponiendo el recinto en régimen estacionario, siendo  $J_0$  la energía incidente por unidad de superficie y tiempo y cesando la emisión de la fuente, la energía incidente variará en función del tiempo, perdiendo parte de ella ( $\bar{\alpha} \cdot J_0$ ) en cada reflexión, producida cada tiempo medio ( $\bar{t}$ ) y así:

Para $t = 0$	$J = J_0$
Para $t = \bar{t}$	$J = J_0(1 - \bar{\alpha})$
Para $t = 2\bar{t}$	$J = J_0(1 - \bar{\alpha})^2$
.	.
.	.
Para $t = n\bar{t}$	$J = J_0(1 - \bar{\alpha})^n$

Es decir después de  $n$  reflexiones su valor es:

$$J = J_0(1 - \bar{\alpha})^{n/t} = J_0(1 - \bar{\alpha})^{tcS/4V}$$

Aplicando la definición de tiempo de reverberación se obtiene:

$$10^{-6} = (1 - \bar{\alpha})^{T_R cS/4V}$$

$$T_R = \frac{0,162V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

que se conoce como la fórmula de Eyring [3] para el tiempo de reverberación. En este caso se obtiene un tiempo de reverberación nulo cuando el coeficiente de absorción medio es la unidad, como era razonable desde el punto de vista físico.

Para valores grandes del coeficiente de absorción medio el tiempo de reverberación según Eyring tiende a cero. Esta fórmula suele utilizarse en recintos cuyas superficies tienen un coeficiente de absorción alto. Para valores del coeficiente de absorción medio de 0,2 la diferencia de utilizar una u otra fórmula es de alrededor de un 2%, un error no significativo. Para absorciones mayores es recomendable el uso de la fórmula de Eyring.

A pesar de la existencia de otras fórmulas para predecir el tiempo de reverberación de un recinto [4,5,6] la más utilizada sigue siendo las de Sabine corregida por la de Eyring para salas más absorbentes.<sup>1</sup>

Aunque la mayor parte de la pérdida de energía acústica en un recinto se produce en las reflexiones con los cerramientos u obstáculos presentes, las pérdidas causadas por disipación del sonido en el aire pueden, en locales grandes a frecuencias superiores a 3000Hz, afectar al proceso de reverberación. La absorción del aire se tiene en cuenta como una absorción a añadir en ambas fórmulas dada por  $8\alpha_a \cdot V$ , siendo  $\alpha_a$  la atenuación del sonido en el aire para la frecuencia y condiciones atmosféricas dadas.

### 3.5.- Campo acústico directo y reverberado

Una fuente acústica puntual, caracterizada por su potencia y situada al aire libre (sin perturbaciones) crea un campo acústico en su entorno que es el campo directo.

---

<sup>1</sup> La fórmula de Millington se utiliza para el cálculo de coeficientes de absorción en cámaras reverberantes, evitando coeficientes de absorción mayores de la unidad, sin embargo cualquier superficie con absorción unidad anula el tiempo de reverberación. Su expresión es :

$$T_R = \frac{0,162V}{\sum_i S_i \text{Ln} \frac{1}{1 - \alpha_i}}$$

La fórmula de Fitzroy considera por separado la absorción de cada pareja de superficies enfrentadas, su expresión es:

$$T_R = \frac{0,162V}{S^2} \left( \frac{S_x}{\alpha_x} + \frac{S_y}{\alpha_y} + \frac{S_z}{\alpha_z} \right)$$

La fórmula de Pujolle considera que el recorrido libre medio depende de las proporciones de la sala y no es constante e igual a  $\frac{4V}{S}$  como supone la fórmula de Eyring. Su expresión es:

$$T_R = \frac{6l_m}{c \text{Ln}(1 - \bar{\alpha})^{-1}}$$

Suponiendo que la fuente acústica es omnidireccional, la densidad de energía directa variará con la distancia a la fuente por la divergencia esférica de la onda, según :

$$\rho_{E_D} = \frac{W}{4\pi r^2}$$

La misma fuente situada en el interior de un recinto crea un campo acústico que se obtiene, en todo momento, como superposición del conjunto de reflexiones originadas por los cerramientos del mismo, que constituiría el campo reverberado. Supuesto en estado estacionario y para condiciones de campo difuso, la densidad de energía reverberada sería constante en todo el recinto de valor:

$$\rho_{E_R} = \frac{4W}{Ac}$$

Las expresiones para el nivel del campo directo y reverberado son respectivamente:

$$\begin{aligned} LP_D &= LW - 11 - 20 \log r \\ LP_R &= LW + 6 - 10 \log A \end{aligned}$$

Se observa que el campo directo depende de la distancia a la fuente acústica, disminuyendo 6dB cada vez que se duplica la distancia a la fuente, mientras que el campo reverberado permanece constante en el recinto y sólo depende del área de absorción equivalente del mismo.

Se denomina radio crítico a la distancia a la fuente en la que se igualan el campo directo y el reverberado :

$$r_c = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{A}{\pi}} \approx 0,14 \sqrt{A}$$



Hasta esta distancia predomina el campo directo, cumpliéndose aproximadamente la ley de la divergencia esférica (pérdida de 6dB cada vez que se duplica la distancia) no influyendo prácticamente las reflexiones del recinto. Pasada esa distancia el campo directo va perdiendo importancia frente al reverberado siendo cada vez más uniforme el campo acústico resultante. Aproximadamente a 5 veces la distancia crítica deja de influir el campo directo. Antes de esta distancia el nivel del campo acústico sigue disminuyendo con una cierta pendiente,  $\Delta$ , al duplicar la distancia que depende de la geometría y absorción del recinto según :

$$\Delta = \frac{0,4\sqrt{V}}{h \cdot T_R}$$

siendo  $V$  el volumen del local,  $h$  su altura y  $T_R$  el tiempo de reverberación, expresión empírica obtenida por Peutz, [7] para locales con techos relativamente bajos.

Para valores de  $\Delta \leq 1$  se considera que existe un campo reverberante perfecto, mientras que  $\Delta \geq 5$  no existe prácticamente campo reverberante.

Así, en cada recinto se puede distinguir dos zonas acústicas en función de su poder absorbente, una próxima a la fuente en la que se perciben las características acústicas del sonido emitido y otra más alejada en la que se escucha la influencia del recinto en el mensaje emitido. Como la absorción depende de la frecuencia, para cada banda de frecuencias estas zonas pueden ser distintas.

Para fuentes no omnidireccionales hay que tener en cuenta el factor de direccionalidad  $Q$ , dependiente de la frecuencia y de la dirección, y el campo directo sería ahora,

$$\rho_{E_D} = Q \frac{W}{4\pi cr^2}$$

y su nivel vendría dado por:

$$LP_D = LW - 11 - 20\log r + 10\log Q$$

con lo cual el radio crítico sería

$$r_c = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{Q \cdot A}{\pi}} \approx 0,14 \sqrt{Q \cdot A}$$

la diferenciación entre las dos zonas acústicas anteriores dependería, ahora no sólo de la frecuencia sino también de la dirección.

### **3.6.- Medida y control de la reverberación**

Los diferentes métodos utilizados para la medida de la reverberación de un recinto dependen de la conversión de una señal acústica en una eléctrica proporcional al logaritmo de la señal mediante un micrófono. A partir de la curva de caída del voltaje frente al tiempo se puede determinar la reverberación.

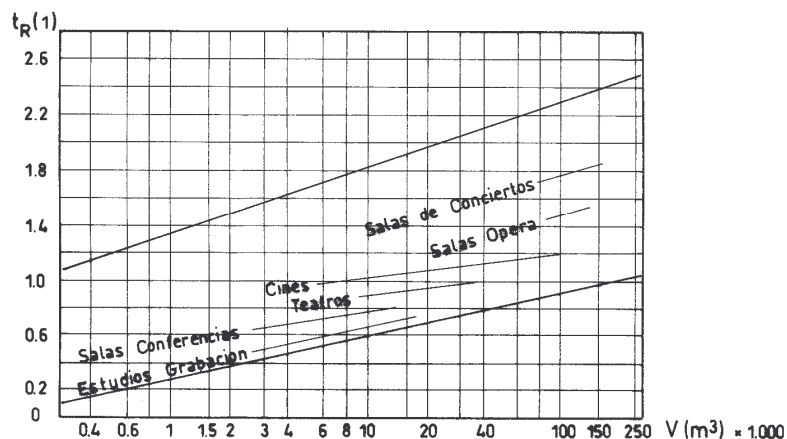
Existen diversos métodos de medida del tiempo de reverberación, pero los más utilizados son: el método de ruido interrumpido y el método de la respuesta al impulso integrada. [8,9]

En los procesos de reverberación compuestos por varias caídas exponenciales, se observa que la impresión subjetiva de la reverberación se

produce por la primera parte de la curva de caída y así se recomienda el empleo de un primer tiempo de reverberación medido en la caída de los 10-20 primeros dB o en los primeros 160 ms del proceso de descenso del sonido. [10,11,12,13]

A pesar de que no se puede considerar al tiempo de reverberación, que caracteriza el proceso de reverberación a partir de  $t_{st}$ , como el único criterio acústico, permanece como el criterio de mayor interés cuando se estudia la parte final de la caída del sonido.

Toda sala de audición, independientemente de otros parámetros acústicos, debe tener un tiempo de reverberación adecuado al uso de la misma y dependiente de su volumen [14,15].



La reverberación produce un alargamiento de los sonidos individuales, de forma que permanecen audibles cierto tiempo después de haber sido emitidos, entremezclándose su audición con la de sonidos posteriormente emitidos y restando claridad y posibilidad de identificación individual. Por otra parte la reverberación contribuye también al nivel de sonoridad de la sala, de forma que en salas grandes sin la adecuada reverberación el nivel de sonoridad puede llegar a ser insuficiente.

En cada sala, dependiendo de su uso y su volumen, se debe llegar a un compromiso entre la pérdida de claridad debida a la excesiva reverberación y la pérdida de sonoridad debida al volumen. Así de una forma general se puede estimar unos valores del tiempo de reverberación adecuados en función del uso y del volumen de un recinto.

Ahora bien, el valor del tiempo de reverberación varía con la frecuencia, ya que así lo hace la absorción de la sala. Luego, realmente conviene conocer el tiempo de reverberación adecuado para una sala en función de la frecuencia o curva tonal de la misma. En general y para reforzar el sonido de los sonidos graves es recomendable un aumento del tiempo de reverberación en bajas frecuencias del orden del 20-30% respecto al tiempo de reverberación en frecuencias medias-altas. [16]

El ajuste del tiempo de reverberación en un recinto es fundamental a la hora de adecuarlo para un determinado tipo de audición. La percepción de la reverberación, se ha visto, que viene determinada por el volumen de la sala, su difusión y la absorción presente en la misma, por lo que el control de la reverberación se hará en base a:

### **3.6.1.- Absorción**

La cantidad de energía absorbida por una superficie depende del tipo de material, su forma, su espesor y su puesta en obra, es decir del proceso de absorción que se realice, así como también de la frecuencia del sonido.

El coeficiente de absorción,  $\alpha$ , de una solución constructiva (incluyendo el material de que está hecha, su espesor, su forma de montaje) se define como la razón entre la energía absorbida y la energía incidente y depende de la frecuencia del sonido.

Los diferentes mecanismos de absorción varían según en que transformen la energía acústica en energía calorífica o en energía mecánica. [17,18,19,20,21]

En efecto, una forma de absorber energía acústica de un campo es introducir en él elementos capaces de adquirir energía mecánica en base a la energía acústica del campo. Este es el caso de las placas vibrantes o membranas y los resonadores. En este mecanismo de absorción se absorbe fundamentalmente la energía asociada a la frecuencia de resonancia del sistema, ya sea la membrana o el resonador.

En el caso de una membrana de masa superficial  $m(\text{kg} / \text{m}^2)$  situada a una cierta distancia  $d(\text{cm})$  de un cerramiento rígido, la frecuencia de resonancia del sistema es :

$$f = \frac{600}{\sqrt{md}}$$

que para absorber por debajo de 300Hz el producto  $md \geq 4$ . La capacidad de absorción de estos sistemas vibratorios no es muy grande ( $\alpha \leq 0,5$ ). La onda reflejada desde una superficie vibrante pierde direccionalidad y la reflexión es por tanto difusa, cooperando a la obtención de un campo más difuso.

El tipo más simple de resonador es el de Helmholtz, consistente en un volumen cerrado de aire conectado al exterior mediante una pequeña abertura. El aire contenido en el volumen se comporta como un resorte cuando existe una presión acústica en la boca del resonador. La masa  $m$  del aire contenida en el cuello sufre contracciones y dilataciones a una velocidad tanto mayor cuanto más próxima es a la frecuencia de resonancia del resonador,

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{(L + 2\Delta L)V}}$$

donde S es la superficie de la boca, V el volumen de aire, L la longitud del cuello y  $\Delta L$  es la llamada corrección del orificio en agujeros circulares vale  $1,6R$ . El efecto de absorción suele ser muy selectivo en torno a esta frecuencia.

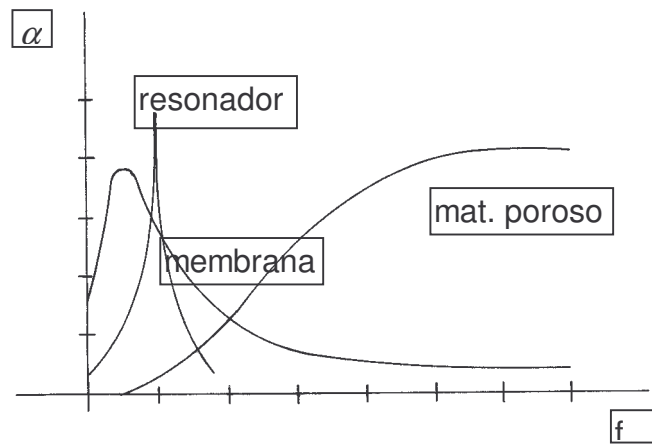
Tanto los resonadores como las membranas suelen presentar espectros de absorción en frecuencias bajas-medias.

Otra forma, que suele ser más común, es mediante el uso de materiales absorbentes del sonido. Estos absorbentes producen un amortiguamiento de las ondas sonoras al pasar éstas a su través, mediante la transformación de la energía acústica ( energía cinética de las partículas ) en energía calorífica. Estos materiales pueden absorber de dos formas:

- a) en *materiales homogéneos y blandos* la onda de presión provoca deformaciones en la superficie que se transmiten a lo largo del material y requieren cierta energía para producirse, energía que toman de la onda acústica, que es la causa de las mismas. La presión de la onda sonora sobre la superficie es en este caso la causa de las deformaciones y por tanto de la absorción. La impedancia del material, o resistencia que pone a la propagación de la onda, interesa que sea grande para que al no permitir el paso de la onda a su través, se produzca la deformación. La estructura del material interesa que no sea rígida para facilitar la deformación. La absorción de los materiales blandos se produce fundamentalmente en frecuencias medias.

b) en *materiales porosos o fibrosos* de poro abierto, al incidir la onda acústica sobre ellos, se refleja una porción muy pequeña, pues las partículas del aire penetran en el material, a través de sus canales y en su vibración se produce un rozamiento con las paredes de los poros o canales, lo que produce una pérdida de energía cinética de las partículas del aire por transformación en energía calorífica disipada en el rozamiento. A mayor rigidez en la estructura del material, mayor será la velocidad relativa y por tanto, se producirá mayor rozamiento y mayor absorción. Si la estructura del material es flexible se produce menos rozamiento y menor pérdida por calor, ya que los canales entrarán también en vibración, originándose una pérdida adicional por transformación de energía acústica en mecánica. En cualquier caso interesa un material con baja impedancia, para permitir que la onda se transmita en su interior, buscando un compromiso entre la porosidad y el espesor, puesto a mayor porosidad mayor debe ser el espesor para que se pierda la misma cantidad de energía. Puesto que los materiales porosos absorben en función de la energía cinética de las partículas del aire conviene situarlo donde la velocidad de las partículas es mayor, es decir al menos a  $\lambda / 4$  de los cerramientos rígidos. Por ello los materiales porosos absorben fundamentalmente a altas frecuencias.

En general, la intervención para el acondicionamiento acústico de un determinado recinto se realiza tratando de ajustar el tiempo de reverberación mediante materiales absorbentes superficiales y en bajas frecuencias, cuando exista exceso de reverberación se recurrirá al empleo de membranas o resonadores.





### 3.6.2.- Difusión

El campo sonoro en un recinto está, generalmente, lejos de la uniformidad supuesta por la teoría estadística. Las curvas de caída del sonido desde el estado estacionario suelen tener fluctuaciones que las alejan en mayor o menor medida de las supuestas caídas teóricas de tipo exponencial.

El grado de difusión suele ser el término usado para describir el grado de aleatoriedad del campo acústico en un recinto. Se dice que el campo es perfectamente difuso si se tiene una distribución uniforme de energía acústica para cualquier volumen y si las direcciones de propagación para cualquier punto son igualmente probables.

El campo sonoro difuso no se alcanza nunca en la realidad, sin embargo se aproximará más a él cuanto mayor sea la proporción de energía que se refleje difusamente en cada reflexión y cuanto menor sea la absorción del recinto.

Para mejorar el grado de difusión del campo acústico en un recinto se debe incidir en potenciar la reflexión difusa y no direccional del sonido mediante:

- a) optimización de las proporciones de la sala de forma que se eviten resonancias aisladas
- b) evitando el paralelismo entre cerramientos evitando la formación de ondas estacionarias y rompiendo la simetría y por tanto no favoreciendo ninguna dirección de propagación del sonido.
- c) introduciendo irregularidades en las superficies de forma que el sonido no se refleje especularmente en ellas.
- d) distribuyendo irregularmente los materiales absorbentes no favoreciendo ningún tipo de simetría.

e) utilizando difusores o elementos que difunden el sonido en un amplio margen de frecuencias. Los difusores RPG (Retícula por fase de reflexión) o rejillas de difracción acústica tienen una distribución de profundidades de sus hendiduras de forma que la onda difractada por ellos está formada por un gran número de frentes de onda dispersados que se refuerzan mutuamente. [22,23]

### **3.7.- Características acústicas de una banda de música**

Una banda de música es una agrupación instrumental donde intervienen, mayoritariamente, por no decir en su totalidad instrumentos de viento y percusión ( en algunas agrupaciones se incorporan algunos instrumentos de cuerda frotada como son el violonchelo y el contrabajo).

Este tipo de instrumentos tiene, entre otras particularidades la gran direccionalidad de proyección sonora y la elevada potencia acústica que, según los casos, pueden llegar a emitir.

Los instrumentos de viento se basan en columnas resonantes de aire. La frecuencia fundamental del sonido emitido depende de la longitud del tubo, según :

$$f = \frac{c}{4L} \quad (\text{tubo cerrado en un extremo})$$

$$f = \frac{c}{2L} \quad (\text{tubo abierto en ambos})$$

también se producen armónicos dependiendo su número e intensidad del tipo de instrumento. Estos instrumentos están equipados con válvulas, orificios o ranuras que permiten variar la longitud efectiva del tubo y por tanto la frecuencia fundamental y los armónicos emitidos.

Los instrumentos de percusión son excitados por un golpe dado sobre un sistema de vibración que puede ser una barra, varilla, membrana o campana. Algunos sonidos emitidos por instrumentos de percusión tienen carácter periódico con una frecuencia fundamental y armónicos, sin embargo en general producen sonidos complejos con frecuencias no armónicas, como es el caso de membranas o láminas.

La energía radiada por los diversos instrumentos musicales puede ser variada considerablemente por el músico, con un rango dinámico de 40dB ó más sobre todo en altas frecuencias [24,25]. El mínimo sonido producido por un instrumento en un *pianissimo* es del orden de 30dB y el mayor en un *fortissimo* del orden de 100dB, medidos a 1 m. Los niveles de sonido que emite una banda pueden estimarse aproximadamente suponiendo que cada instrumento contribuye con  $100\mu W$  a la potencia total.

El nivel equivalente medido durante un ensayo varía entre  $L_{eq} = 79 - 99\text{dBA}$  con un valor medio de  $L_{eq} = 89,9\text{dBA}$  [25].

La energía emitida por los diversos instrumentos no se irradia uniformemente en todas direcciones debido a la sombra acústica que produce el músico y el propio instrumento. Cada instrumento tiene su diagrama de direccionalidad propio. En los instrumentos de viento a bajas frecuencias (hasta 500 – 650Hz) el sonido rodea el instrumento y se irradia uniformemente originando un campo prácticamente esférico. A medida que crece la frecuencia el ángulo de emisión se va reduciendo hacia el eje del instrumento [26].

Las bandas de música están compuestas por un conjunto de alrededor de 100-120 músicos en las agrupaciones musicales más importantes. De ellos alrededor de 90 % son instrumentistas de viento y el resto de percusión.

### ***3.8.- Características acústicas de un recinto de ensayo de música de banda.***

Los músicos ajustan sus medios de expresión musical, nivel de sonoridad, tempo, expresión, timbre y entonación de acuerdo a la percepción del sonido que tienen, por ello las características acústicas de una sala de ensayo influyen de una manera decisiva en la labor de preparación de la obra musical y en definitiva en el perfeccionamiento de la interpretación. La sala de ensayos puede considerarse como una extensión de los instrumentos, a través de la cual los músicos perciben el sonido y la calidad de su interpretación a la vez que la del conjunto. [28,29,30,31,32,33,34,35,36]

La música que se hace en el ensayo debe de ser entendida y escuchada desde una perspectiva distinta a la del concierto. En el ensayo se debe realizar una audición totalmente objetiva de la música. Es en el concierto dónde debe de escucharse el todo, a ser posible desde el subjetivismo, sin dejar de valorar los aspectos técnicos y estilísticos, pues de lo contrario no habrá un disfrute total de la obra de arte musical.

Sin embargo, en el ensayo se ha de realizar una audición del todo, desde el trabajo crítico de las partes, haciendo una valoración exhaustiva de todo el complejo interpretativo. Es importante que la sala permita oír toda la gama de sonidos en todos sus parámetros con la mayor nitidez y uniformidad posible, así como permitir que todos los instrumentos se oigan entre sí y que la audición sea la misma en cualquier punto de la sala.

Para adecuar la entonación y la calidad del sonido que produce el músico prefiere una “sala más bien muerta”, sin excesiva reverberación, en la que él mismo sea el único responsable del sonido emitido, sin excesiva cooperación por parte de la sala. En espacios reverberantes los músicos no pueden desarrollar técnicas de conjunto pues la reverberación enmascara los detalles.

La facilidad de interpretar en conjunto tiene que ver con la unanimidad entre músicos sobre *tempos*, entonación, dinámica y expresión. En unas condiciones adecuadas para interpretación en conjunto la sincronización, o habilidad de detectar con precisión el *tempo* de los otros músicos, es determinante. En ella influye tanto la reverberación como el tiempo musical, de forma que un aumento en cualquiera de ambos, reverberación o *tempo*, provoca que los músicos interpreten por detrás de lo que oyen.

Las necesidades acústicas que los músicos aprecian en una sala de ensayo son [30] :

- **Reverberación**, percibida durante los cortes o cambios de tono, ya que sostiene los sonidos emitidos. Mezcla notas adyacentes, enmascara los detalles y da la sensación de respuesta de la sala.
- **Apoyo**, que hace que el músico se oiga y que no necesita forzar el instrumento. Se percibe durante los ataques .
- **Timbre**, da la influencia de la sala en el color tonal y en el balance .Influye en la impresión del balance tonal entre instrumentos.
- **Dinámica** describe el rango dinámico que puede obtenerse en la sala y el grado en que la sala respeta las intenciones del que interpreta.

- **Facilidad de oírse entre los músicos** requerida en un grupo para interpretar en conjunto, con precisión en el ritmo, en tono, y equilibrio en nivel, timbre y expresión. La situación sólo es satisfactoria cuando existe un equilibrio entre oírse a uno mismo y oír a los demás.
- **Retrasos** como consecuencia de las distancias entre las diversas secciones y entre músicos. Puede ser causa de desincronizaciones.

Una sala de ensayos debe ser concebida para tal fin, de tal forma que la primera sensación que se obtenga en la misma sea la de intimidad y claridad. Es primordial que los músicos se encuentren “ cómodos y a gusto” desde el punto de vista acústico. El director debe conocer, tras los ensayos, la interpretación de la obra sin apoyo de la sala para posteriormente adaptarla a la acústica de la sala donde va a ser interpretada.

### 3.9.- Bibliografía

- [1] Bech, S.  
“Timbral aspects of reproduced sound in small rooms.”  
Journal Acoustical Society of America 97(3). Marzo 1995
- [2] Sabine W.Clement  
“Collected Papers on Acoustics.”  
Harvard University Press. 1922
- [3] Eyring, C.F.  
“Reverberation Time in “dead” rooms”  
Journal Acoustical Society of America 1 (p217) 1930
- [4] Fitzroy, D.

- “Reverberation formula which seems to be more accurate with nonuniform distribution of absorption”  
Journal Acoustical Society of America 31 (p893) 1959
- [5] Millington, G.  
“A modified formula for reverberation”  
Journal Acoustic Society of America, 4 (p69) 1932
- [6] Pujolle, J  
“Nouvelle formule pour le durée de réverbération”  
Revue d’Acoustique 19 (p107) 1972
- [7] Peutz, V.M.A.  
“Articulation loss of consonnants as a criterion for speech transmission in a room “  
Journal Acoustical Society of America, 19 . Diciembre 1971
- [8] Cremer, L;Muller, H:A.  
Principles and applications of room Acoustics  
Applied Science Publishers 1982
- [9] Beranek, L.  
Acoustic Measurements.  
John Willey and Son Inc. Nueva York 1949
- [10] Atal, B.S.; Schroeder, M.R.; Sessler G.M.  
“Subjective reverberation time and its relation to sound decay”  
Proceed. 5th Congr. Acoustics 1b, G32 (1965)
- [11] Schroeder M.R:  
“New method of measuring reverberation time”  
Journal Acoustic Society of America, 37 (p409) 1965
- [12] Kurer, R;  
“Zur Gewinnung von Einzahlkriterien bei Impulsmessungen in der Raumakustik”  
Acustica, 21 (p370) 1969
- [13] Jordan, V  
Acoustical design of concert halls and theaters  
Applied Science Publishers. 1980

- [14] Lifshitz S.  
“Optimum reverberation for an auditorium”  
Physical Institute of the University of Moscow. Noviembre 1924
- [15] Furrer, W.  
Room and building Acoustics and Noise Abatement  
Botlersworths 1964
- [16] Knudsen, V; Harris,  
Acoustical designing in architecture  
Wiley ed. 1950
- [17] LLinares,J.; Llopis, A.;Sancho, J.  
Acústica Arquitectónica y Urbanística  
S.P.U.P.V. 1996
- [18] Josse, R.  
Acústica en la construcción  
Gustavo Gili. 1975
- [19] Kuttruff, H.  
Room Acoustics  
Applied Science Publishers, 1973
- [20] Lawrence, A.  
Architectural Acoustics  
Applied Science Publishers 1970
- [21] Lamoral, R.  
Acoustique et Architecture  
Masson, Paris 1975
- [22] Schroeder, R:E:; Gerlach,A. Steingrube, Strube H.W.  
“Response to theory of optimal plene diffusors”  
Journal Acoustic Society of America 65, (p1337) 1979
- [23] D’Antonino, P. Konnert, J.  
“The QRD diffractal: a new one or two dimensional fractal sound diffusor”  
Journal Acoustic Society of America, 40 (p117) Marzo 1992
- [24] Miskiewicz , A.; Rakowski, A.



“Loudness levels versus sound-pressure level : A comparison of musical instruments”

Journal Acoustic Society of America, 96 (6) Diciembre 1994

[25] Royster D. J.; Royster, L; Killion, M.

“Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians”

Journal Acoustic Society of America, 89 (69) Junio 1991

[26] Thfoin, C.

“La directivité des instruments de musique, son importance dans la conception architecturale des salles de spectacle”

Laboratoire d’acoustique. Université de Paris XI.

[27] Ruiz Monrabal, V.

Historia de las Sociedades Musicales de la Comunidad Valenciana  
Federico Domenech, S.A. Valencia 1993.

[28] Beranek, L.

Music, Acoustics and Architecture.  
Wiley De. 1962

[29] Marshall, A.; Gottlob, D.; Alrutz, H.

“Acoustical conditions preferred for ensemble”

Journal Acoustic Society of America, 64 (5) Noviembre 1978

[30] Gade, A.C.

“Investigations of musicians’ room acoustic conditions in concert halls. Part I: Methods and laboratory experiments”.

Acustica, 69.(p193) 1989

[31] Gade, A.C.

“Investigations of musicians’ room acoustic conditions in concert halls. Part II: Field experiments and synthesis of results”.

Acustica, 69. (p243) 1989

[32] Naylor, G.M.

“Some effects of signal and noise modulation on rhythm detection, and relations to musical performance in rooms”.

Acustica, 73 (p208) 1991.

[33] Naylor, G.M.

“A laboratory study of interaction between reverberation , tempo and musical synchronization”

Acustica, 75 (p236) 1992.

[34] Cohen, E.A.

“Acoustic of practice rooms”

92nd AES meeting 1992.

[35] Cohen, E.A.

“Loudness levels and ensemble room acoustics”

Cohen Acoustical Inc. Los Angeles.

[36] Ramis Soriano, J.

“Estudio de parámetros acústicos en recintos para grabación y reproducción sonora”.

Tesis doctoral. UPV. Valencia 1996

**4.1.- Introducción**

El objetivo del programa de experiencias ha sido la evaluación de las características geométricas y acústicas de una muestra representativa de salas de ensayo de Música de Banda en la Comunidad Valenciana.

Las salas se han seleccionado por su representatividad dentro de las Sociedades Musicales .

En las salas analizadas se han realizado medidas del tiempo de reverberación ( $T_{30}$ ) y de niveles del campo acústico, en tercios de octava, en diversas localizaciones, coincidiendo siempre una con la situación del director de la banda y situando siempre la fuente en la zona habitualmente ocupada por los músicos.

Así mismo se han tomado datos de la geometría de la sala (croquis acotados de la planta y la sección), y de los materiales de recubrimiento de sus superficies, completándose lo anterior con un estudio fotográfico.

El nivel de ruido de fondo en una sala de ensayos es también un dato importante, respecto a la acústica de la misma. Debido al bajo aislamiento acústico que en general tienen estas salas, la medida del nivel de ruido de fondo requiere un tratamiento estadístico, durante un largo periodo de medida ( 24 horas ). Aunque de forma sistemática no se han tomado valores del ruido de fondo - en ocasiones porque no ha sido posible poner en funcionamiento las instalaciones y en la mayoría porque el horario de uso de las mismas difiere mucho de los horarios en que se hicieron las medidas en las salas donde se ha podido realizar la medida se ha detectado un muy bajo nivel de aislamiento.

Esto no sólo repercute en el ruido de fondo en la misma sino, también y en mayor grado, en el nivel transmitido al exterior. Este problema puede ser grave debido a los bajos niveles de ruido ambiental nocturno ( horario de ensayos) en los núcleos urbanos dónde se sitúan. Las salas de nueva construcción suelen tener problemas si no se cuida el aislamiento acústico, mientras que en salas ya consolidadas la costumbre evita el problema.

#### ***4.2.- Dispositivo experimental***

Las medidas del tiempo de reverberación y niveles del campo acústico han sido realizadas con el Analizador de Acústica de Edificios 4418 de la firma Brüel & Kjaer.

La fuente acústica utilizada ha sido la 4224 también de la firma Brüel & Kjaer. Se han utilizado micrófonos de condensador 4166 de Brüel & Kjaer.

#### ***4.3.- Salas de ensayo estudiadas***

Las 25 salas de ensayo de Música de Banda analizadas, organizadas según la pertenencia a una de las tres provincias de la Comunidad Valenciana, han sido :

##### **Alicante**

Sociedad Filarmónica de Altea

Sociedad Musical La Lira de Alfaz del Pi  
Asociación Amigos de la Música de Callosa d'En Sarriá  
Grup de dolçainers La Xafigá de Muro de Alcoy

### Castellón

Sociedad Filarmónica de Burriana  
Unión Musical Santa Cecilia de Moncofar  
Ateneo Musical Schola Cantorum de Vall d'Uxó  
Centro Instructivo de Arte y Cultura de Vall d'Uxó  
Unión Musical de Vall d'Uxó

### Valencia

Unión Musical de Utiel  
Unión Musical La Mar Chica de Camporrobles  
Sociedad La Artística de Buñol  
Sociedad Musical La Primitiva de Játiva  
Sociedad Artístico Musical La Nova de Játiva  
Centro Artístico Musical de Bétera  
Ateneo Musical Banda Primitiva de Liria  
Unión Musical de Liria  
Agrupación Musical L'amistat de Quart de Poblet  
Instructiva Unión Musical de Tavernes de Valldigna  
Agrupación Musical Los Silos de Burjasot  
Casino Musical de Godella  
Juventud Musical de Albal  
Unión Musical de Ribarroja del Turia  
Sociedad Artístico Musical de Benifayó  
Centro Instructivo Cultural la Unión Musical de Benaguacil

### 4.3.1.- Fichas de las salas de ensayo

Con los datos obtenidos en la visita y sesión de medidas en cada sala de ensayo, se han confeccionado las fichas que se presentan en el Anexo y que contienen sus parámetros más característicos.

En cada ficha se presenta la planta y sección de la sala a escala, con sus datos geométricos tales como : *Volumen, Superficie en planta, Superficie total de sus cerramientos y Altura media*. Asimismo se incluye una relación de los materiales de recubrimiento de sus superficies, así como cualquier incidencia u observación que se haya producido durante el proceso de medida.

Los parámetros acústicos medidos en cada sala se representan en tablas correspondientes a las medidas del tiempo de reverberación y niveles del campo acústico en las diversas bandas de tercios de octava y para los diversos puntos de medida. Así mismo se representan gráficamente los valores promedio de ambos parámetros.

De los anteriores datos se han obtenido mediante cálculos, otros parámetros como :

- Cociente entre el volumen y la superficie total de los cerramientos de la sala ( $V/S_{TOTAL}$ ).
- Cociente entre el volumen y el tiempo de reverberación a 1000 Hz ( $V/TR$ ) que es un factor proporcional al Area de absorción equivalente de la sala.
- Area de absorción equivalente a 1000 Hz, obtenida según la fórmula de Sabine ( o Eyring ) para el tiempo de reverberación.

$$T_R = \frac{0,162.V}{A}, \left[ T_R = \frac{0,162.V}{-S.L_n(1-\bar{\alpha})} \right]$$

- Cociente entre la Superficie en planta y el Area de absorción equivalente ( $S_P/A$ ).
- Cociente entre la Superficie en planta y el Tiempo de reverberación ( $S_P/TR$ ).
- Superficie de los cerramientos reflectantes ( $S_R$ ) y su porcentaje respecto al total.
- Superficie de los cerramientos absorbentes ( $S_A$ ) y su porcentaje respecto al total.

#### **4.3.2.- Cuadros de resultados**

Con los datos conjuntos de todas las salas se han elaborado los siguientes cuadros resumen de resultados que permiten un estudio comparativo entre las mismas.

En el cuadro *C.1* se muestran los datos geométricos de todas las salas estudiadas, es decir :

- Volumen
- Superficie en planta
- Altura media
- Superficie total de cerramientos
- Cociente entre el Volumen y la Superficie total.

En las últimas filas del cuadro aparecen los valores medios, máximo y mínimo de cada variable, así como la desviación típica.

En el cuadro C.2 se dan los datos que tienen que ver con los materiales de recubrimiento de las diversas superficies de las salas, suelo, techo y cerramientos verticales.

El cuadro C.3 presenta un resumen de los parámetros acústicos medidos en las salas. Así, se dan como valores significativos los tiempos de reverberación medios en las diversas salas a 250, 500, 1000 y 4000 Hz. Para los niveles del campo acústico medidos en las mismas se dan los siguientes valores : en la situación del director ( $L_D$ ), medios ( $L_M$ ), y reverberado ( $L_R$ ), correspondientes a 250, 500, 1000 y 4000 Hz.

A continuación y entrelazando datos de los cuadros anteriores se obtiene el cuadro C.4 en el que se dan parámetros relativos a la absorción presente en las diversas salas, como :

- Cociente entre el volumen y el tiempo de reverberación a 1000 Hz ( $V/TR$ ) que es un factor proporcional al Area de absorción equivalente de la sala.
- Area de absorción equivalente a 1000 Hz, obtenida según la fórmula de Sabine o Eyring para el tiempo de reverberación.
- coeficiente de absorción medio de la sala ( $\bar{\alpha}$ ).
- Superficie de los cerramientos reflectantes ( $S_R$ ) y su porcentaje respecto al total.
- Superficie de los cerramientos absorbentes ( $S_A$ ) y su porcentaje respecto al total.
- Cociente entre la Superficie en planta y el Area de absorción equivalente ( $S_p/A$ ).
- Cociente entre la Superficie en planta y el tiempo de reverberación ( $S_p/TR$ ).





	VOLUMEN	SUPERFICIE PLANTA	ALTURA MEDIA	SUPERFICIE TOTAL	VOL/SUP
UTIEL	959	163	5,88	739	1,3
CAMPORROBLES	210	70	3	241	0,88
BURRIANA	616	145	4,25	511	1,21
MONCOFAR	559	148	3,78	500	1,12
SCHOLA C. VALL D'UXO	325	112	2,9	346	0,94
CIAC VALL D'UXO	395	135	2,93	422	0,94
UNION MUS. VALL D'UXO	540	144	3,75	479	1,13
ARTISTICA BUÑOL	811	153	5,3	585	1,39
LA PRIMITIVA JATIVA	697	200	3,48	602	1,16
LA NOVA JATIVA	421	145	2,9	449	0,94
BETERA	807	170	4,75	587	1,37
PRIMITIVA LIRIA	818	162	5,05	695	1,18
UNION MUSICAL LIRIA	979	161	6,08	701	1,4
ALTEA	1269	168	7,55	815	1,56
ALFAZ DEL PI	624	208	3	598	1,04
CALLOSA D'EN SARRIA	951	244	3,9	734	1,3
L'AMISTAT DE QUART	301	94	3,2	313	0,96
TAVERNES VALLDIGNA	659	164	4,02	532	1,24
MURO DE ALCOY	184	50	3,68	209	0,88
BURJASOT	447	145	3,08	443	1,01
GODELLA	443	151	2,93	457	0,97
ALBAL	366	124	2,95	394	0,93
RIBARROJA	333	111	3	362	0,92
BENIFAIO	689	151	4,56	532	1,29
BENAGUACIL	834	228	3,66	721	1,16
VALOR MEDIO	609,48	149,84	3,9832	518,68	1,1288
VALOR MAXIMO	1269	244	7,55	815	1,56
VALOR MÍNIMO	184	50	2,9	209	0,88
DESVIACION TIPICA	268	42,7	1,18	157,7	0,19

CUADRO C-1

	m2 SUELO MATERIAL		m2 TECHO MATERIAL		m2 CERRRAMIENTOS VERTICALES MATERIAL		SUELO ANFITEATRO m2	TECHO BAJO ANFITEATRO m2	OBSERVACIONES
<b>UTIEL</b>	72 91	TERRAZO LINOLEO	220	PLACAS ACUSTICAS	58 2 13 74 58 56	ENLUCIDO PINTADO CRISTAL PUERTAS VERMICULITA PROY ESCAYOLA ENTELADO	71 LINOLEO	24 PLACAS ACUSTICAS	sillas skay atrilles metálicos percusión
<b>CAMPOR ROBLES</b>	70	TERRAZO CON PLÁSTICO	70	PLACAS POCO ABSORB,	20 68 8 5	CORCHO ENLUCIDO CRISTAL PUERTAS			vacía
<b>BURRIANA</b>	145	CERAMICO	145	ESCAYOLA PERFORADA	184 22 15	ENLUCIDO PINTADO CORTINAS PUERTAS			sillas tapizadas atrilles metálicos percusión
<b>MONCOFAR</b>	148	TERRAZO	168	ENLUCIDO Y PINTADO	74 100 10	ENLUCIDO PINTADO CRISTAL PUERTAS			sillas de madera atrilles madera
<b>VALL D'UXO SCHOLA C</b>	112	CERAMICO ANTIGUO	112	TELA SACO	109 11 2	ENLUCIDO PINTADO CRISTAL MADERA			sillas de mimbre y mad. atrilles madera
<b>VALL D'UXO CIAC</b>	119 16	TERRAZO TARIMA	135	ESCAYOLA	112 30 5 5	ENLUCIDO PINTADO CORTINAS PLASTICO MADERA CRISTAL			sillas plástico atrilles metálicos mesas percusión
<b>VALL D'UXO UNION MUSICAL</b>	144	BALDOSA HORMIGON	144	ESCAYOLA	176 13 2	ENLUCIDO PINTADO CRISTAL MADERA			sillas madera atrilles madera percusión
<b>BUÑOL ARTISTICA</b>	153	BALDOSA	153	HUEVERAS ESCAYOLA	238 38 3 18	MOQUETA CRISTAL MADERA CORTINAS			sillas atrilles percusión
<b>JATIVA PRIMITIVA</b>	148 52	TERRAZO CERAMICO	196	PANEL ACUSTICO	133 19 40 10	ENLUCIDO PINTADO ZOCALO SAPELI CRISTAL PUERTAS			
<b>JATIVA LA NOVA</b>	115 30	CERAMICO TARIMA	86 59	ESCAYOLA POLIESTIRENO	92 82 15	ENLUCIDO PINTADO CORTINAS CRISTAL			percusión
<b>BETERA</b>	153 17	TERRAZO MOQUETA	170	ESCAYOLA PERFORADA	231 10 6	MOQUETA CRISTAL MADERA			sillas skay percusión
<b>LIRIA PRIMITIVA</b>	162	PARQUET	166	PANEL ACUSTICO	170 42 20 31	CORCHO ZOCALO DE MADERA CRISTAL CORTINAS	52 PARQUET	52 PANEL ACUSTICO	atrilles metálicos percusión

CUADRO C-2

	m2 SUELO MATERIAL		m2 TECHO MATERIAL		m2 CERRRAMIENTOS VERTICALES MATERIAL		SUELO ANFITEATRO m2	TECHO BAJO ANFITEATRO m2	OBSERVACIONES
<b>LIRIA UNION MUSICAL</b>	161	LINOLEO	205	PANEL ACUSTICO	136/2 3 61 51 21	TELA /CORCCHO ZOCALO DE MADERA CORTINAS PUERTA PLEGABLES	43 TERRAZO		sillas madera tapizadas skay atriles metálicos percusión
<b>ALTEA</b>	168	PARQUET	227	ESCAYOLA DIFUSORA	238 110 4 8	CORTINAS ENLUCIDO PINTADO CRISTAL MADERA	59 PARQUET		sillas skay atriles metálicos y plástico percusión
<b>ALFAZ DEL PI</b>	208	CERAMICO	42 166	PANEL ABS. PANEL REF	78 79 25	PANLE REFLECTANTE PANEL ABSORBENTE CRISTAL			sillas skay y plástico percusión
<b>CALLOSA D 'EN SARRIA</b>	244	TERRRAZO	244	PLACAS ESCAYOLA	230 16	CORTINAS LIGERAS CRISTAL			sillas madera , percusión
<b>QUART L'AMISTAT</b>	94	TERRAZO	62 32	ESCAYOLA BANDAS	75 30 20	ENLUCIDO PINTADO CRISTAL ZOCALO CERAMICO			sillas madera , percusión cuadros
<b>TAVERNES VALLDIGNA</b>	164	MOQUETA	136 34	ESCAYOLA RESONADOR MADERA	154 34 10	ENLUCIDO PINTADO CRISTAL MADERA			sillas madera percusión
<b>MURO ALCOY</b>	50	TERRAZO	50	ENLUCIDO PINTADO VIGAS MADERA	80 20 9	ENLUCIDO PINTADO MADERA CRISTAL			vacía
<b>BURJASOT</b>	145	CERAMICO	145	ESCAYOLA SEMI PERFORADA	126 12 15	ENLUCIDO PINTADO MADERA CRISTAL			sillas madera tapizadas skay atriles metálicos percusión
<b>GODELLA</b>	134 17	TERRAZO TARIMA SOBRE COLCHON	151	PLACAS ACUSTICAS	83 7 65	ENTELADO MADERA VENTANAS CORTINA LIGERA			sillas madera atriles madera y metálicos percusión
<b>ALBAL</b>	124	TERRAZO	124	PLACAS ACUSTICAS	122 8 16	ENLUCIDO PINTADO MADERA CRISTAL			sillas madera atriles metálicos percusión
<b>RIBARROJA DEL TURIA</b>	53 58	BALDOSA HIDRAULICA MOQUETA PEGADA	111	ENLUCIDO Y PINTADO	63 12 65	ENLUCIDO PINTADO MADERA CORTINAS			percusión cortinas desplegadas
<b>BENIFAIO</b>	151	CERAMICO	151	PLACAS ACUSTICAS	179 4 27 20	ENLUCIDO PINTADO MADERA CORTINAS CRISTAL			atrilles metálicos sillas skay percusión
<b>BENAGUA CIL</b>	118 110	TERRAZO HORMIGON	110 118	ENLUCIDO HUEVERAS	166 99	LADRILLO HUEVERAS			

CUADRO C-2

	TR 1000 LD	TR 1000 LR	TR 250 LM	TR 500 LM	TR 1000 LM	TR 4000 LM
UTIEL	0,5 91,6	0,5 84,2	0,6 89,8	0,5 89,4	0,5 87,9	0,4 80,5
CAMPOR ROBLES	1,0 97,6	1,0 97,6	1,1 98,2	0,8 99,6	1,0 97,6	0,7 91,3
BURRIANA	0,7 93,3	0,7 92,1	1,1 91,7	0,8 93,5	0,7 91,9	0,7 88,6
MONCOFAR	2,6 101,6	2,6 100,6	2,8 98,4	2,7 101,6	2,6 101,1	1,6 97,2
VALL D'UXO SCHOLA C	1,0 98,4	1,0 94,5	1,1 97	1,2 98,9	1,0 96,5	0,7 89
VALL D'UXO CIAC	1,5 100,8	1,5 97,9	2 97,8	1,7 99,8	1,5 99,6	1,2 95,3
VALL D'UXO UNION MUS.	2,1 99,8	2,1 99,8	2,1 98,4	2,2 101,2	2,1 99,4	1,3 93,7
BUÑOL ARTISTICA	0,8 94,5	0,8 91,1	2,1 96,5	1,4 95,5	0,8 91,8	0,5 86,6
JATIVA PRIMITIVA	0,7 95,2	0,7 91,9	0,8 93,9	0,7 94,4	0,7 93,6	0,7 90,8
JATIVA LA NOVA	0,7 96,7	0,7 93,3	0,8 94,7	0,6 96,4	0,7 95	0,6 93,4
BETERA	1,0 91,7	1,0 90,1	1,1 91,8	0,9 94,5	1,0 92,9	0,9 89,6
LIRIA PRIMITIVA	0,8 97,4	0,8 87,5	1,2 91,4	0,7 94,6	0,8 93,2	0,6 86,4
LIRIA UNION MUS.	0,8 91,5	0,8 88,8	1,4 95,1	1,0 94,3	0,8 91,6	0,4 85,3
ALTEA	0,6 90,9	0,6 89,4	1,1 91,8	0,6 93	0,6 90,2	0,6 86
ALFAZ DEL PI	0,5 94,9	0,5 88,6	0,7 90,2	0,4 92,1	0,5 90,8	0,8 84,7
CALLOSA D'EN SARRIA	1,1 97,3	1,1 90,7	1,7 94	1,1 94,5	1,1 94,4	0,7 89,6
QUART L'AMISTAT	1,2 98,6	1,2 98,2	3,2 98,9	1,4 100,7	1,2 98,4	1,0 93,9
TAVERNES VALLDIGNA	1,0 94,4	1,0 92,6	1 95	1,0 96,5	1,0 95,8	0,8 90,2
MURO ALCOY	3 103,7	3 104	3,3 93	3 102	3 104	2,1 99,7
BURJASOT	1,8 100,6	1,8 98,8	2,2 99,4	1,9 102,8	1,8 99,7	1,2 96
GODELLA	0,4 95,8	0,4 94,6	0,7 94,9	0,6 95	0,4 95,2	0,2 89,3
ALBAL	0,6 99,3	0,6 93,8	1,2 98,9	0,9 99,6	0,6 96,6	0,6 90,6
RIBARROJA DEL TURIA	0,9 99,9	0,9 96,8	1,9 97,9	1 100	0,9 98,4	0,6 92,8
BENIFAIO	0,9 91,2	0,9 91,2	0,9 94,3	0,8 92	0,9 91	0,7 83,2
BENAGUACIL	1,2 93,5	1,2 89,8	1,4 98,1	1,4 94,7	1,2 91,6	1 87,6

CUADRO C-3

	V/TR	A	$\alpha$	S <sub>R</sub>	% S <sub>R</sub>	S <sub>A</sub>	% S <sub>A</sub>	Sp/A	Sp/TR
--	------	---	----------	----------------	------------------	----------------	------------------	------	-------

UTIEL	1918	254	0,34	356	48	383	52	0,64	326
CAMPORROBLES	210	34	0,14	151	63	90	37	2,06	70
BURRIANA	880	141	0,23	344	68	167	32	1,03	207
MONCOFAR	215	34	0,07	500	100	0	0	4,35	57
SCHOLA VALL D'UXO	325	52	0,15	234	68	112	32	2,15	112
CIAC VALL D'UXO	263	42	0,1	392	93	30	7	3,2	90
UNION MUS. VALL D'UXO	257	41	0,09	479	100	0	0	3,51	69
LA ARTISTICA DE BUÑOL	1014	162	0,28	194	33	409	67	0,94	191
LA PRIMITIVA DE JATIVA	996	159	0,26	406	67	196	33	1,26	286
LA NOVA DE JATIVA	601	96	0,21	308	69	141	31	1,51	207
BETERA	807	129	0,22	169	29	418	71	1,32	170
LA PRIMITIVA DE LIRIA	1022	164	0,24	276	40	419	60	0,99	202
UNION MUS. DE LIRIA	1224	196	0,28	286	41	415	59	0,82	201
ALTEA	2115	280	0,34	576	71	238	29	0,6	280
ALFAZ DEL PI	1248	171	0,29	477	80	121	20	1,22	416
CALLOSA D'EN SARRIA	865	138	0,19	504	69	230	31	1,77	222
L'AMISTAT DE QUART	251	40	0,13	281	90	32	10	2,35	78
TAVERNES DE VALLDIGNA	659	105	0,2	334	63	198	37	1,56	164
MURO DE ALCOY	61	10	0,05	209	100	0	0	5	17
BURJASOT	248	40	0,09	443	100	0	0	3,6	81
GODELLA	1108	148	0,32	205	45	252	55	1,02	378
ALBAL	610	98	0,25	270	69	124	31	1,27	207
RIBARROJA DEL TURIA	370	59	0,16	239	66	123	34	1,88	123
BENIFAIO	766	123	0,23	354	67	178	33	1,23	168
BENAGUACIL	695	111	0,15	512	71	209	29	2,05	190
VALOR MEDIO	749,12	113,1	0,2	339,96	68,4	179,4	31,6	1,89	180
VALOR MAXIMO	2115	280	0,34	576	100	419	71	5	416
VALOR MINIMO	61	10	0,05	151	29	123	0	0,6	17
DESVIACION TIPICA	509	69,1	0,08	118,9	20,6	137,6	20,6	1,2	101

CUADRO C-4

4.4.- Encuestas

La correlación entre los parámetros objetivos, geométricos y acústicos obtenidos del programa de experiencias, con la estimación subjetiva que de la calidad de audición tienen los usuarios de las salas, pretende ser la base con la que establecer los valores adecuados de los primeros para garantizar una adecuada audición. Con este fin se ha elaborado la encuesta que a continuación se detalla.

A la hora de correlacionar términos técnicos o parámetros acústicos, con las percepciones que producen o criterios subjetivos es fundamental la utilización de un lenguaje adecuado e inteligible por ambas partes (técnicos y músicos), ya que habitualmente el vocabulario utilizado no es concordante. Por ello, en la elaboración de las preguntas de la encuesta ha participado también el director de la banda de la Asociación de Amigos de la Música de Callosa d'En Sarriá, que a su vez es profesor de armonía y composición musical.

La encuesta ha sido dirigida a todos los directores de las bandas cuyas salas de ensayo han sido analizadas, habiéndose recibido respuesta sólo del 50% de las mismas.

#### **4.4.1.- Modelo utilizado**

La encuesta realizada contiene las siguientes preguntas :

1. ¿Se distingue claramente, durante el ensayo, los diferentes elementos que constituyen una obra musical ( melodía, contrapunto, acompañamiento, etc.) ?
2. Cuando en un momento determinado, en el ensayo de una obra, intervienen los instrumentos graves (incluidos Bombos y Timbales) ¿Se produce algún tipo de enmarañamiento o caos sonoro ?

3. ¿Permite la acústica de su sala de ensayo diferenciar con claridad los distintos timbres instrumentales ?

4. ¿Le permite su sala localizar en el espacio, con facilidad, un instrumento determinado dentro del conjunto de la banda ?

5. ¿Se escucha con igual intensidad el registro grave que el agudo ?

6. ¿Es igual de clara ( en cuanto a ataques, determinación de ritmos, percepción de valores, etc.) la ejecución en los pasajes donde intervienen instrumentos graves que en los que intervienen instrumentos cuya tesitura pertenece al registro agudo ?

7. ¿En su sala de ensayo se consigue contrastar los distintos matices dinámicos ? ¿Se reconocen igualitariamente los distintos planos sonoros en un matiz *piano* o *pianissimo* que un matiz *forte* o *fortissimo* ?

8. Si durante el ensayo usted realiza algún tipo de explicación o si el músico hace algún comentario, ¿Son acústicamente inteligibles las palabras de ambos ?

9. Cuando en el ensayo se trabaja sobre un pasaje de cierta dificultad rítmica y vivacidad en el *tempo* ¿Ha notado si, en alguna ocasión, las condiciones acústicas de la sala contribuyen a que en dicho pasaje se produzca un ligero desajuste ?

10. Cuando se pide una dicción determinada de los sonidos (cortos, largos *staccato*, *legato*, distintos tipos de acentuación, etc..) ¿se consigue en su sala el efecto requerido ?

11. ¿Han comentado los músicos, que durante el ensayo tienen dificultad en oírse entre ellos, que los clarinetes no oyen a los saxofones o que la percusión no percibe con claridad al resto de la banda ? En caso afirmativo indique que instrumentistas tienen dificultad en oír a qué instrumentos.

12. En el fragmento de una obra dónde suena alternativamente un solista o un pequeño grupo instrumental o el *tutti* de la banda ( todos ellos con el mismo matiz dinámico) ¿Encuentra en su sala de ensayo un adecuado nivel sonoro para los tres grupos citados ? Si por el contrario su sala de ensayo es



más favorable a la audición de alguno de ellos ¿cuál es el grupo más favorable ?

13. ¿Qué cualidades acústicas le pediría usted a una sala de ensayo para una Banda de Música ?

14. De todas estas cualidades ¿Cuáles cree que tiene su sala de ensayo ?

15. ¿Qué defectos cree usted que tiene su sala de ensayo ?

16. Observaciones. Apreciáramos cualquier comentario adicional que en su opinión sea interesante sobre el tema en cuestión.

#### **4.4.2.- Relación entre preguntas y parámetros medidos**

Como ya se ha comentado, la terminología usada por técnicos y músicos respecto a las mismas cuestiones es diferente y así un mismo término puede significar cosas distintas e incluso una misma percepción puede ser nombrada con términos y significados distintos ( resonancia y reverberación). De ahí la necesidad de plantear la encuesta dirigida a directores de banda en términos musicales e interpretar sus respuestas en términos técnicos para correlacionar la calidad de audición con los parámetros acústicos o geométricos.

Cada pregunta de las planteadas en la encuesta se relaciona en mayor o menor medida con los parámetros geométricos y acústicos medidos en las salas de ensayo.

La correlación entre las cuestiones planteadas en la encuesta y los parámetros geométricos y acústicos medidos en las salas de ensayo es la siguiente :

1.- *¿Se distingue claramente, durante el ensayo, los diferentes elementos que constituyen una obra musical ( melodía, contrapunto, acompañamiento, etc.) ?*

Para percibirse claramente las diversas partes de una obra musical se necesita fundamentalmente un adecuado balance en frecuencias. La forma de la curva tonal de la sala contestaría a esta pregunta.

---

2.- *Cuando en un momento determinado, en el ensayo de una obra, intervienen los instrumentos graves (incluidos Bombos y Timbales) ¿Se produce algún tipo de enmarañamiento o caos sonoro ?*

De producirse cierto caos sonoro al intervenir los instrumentos graves es debido a un desequilibrio de la curva tonal en bajas frecuencias, es decir una excesiva reverberación en bajas frecuencias.

---

3.- *¿Permite la acústica de su sala de ensayo diferenciar con claridad los distintos timbres instrumentales ?*

La sala debe tener claridad , inteligibilidad, para diferenciar los timbres instrumentales. En una sala clara predomina el campo directo frente al reverberado. Luego son salas absorbentes, con bajos tiempos de reverberación sobre todo en altas frecuencias.

---

4.- *¿Le permite su sala localizar en el espacio, con facilidad, un instrumento determinado dentro del conjunto de la banda ?*

En la sala debe predominar el campo directo para localizar fácilmente a los diversos instrumentos. El sonido directo es direccional frente al reverberado que es difuso. La reverberación mezcla los sonidos de todos los instrumentos y dificulta la localización. Una sala con baja reverberación permite la fácil localización de los instrumentos.

---

5.- *¿Se escucha con igual intensidad el registro grave que el agudo ?*

Para que así fuera es necesario un adecuado balance en frecuencias y por tanto una adecuada curva tonal.

---

6.- *¿Es igual de clara ( en cuanto a ataques, determinación de ritmos, percepción de valores, etc.) la ejecución en los pasajes donde intervienen instrumentos graves que en los que intervienen instrumentos cuya tesitura pertenece al registro agudo ?*

La sala debe de resultar clara, seca, en graves y agudos por tanto el tiempo de reverberación ha de ser bajo tanto en altas como en bajas frecuencias.

---

7.- *¿En su sala de ensayo se consigue contrastar los distintos matices dinámicos ? ¿Se reconocen igualitariamente los distintos planos sonoros en un matiz piano o pianissimo que un matiz forte o fortissimo ?*

En un *piano* o *pianissimo* se escucha al instrumento, al sonido directo, en un *forte* o *fortissimo* se escucha la sala o el sonido reverberado por la misma. Para reconocer igualitariamente los distintos planos sonoros en un

*pianissimo* que en un *fortissimo* es necesario un cierto equilibrio entre el campo directo y el reverberado, dado por la absorción de la sala.

---

8.- *Si durante el ensayo usted realiza algún tipo de explicación o si el músico hace algún comentario, ¿Son acústicamente inteligibles las palabras de ambos ?*

La inteligibilidad de la palabra conlleva la claridad, siempre que haya nivel suficiente y por tanto un bajo tiempo de reverberación fundamentalmente a altas frecuencias.

---

9.- *Cuando en el ensayo se trabaja sobre un pasaje de cierta dificultad rítmica y vivacidad en el tempo ¿Ha notado si, en alguna ocasión, las condiciones acústicas de la sala contribuyen a que en dicho pasaje se produzca un ligero desajuste ?*

Un desajuste en un pasaje con cierta dificultad rítmica puede ser debido a un desequilibrio del tiempo de reverberación en bajas frecuencias.

---

10.- *Cuando se pide una dicción determinada de los sonidos (cortos, largos, staccato, legato, distintos tipos de acentuación, etc..) ¿se consigue en su sala el efecto requerido ?*

Estos efectos se consiguen con una reverberación adecuada. En una sala muy reverberante será difícil obtener un corto o un *staccato*.

---

11.- *¿Han comentado los músicos, que durante el ensayo tienen dificultad en oírse entre ellos, que los clarinetes no oyen a los saxofones o que la percusión no percibe con claridad al resto de la banda ? En caso afirmativo indique que instrumentistas tienen dificultad en oír a qué instrumentos.*

La posibilidad de oírse entre las distintas secciones depende de la preponderancia del sonido directo y primeras reflexiones frente al reverberado.

A mayor reverberación mayor dificultad para oírse las secciones más alejadas entre sí.

---

12.- *En el fragmento de una obra dónde suena alternativamente un solista o un pequeño grupo instrumental o el tutti de la banda ( todos ellos con el mismo matiz dinámico) ¿Encuentra en su sala de ensayo un adecuado nivel sonoro para los tres grupos citados ? Si por el contrario su sala de ensayo es más favorable a la audición de alguno de ellos ¿cuál es el grupo más favorable ?*

Para poder tener un nivel de sonoridad adecuado para diversas potencias, la sala debe poder regular el nivel del campo reverberado y eso sólo es posible con una adecuada absorción que permita que la sala no sea muy estridente en un tutti de la banda y se oiga suficientemente a un solista.

---

De esta forma se puede concluir que las preguntas 1, 5 y 6 responden al balance en frecuencias, es decir al adecuado tiempo de reverberación con la frecuencia y por tanto a la curva tonal.

Las preguntas 2 y 9 explican el comportamiento de las diversas salas en bajas frecuencias.

De la reverberación de las salas para obtener la adecuada inteligibilidad musical responden las preguntas 9 y 10.

Las preguntas 3, 4, 7, 8 y 11 contestan a los diferentes aspectos que dan claridad a una sala tales como la sonoridad del campo directo frente al reverberado, la adecuada absorción y un tiempo de reverberación corto a altas frecuencias.

Finalmente sobre la adecuada sonoridad de las salas, dependiente del nivel del campo reverberado y por tanto de la absorción presente en las mismas responden las preguntas 7 y 12 .

#### **4.4.3.- Cuadro resumen**

Las respuestas a cada una de las anteriores cuestiones, por parte de los directores de las bandas que contestaron a la encuesta, se resumen en los siguientes cuadros.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ATENEO MUSICAL BANDA PRIMITIVA DE LIRIA	si	si	si	si	no	no	si	si	no	si	no	si
UNION MUSICAL UTIELANA	si	no	si	si	si	si	si	si	no	si	no	si
UNIÓN MUSICAL LA MAR CHICA. CAMPORROBLES	si	no	si	si	si	si	si	si	no	si	no	
SOCIEDAD MUSICAL LA LIRA .ALFAZ DEL PI	si	no	si	si	si	si	si	si	no	si	no	si
SOCIEDAD ARTISTICO MUS. LA NOVA . JATIVA	no	no	si	si	no	si	no	si	no	si	si	no
ASOCIACIÓN AMIGOS DE LA MÚSICA. CALLOSA D'EN SARRIA	no	si	no	no	no	no	no	si	si	no	si	no
CENTRO ARTÍSTICO MUSICAL DE BÉTERA	si	no	si	si	si	si	si	si	no	si	no	si
GRUP DE DOLÇAINERS LA XAFIGÁ. MURO DE ALCOY	si	si	si	no	si	si	si	si	no	si	no	no
UNION MUSICAL VALL D'UXO	si	si	no	no	no	no	no	si	si	no	si	si
SANTA CECILIA MONCOFAR	no	si	no	no	no	no	no	si	si	no	si	no
INSTRUCTIVA UNION MUSICAL TAVERNES DE VALLDIGNA	no	si	si	si	no	no	si	si	no	si	si	si
CASINO MUSICAL DE GODELLA	si	no	si	si	no	si	no	no	no	si	si	si

	13	14	15	16
--	----	----	----	----

<b>ATENEO MUSICAL BANDA PRIMITIVA DE LIRIA</b>	poca resonancia, no seca equilibrio frecuencias dinámica desde fortissimo al pianissimo sin estridencia ni saturaciones		preponderancia de graves. un poco estridente (no corresponde a la sonoridad real de una banda) no se consiguen los pianissimos.	
<b>UNION MUSICAL UTIELANA</b>	baja o nula reverberación. Sonido seco .mayor esfuerzo del músico para conseguir los ataques y la sonoridad	no tiene problemas	aislamiento	mala construcción respecto al aislamiento
<b>UNIÓN MUSICAL LA MAR CHICA. CAMPORROBLES</b>				
<b>SOCIEDAD MUSICAL LA LIRA . ALFAZ DEL PI</b>	que se asemeje a una sala de conciertos.	sonoridad como caja acústica. espacio para todos los instrumentos.		
<b>SOCIEDAD ARTISTICO MUSICAL LA NOVA. JATIVA</b>	claridad en los matices fuertes para distinguir los planos sonoros.	ninguna	el bajo volumen de la sala	
<b>ASOCIACIÓN AMIGOS DE LA MÚSICA. CALLOSA D'EN SARRIA</b>	comodidad. Oír todos los instrumentos entre sí. poca reverberación. claridad.	ninguna	reverberación alta, sobre todo en graves. desequilibrio temporal entre distintas secciones	intimidad. comodidad. audición objetiva, sala seca .audición de todo muy claro y nítido. diseñarlas para viento y percusión (direccionalidad , potencia)
<b>CENTRO ARTÍSTICO MUSICAL DE BÉTERA</b>	absorción. volumen suficiente en altura. escalonamiento de instrumentos. 1,5 m2 por músico ,suelo de madera.	suficiente volumen en altura. suficiente m2 por persona	carencia de niveles para instrumentos. insuficiente absorción carencia de suelo de madera.	la encuesta debiera ser más matizada
<b>GRUP DE LA DOLÇAINERS XAFIGÁ. MURO DE ALCOY</b>	igualdad de sonoridad en los distintos planos. No demasiado seca. igualdad de percepción espacial	no demasiado seca igualdad en los planos sonoros	un poco de reverberancia en la percusión. falta de igualdad de localización.	
<b>UNION MUSICAL VALL D'UXO</b>	evitar resonancias	resonancia	frío y suelo prehistórico	
<b>SANTA CECILIA MONCOFAR</b>	homogeneidad de las distintas zonas , baja reverberación , que admita gran potencia sonora	ninguna	demasiada reverberación , falta de direccionalidad en la proyección del sonido	
<b>INSTRUCTIVA UNION MUSICAL. TAVERNES DE VALLDIGNA</b>	escuchar los instrumentos por familias y que no tuviera reverberación	Suena bien pero sólo para grupos pequeños	Falta de cubicaje para una banda. Demasiada talla en techo.	
<b>CASINO MUSICAL DE GODELLA</b>	más reverberación			



De las respuestas obtenidas se pueden extraer las siguientes conclusiones respecto a la opinión que los directores de las diversas bandas tienen de sus salas de ensayo :

#### Unión Musical Utielana

Todo lo referente al acondicionamiento acústico es satisfactorio a juicio del director de la banda que tiene preferencia por el sonido seco para que el músico se esfuerce en conseguir los ataques y la sonoridad adecuada. Los únicos problemas que tiene la sala son de aislamiento. Esta es una sala de nueva construcción. En el reajuste de su acondicionamiento participó nuestro equipo.

#### Unión Musical La Mar Chica de Camporrobles

En general la sala es satisfactoria. Tras la medición se aconsejó ciertos cambios de materiales tendentes a aumentar algo la absorción.

#### Unión Musical Santa Cecilia de Moncofar

A juicio del director esta sala está totalmente desajustada. Responde negativamente a todas las cuestiones excepto la inteligibilidad de la palabra. Presenta excesiva reverberación y falta de volumen. Es heterogénea y no admite elevadas potencias de emisión. Falta de direccionalidad en la proyección del sonido.

#### Unión Musical de Vall d'Uxó

Responde negativamente a todas las cuestiones excepto la inteligibilidad de los mensajes verbales. Se aprecian resonancias.

Sociedad Artístico Musical La Nova de Játiva

La sala no presenta un adecuado balance en frecuencias. Excesivo nivel del campo acústico. Falta de volumen.

Centro Artístico Musical de Bétera

La sala resulta satisfactoria a juicio del director. Falta de absorción. Distribución de los músicos en un único plano. Se considera suficiente el volumen y la superficie en planta de la sala.

Ateneo Musical Banda Primitiva de Liria

Preponderancia excesiva de graves. No da la sonoridad real de una banda, es un poco estridente. No se consiguen los *pianissimos*.

Sociedad Musical La Lira de Alfaz del Pi

La sala resulta satisfactoria a juicio del director. Su sonoridad es adecuada. Presenta espacio suficiente en planta.

Asociación Amigos de la Música de Callosa d'En Sarriá

Responde negativamente a todas las cuestiones excepto la inteligibilidad de los mensajes orales. Tiene excesiva reverberación sobre todo en graves. Desequilibrio temporal entre distintas secciones de la banda.

#### Instructiva Unión Musical de Tavernes de Valldigna

Responde negativamente a cuestiones relacionadas con niveles de sonoridad y balance en frecuencias. No admite grupos numerosos o excesiva potencia. Falta de volumen para una banda. Problemas en bajas frecuencias.

#### Grup de dolçainers La Xafigá de Muro de Alcoy

En general la sala es satisfactoria, excepto en bajas frecuencias. Falta direccionalidad del sonido. Falta igualdad en la localización de las diversas secciones. Tras la medición se aconsejaron los materiales de recubrimiento a colocar para reajustar la reverberación. La encuesta fue contestada después del acondicionamiento acústico de la misma.

#### Casino Musical de Godella

Hay problemas en cuanto al balance en frecuencias. Es la única sala en la que la inteligibilidad de la palabra no es la adecuada. Demasiado seca. Falta reverberación. No se oyen bien entre las diversas secciones de la banda.

En base a estas conclusiones y al cuadro resumen de la encuesta se decide la adecuación o no de una sala a un determinado parámetro de calidad, para ello se ha tenido en cuenta no sólo las contestaciones a las preguntas de la encuesta (de la 1 a la 12) sino también las observaciones (de la 13 a la 16).

Para que una sala haya sido considerada adecuada respecto a un parámetro, las respuestas a las preguntas que lo definen tienen que haber sido contestadas positivamente en su totalidad. Por el contrario cuando han sido contestadas negativamente en su totalidad, la sala ha sido considerada inadecuada. En caso de duda se ha considerado indiferente. Cuando una observación contradice las respuestas a las cuestiones 1 a la 12 prevalece la opinión dada en la observación o la respuesta a las preguntas 13, 14 ó 15.(son el caso de las salas marcadas con \*)

Finalmente se puede concluir que, respecto a las cinco cuestiones básicas planteadas en la encuesta, las salas responden de la siguiente forma

Cuestión	Salas adecuadas	Salas indiferentes	Salas no adecuadas
Curva Tonal	Utiel Camporrobles Bétera Alfaz del Pi Muro de Alcoy	Vall d'Uxó Játiva Liria Godella	Moncofar Callosa d'En Sarriá Tavernes de Valldigna
Bajas frecuencias	Utiel Camporrobles Játiva Bétera Alfaz del Pi Godella		Moncofar Vall d'Uxó Liria * Callosa d'En Sarriá Tavernes de Valldigna* Muro de Alcoy
Reverberación	Utiel Camporrobles Játiva Bétera Liria Alfaz del Pi Tavernes de Valldigna Muro de Alcoy		Moncofar Vall d'Uxó Callosa d'En Sarriá Godella*
Claridad	Utiel Camporrobles Bétera Alfaz del Pi Tavernes de Valldigna	Játiva Liria Muro de Alcoy Godella	Moncofar Vall d'Uxó Callosa d'En Sarriá
Niveles	Utiel Camporrobles Bétera Alfaz del Pi	Vall d'Uxó Muro de Alcoy Godella	Moncofar Játiva Liria * Callosa d'En Sarriá Tavernes de Valldigna*

A la vista de todo lo anteriormente expuesto el análisis de los resultados obtenidos se hace en base a correlacionar las respuestas de las encuestas con los resultados de las medidas.

Para ello, en primer lugar, se realiza un análisis comparativo de los parámetros geométricos que las definen. A continuación se analiza de igual forma los parámetros acústicos medidos en las mismas. Finalmente se correlacionan ambos tipos de parámetros en gráficas cruzadas, en las que se analizan conjuntamente dos parámetros que tienen relación con alguno de los aspectos cuestionados en las encuestas y que han resultado ser : **curva tonal, comportamiento en bajas frecuencias, reverberación, claridad y nivel del campo acústico.**

En cada una de estas gráficas aparece una nube de puntos representando cada uno de ellos a una sala, destacando las salas que son adecuadas de las que no lo son, de acuerdo al aspecto analizado en ellas. Uniendo los puntos que representan a las salas adecuadas se dibuja un polígono, que da el posible margen de variación de los parámetros analizados. Es ésta una primera aproximación (debido al número de encuestas recibidas) al intervalo de valores adecuados para cada parámetro. Por otra parte la forma de la nube de puntos puede dar la correlación existente entre los dos parámetros estudiados. Las salas de Muro de Alcoy y Camporrobles no entran dentro del estudio ya que, posteriormente a la sesión de medidas, se realizó el acondicionamiento de las mismas y la encuesta corresponde a la apreciación de la acústica de la sala después de realizado éste.

### **5.1.- Análisis de las salas**

La tipología predominante en estos recintos es la de una sala prismática, cuya planta suele ser más o menos rectangular, aunque en no todas ellas las paredes laterales opuestas son paralelas. De las 25 salas estudiadas sólo 4 de ellas (la de Utiel, las 2 de Liria y la de Altea) difieren de esta tipología y presentan un pequeño anfiteatro para la distribución de público durante los ensayos. En éstas bajo el anfiteatro se ubican espacios anejos a la sala de ensayo, cerrados a la misma. Difieren de la tipología de sala aproximadamente rectangular sólo la de Bétera y la de Tavernes de Valldigna, con formas curvas ya sea un cuarto de círculo la primera y un semicírculo la segunda.

De las salas analizadas hay que hacer constar la gran diferencia en cuanto a tratamiento acústico existente en las mismas. Entre salas en las que se ha cuidado el acondicionamiento acústico como en Utiel, Burriana , Alfaz del Pi, Altea, Tavernes de Valldigna , Godella y las dos salas de Liria a otras que son un mero espacio residual como la Moncofar, vestíbulo de la sala de audición, y otras que son un local sin ningún tipo de acondicionamiento como la sala de la Unión Musical de Vall d'Uxó. Algunas, sin embargo, han tratado de obtener cierta absorción utilizando medios a su alcance, como la de Quart de Poblet, la Schola Cantorum de Vall d'Uxó o Benaguacil,

Algunas Sociedades Musicales aprovechan su sala de audición como sala de ensayo (Unión Musical de Quart, Santa Cecilia de Onda , La Unión Musical de Buñol.. etc. ). Estos espacios han sido excluidos de este estudio y serán objeto de otro dedicado exclusivamente a salas de audición.

#### **5.1.1.- Parámetros geométricos**

Dentro de los parámetros geométricos que definen las salas de ensayo pasan a analizarse : Altura media, Superficie en planta, Volumen, Superficie total de los cerramientos y Superficie absorbente respecto a la total de los cerramientos.

### **Altura media**

La mayoría de las salas se desarrolla en una planta ( $h < 5\text{ m}$ ), sólo las que tienen anfiteatro lo hacen en dos, con la única excepción de la sala de Buñol (5,3 m).

La altura media de las salas varía entre un mínimo de 2,9 -3,2 m en 10 de las salas estudiadas ( 2,9 m en Schola Cantorum y CIAC de Vall d'Uxó, La Nova de Játiva y Godella y 3 m en Camporrobles, Alfaz del Pi, Albal y Ribarroja, 3,1m en Burjasot y 3,2 m en Quart) y un máximo de 7,6 m en la sala de Altea. Las otras salas con anfiteatro son también las de mayor altura ( Unión Musical de Liria con 6,1 m , La Primitiva de Liria con 5,1 m y Utiel con 5,9 m.) Entre estos extremos se sitúan el resto de salas con alturas comprendidas entre 3,5 m ( La Primitiva de Játiva) 3,7-3,9 m (en Benaguacil, Muro de Alcoy, Moncofar, Unión Musical de Vall d'Uxó , Callosa d'En Sarriá ) 4,3 m (Burriana) a 4,8 m (Bétera).

El valor promedio de la altura media de las salas es de 4 m, y la desviación típica de 1,2 m.

### **Superficie en planta**

La superficie en planta de las salas es más uniforme. Presenta una variación entre 50 m<sup>2</sup> en la sala más pequeña (Muro de Alcoy) y 244 m<sup>2</sup> en la sala más grande (Callosa d'En Sarriá). En general todas las salas estudiadas



tienen una superficie adaptada a la distribución de los músicos de la banda, que suelen tener un tamaño similar. Muro de Alcoy es una sala excepcionalmente pequeña ya que el grupo de dolçainers La Xafigá no es una banda propiamente dicha. Excluyendo los extremos y la sala de Camporrobles ( $70 \text{ m}^2$ ), el resto tiene una superficie en planta que varía entre  $90 \text{ m}^2$  ( Quart ) y  $228 \text{ m}^2$  en ( Benaguacil ).

La superficie media en planta es de  $150 \text{ m}^2$  y la desviación típica es  $43 \text{ m}^2$ .

### Volumen

Como la superficie en planta no presenta grandes variaciones entre unas salas y otras, el volumen de las mismas tiene mucha relación con su altura.

Así la sala con mayor volumen es la de Altea con  $1269 \text{ m}^3$  y la que presenta un menor volumen es la de Muro de Alcoy con  $184 \text{ m}^3$ . El margen de variación del volumen es pues muy grande. El volumen medio de las salas es de  $609 \text{ m}^3$ , siendo la desviación típica  $268 \text{ m}^3$ .

Las salas desarrolladas en más de una planta, en general con anfiteatro (las de Liria, Buñol, Utiel y Altea) son las que presentan los mayores volúmenes entre  $1269 \text{ m}^3$  y  $811 \text{ m}^3$ . Otras salas con volúmenes elevados ( Benaguacil, Callosa d'En Sarriá , Bétera entre  $951$  y  $807 \text{ m}^3$ ) lo son por su gran superficie en planta y su altura aceptable. Las salas con menor volumen corresponden a las de menor superficie en planta (Utiel y Camporrobles ) con  $184$  y  $210 \text{ m}^3$ . El resto de salas tienen unos volúmenes comprendidos entre  $301 \text{ m}^3$  de Quart y  $697 \text{ m}^3$  de La Primitiva de Játiva.

**Superficie total de los cerramientos**

Dado que las salas son, en general, de forma prismática y con superficie en planta muy similar, la superficie total de los cerramientos está muy relacionada con la altura de las mismas, y por tanto con su volumen. Así el cociente entre el volumen y la superficie total de los cerramientos varía sólo entre 0,9 -1,6, correspondiendo a las salas con menor y mayor volumen respectivamente (desviación típica de 0,19 )

La sala con mayor superficie total de cerramientos es la sala de Altea con 815 m<sup>2</sup> y la que presenta menor superficie es la de Muro de Alcoy con 209 m<sup>2</sup> . El valor medio de 519 m<sup>2</sup> . Las salas con mayor volumen tienen también la mayor superficie total ( 739 m<sup>2</sup> en Utiel a 695 m<sup>2</sup> en La Primitiva de Liria)

Excluyendo los extremos las salas presentan una superficie total de cerramientos entre 313 m<sup>2</sup> en Quart y 602 m<sup>2</sup> en La Nova de Játiva.

**Superficie absorbente respecto a la total de los cerramientos**

A la vista de la distribución de materiales del cuadro C.2 , se observa la gran diferencia de tratamiento absorbente que tienen las distintas salas.

Desde salas sin ningún tipo de absorción como las de Moncofar, Unión Musical de Vall d'Uxó y Burjasot, hasta salas con un 70% de superficies con algún tipo de absorción como la de Bétera o la de Buñol.

Como valor medio, las salas tienen un 30% de su superficie con algún tipo de tratamiento absorbente.

La superficie más tratada suele ser el techo. La mayoría de las salas estudiadas tienen el techo, o parte del mismo absorbente. El material absorbente utilizado es en la mayoría de los casos placas acústicas de material poroso o escayola perforada con absorbente tras ella. Otras veces se utilizan recursos caseros como estuches de cartón, bandas textiles, tela de saco. En una de ellas se utilizan resonadores de diversa geometría (Tavernes de Valldigna). Cuando esta superficie es reflectante lo es enlucida y pintada.

El suelo, en la mayoría de los casos reflectante, es de terrazo, cerámico, baldosa de hormigón o parquet. Cuando es absorbente lo es de moqueta, linóleo o tarima de madera y sólo lo tienen todo o en parte seis de las salas estudiadas.

Los cerramientos verticales suelen ser reflectantes, enlucidos y pintados en sus partes ciegas junto con superficies de cristal y madera. El tratamiento absorbente de estas superficies suele ser cortinas, entelados sobre un material absorbente, moqueta o corcho. La sala de Alfaz del Pi utiliza paneles perforados alternativamente con paneles lisos, a modo de batería de resonadores.

### **5.1.2.- Parámetros acústicos**

Los parámetros acústicos obtenidos en las salas fueron el tiempo de reverberación y los niveles del campo acústico, medidos en tercios de octava sobre diversas localizaciones en las mismas.

De estos datos, que figuran pormenorizados en la ficha de cada sala, se han seleccionado para el estudio comparativo entre ellas : los tiempos de reverberación y niveles del campo acústico promedio de las medidas obtenidas en cada sala, medidos a 250, 500, 1000 y 4000 Hz, representando el comportamiento de las salas a bajas, medias y altas frecuencias ; Los niveles del campo acústico en la situación del director y los niveles del campo acústico en el punto más alejado de los de medida , sólo se estudian a 1000 Hz .

De los datos anteriores y a partir del tiempo de reverberación a 1000 Hz se ha obtenido por aplicación de la fórmula de Sabine la absorción total presente en la sala, y así :

$$A = \frac{0,162.V}{T_R}$$

excepto en las salas más absorbentes ( Utiel, Altea, Alfaz del Pi y Godella) en las que se ha utilizado la fórmula de Eyring,

$$A = \bar{\alpha} . S$$

$$\frac{0,162.V}{T_R . S} = -L_n(1 - \bar{\alpha})$$

### **Tiempos de reverberación**

A 250 Hz el tiempo de reverberación medido en las diversas salas va desde 3,3-3,2 s en Muro de Alcoy y Quart de Poblet hasta 0,6-0,7 s en Utiel, Alfaz del Pi y Godella. Siete salas tienen un tiempo de reverberación mayor de 2 segundos, mientras que cinco salas lo tienen inferior o igual a 1 segundo. El valor medio es de 1,5 s . El valor más usual es de 1,1-1,2 s.

A 500 Hz el tiempo de reverberación varía entre 2,7-3 s en Moncofar y Muro de Alcoy a 0,4-0,6 s en Alfaz del Pi, Utiel, Godella y La Nova de Játiva respectivamente. Tres salas tienen un tiempo mayor de 2 segundos y doce salas lo tienen inferior o igual a 1 segundo. El valor medio es de 1,2 s. El valor más usual es de 0,9-1 s.

A 1000 Hz el tiempo de reverberación está comprendido entre 2,6-3 s en Moncofar y Muro de Alcoy y 0,4-0,6 en Godella, Alfaz del Pi, Utiel, Altea y Albal respectivamente. También en este caso tres salas tienen una reverberación mayor de 2 segundos, sin embargo son diecisiete las que lo tienen inferior o igual a 1 segundo. El valor medio es de 1,1 s . El valor más usual es de 0,8-0,9 s.

A 4000 Hz el tiempo de reverberación es mucho más uniforme. Las salas con mayor reverberación tienen un tiempo de 1,6-2,1 s y lo son nuevamente Moncofar y Muro de Alcoy, mientras que las salas de Godella, Utiel y La Unión Musical de Liria son las de menor reverberación con tiempos entre 0,2-0,4 s. En este caso salvo cinco salas todas tienen un tiempo de reverberación inferior a 1 segundo. El tiempo de reverberación medio es de 0,8 s . El valor más usual es de 0,6-0,7 s.

SALA	TR	250	500	1000	4000
UTIEL	1	0,6	0,5	0,5	0,4
CAMPORROBLES	2	1,1	0,8	1	0,7
BURRIANA	3	1,1	0,8	0,7	0,7
MONCOFAR	4	2,8	2,7	2,6	1,6
SCHOLA VALL DÚXO	5	1,1	1,2	1	0,7
CIAC VALL DÚXO	6	2	1,7	1,5	1,2
U.MUS. VALL DÚXO	7	2,1	2,2	2,1	1,3
ART. BUÑOL	8	2,1	1,4	0,8	0,5
PRIMITIVA JATIVA	9	0,8	0,7	0,7	0,7

LA NOVA JATIVA	10	0,8	0,6	0,7	0,6
BETERA	11	1,1	0,9	1	0,9
PRIMITIVA LIRIA	12	1,2	0,7	0,8	0,6
U.MUS. LIRIA	13	1,4	1	0,8	0,4
ALTEA	14	1,1	0,6	0,6	0,6
ALFAZ DEL PI	15	0,7	0,4	0,5	0,8
CALLOSA dÉN SARRIA	16	1,7	1,1	1,1	0,7
LÁMISTAT QUART	17	3,2	1,4	1,2	1
TAVERNES VALLDIGNA	18	1	1	1	0,8
MURO DE ALCOY	19	3,3	3	3	2,1
BURJASOT	20	2,2	1,9	1,8	1,2
GODELLA	21	0,7	0,6	0,4	0,2
ALBAL	22	1,2	0,9	0,6	0,6
RIBARROJA	23	1,9	1	0,9	0,6
BENIFAYO	24	0,9	0,8	0,9	0,7
BENAGUACIL	25	1,4	1,4	1,2	1
	MEDIO	1,5	1,172	1,096	0,824
	MAX	3,3	3	3	2,1
	MIN	0,6	0,5	0,5	0,2
	DESV.TIP.	0,75	0,67	0,63	0,4

**Niveles promedio del campo acústico**

A 250 Hz el nivel medio medido en las salas varía entre 99,4-98,9 dB en las salas de Burjasot, Quart de Poblet y Albal respectivamente y 89,8-90,2 dB en Utiel y Alfaz del Pi, con una diferencia de 10 dB. Catorce salas tienen un nivel medio superior a 95 dB y once por debajo de este valor. El nivel promedio medio es de 97 dB.

A 500 Hz el nivel promedio más elevado lo tienen las salas de Muro de Alcoy y Burjasot con 102 y 102,8 dB respectivamente, correspondiendo a Utiel el nivel más bajo con 89,4 dB y 92-92,1 dB en Benifayó y Alfaz del Pi. La diferencia entre los valores extremos es ahora de 13 dB. Nueve salas tienen un nivel medio que supera o se aproxima a los 100 dB. Once salas tienen un nivel medio inferior a 95 dB. El nivel promedio medio a esta frecuencia es de 96,7 dB

A 1000 Hz la diferencia entre el máximo y el mínimo valor medio es de 16 dB, correspondiendo a Muro de Alcoy el valor más alto, 104 dB y a Utiel nuevamente el más bajo, 87,9 dB. Cinco salas tienen un nivel medio por encima o similar a 100 dB y trece por debajo de 95 dB. El nivel promedio medio es de 95,1dB.

A 4000 Hz el nivel medio medido en las salas varía entre 80,5 dB en Utiel y 83,2 dB en Benifayó como valores más bajos a 99,7 dB en Muro de Alcoy y 97,2 dB en Moncofar como más altos, dando una diferencia de 20 dB. Doce salas tienen un nivel medio por encima de 90 dB y de ellas cuatro por encima de 95 dB. El nivel promedio medio es a esta frecuencia de 90 dB.

SALA	L <sub>M</sub>	250	500	1000	4000
UTIEL	1	89,8	89,5	87,9	80,5
CAMPORROBLES	2	98,2	99,6	97,6	91,3
BURRIANA	3	91,7	93,5	91,9	88,6
MONCOFAR	4	98,4	101,6	101,1	97,2
SCHOLA VALL DÚXO	5	97	98,9	96,5	89
CIAC VALL DÚXO	6	97,8	99,8	99,6	95,3
U.MUS. VALL DÚXO	7	98,4	101,2	99,4	93,7
ART. BUÑOL	8	96,5	95,5	91,8	86,6
PRIMITIVA JATIVA	9	93,9	94,4	93,6	90,8
LA NOVA JATIVA	10	94,7	96,4	95	93,4
BETERA	11	91,8	94,5	92,9	89,6
PRIMITIVA LIRIA	12	91,4	94,6	93,2	86,4
U.MUS. LIRIA	13	95,1	94,3	91,6	85,3
ALTEA	14	91,8	93	90,2	86
ALFAZ DEL PI	15	90,2	92,1	90,8	84,7
CALLOSA d'ÉN SARRIA	16	94	94,5	94,4	89,6
LÁMISTAT QUART	17	98,9	100,7	98,4	93,9
TAVERNES VALLDIGNA	18	95	96,5	95,8	90,2
MURO DE ALCOY	19	93	102	104	99,7
BURJASOT	20	99,4	102,8	99,7	96
GODELLA	21	94,9	95	95,2	89,3
ALBAL	22	98,9	99,6	96,6	90,6
RIBARROJA	23	97,9	100	98,4	92,8
BENIFAYO	23	94,3	92	91	83,2
BENAGUACIL	25	98,1	94,7	91,6	87,6
	MEDIO	95,244	96,668	95,128	90,052
	MAX	99,4	102,8	104	99,7
	MIN	89,8	89,5	87,9	80,5
	DESV.TIP.	2,93	3,58	3,88	4,46



**Niveles del campo acústico en la situación del director**

SALA	L <sub>D</sub>	1000
UTIEL	1	91,6
CAMPORROBLES	2	97,6
BURRIANA	3	93,3
MONCOFAR	4	101,6
SCHOLA VALL DÚXO	5	98,4
CIAC VALL DÚXO	6	100,8
U.MUS. VALL DÚXO	7	99,8
ART. BUNOL	8	94,5
PRIMITIVA JATIVA	9	95,2
LA NOVA JATIVA	10	96,7
BETERA	11	91,7
PRIMITIVA LIRIA	12	97,4
U.MUS. LIRIA	13	91,5
ALTEA	14	90,9
ALFAZ DEL PI	15	94,9
CALLOSA dÉN SARRIA	16	97,3
LÁMISTAT QUART	17	98,6
TAVERNES VALLDIGNA	18	94,4
MURO DE ALCOY	19	103,7
BURJASOT	20	100,6
GODELLA	21	95,8
ALBAL	22	99,3
RIBARROJA	23	99,9
BENIFAYO	23	91,2
BENAGUACIL	25	93,5
	MEDIO	96,408
	MAX	103,7
	MIN	90,9
	DESV.TIP.	3,67

A 1000 Hz el nivel en la localización del director va desde 103,7- 101,6 dB en Muro de Alcoy y Moncofar hasta 90,9-91,5-91,6-91,7 en Altea, La Unión Musical de Liria, Utiel y Bétera respectivamente, con una diferencia entre el valor máximo y mínimo de 13 dB. Seis salas superan o se aproximan a los 100

dB en la situación del director, mientras que diez tienen un nivel inferior o próximo a 95 dB. El nivel medio en la situación del director a 1000 Hz es de 96,4 dB.

### **Absorción**

La absorción que presentan a 1000 Hz las diversas salas analizadas, calculada a partir del tiempo de reverberación medio medido a 1000 Hz, varía entre 280 unidades de absorción para la sala más absorbente, Altea, a 10 unidades de absorción para la menos absorbente, la de Muro de Alcoy.

La mayoría de las salas ( dieciséis ) tienen una absorción próxima o mayor a 100 unidades. Sólo las salas de Camporrobles, Moncofar, las tres de Vall d'Uxó, Quart de Poblet, Muro de Alcoy , Burjasot y Ribarroja tienen una absorción inferior a 59 unidades. De estas salas las de Muro de Alcoy y Camporrobles fueron medidas previamente a su acondicionamiento. Las salas más absorbentes son las de Altea, Utiel, Alfaz del Pi, Unión Musical de Liria y Godella.

La absorción media presente en las salas es de 113 unidades y la desviación típica de 69,1 unidades.

### **Coefficiente de absorción medio**

El coeficiente de absorción medio de las salas se obtiene de dividir la absorción total presente en cada una de ellas por la superficie total de los cerramientos.

La salas más absorbentes a 1000 Hz, son también las que poseen un mayor coeficiente de absorción medio, así Altea y Utiel lo tienen del orden de 0,34.

Las salas sin tratamiento acústico son las que lo tienen más bajo, 0,05-0,1 en Moncofar, las tres salas de Vall d 'Uxó y la de Muro de Alcoy.

El valor promedio del coeficiente de absorción medio es de 0,20, siendo su desviación típica de 0,08.

### **5.1.3.- Intervalos adecuados para los diversos parámetros**

#### **CURVA TONAL**

Para el análisis comparativo de la reverberación en función de la frecuencia, o curva tonal, de las veinticinco salas estudiadas, se ha hecho una representación tridimensional, en la que cada sala queda representada por dos puntos cuyas coordenadas son  $(T_{R250}, T_{R1000}, T_{R4000})$  y  $(T_{R500}, T_{R1000}, T_{R4000})$ .

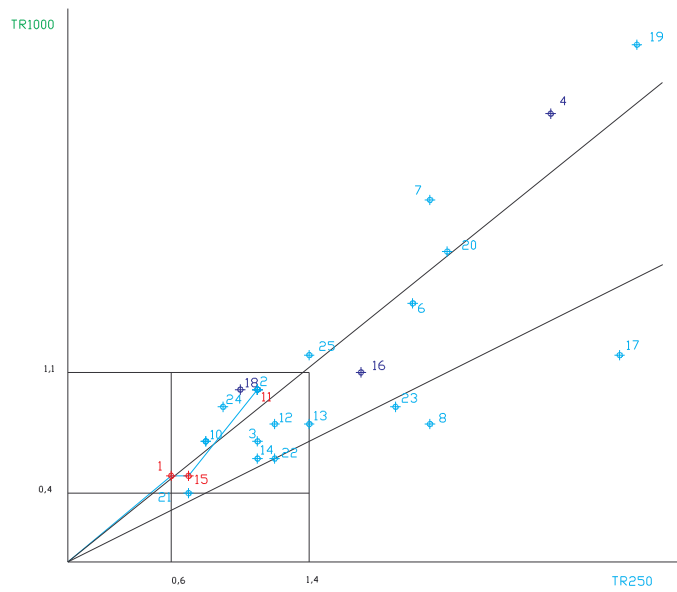
Proyectando los puntos en los diversos planos  $(T_{R250}, T_{R1000})$ ,  $(T_{R500}, T_{R1000})$ ,  $(T_{R4000}, T_{R500})$ ,  $(T_{R1000}, T_{R4000})$  se observa que la mayoría de las salas se concentran en una zona con los siguientes intervalos para los diversos tiempos de reverberación :

$$0,6 < T_{R250} < 1,4$$

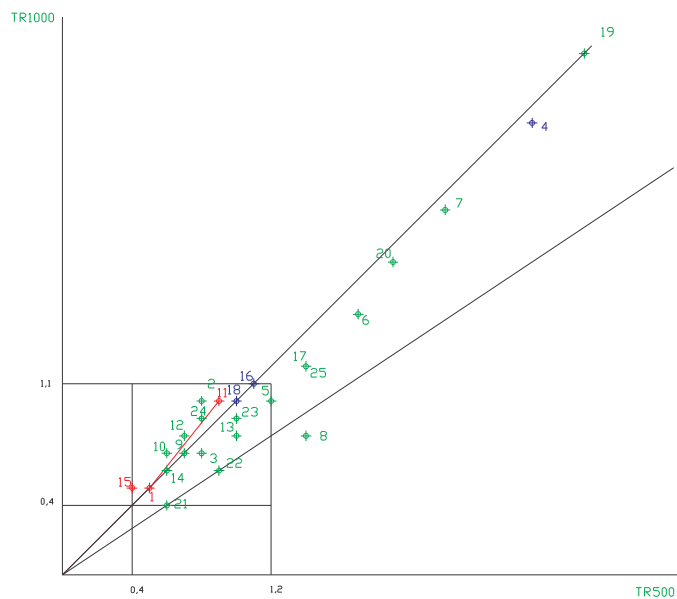
$$0,4 < T_{R500} < 1,2$$

$$0,4 < T_{R1000} < 1,1$$

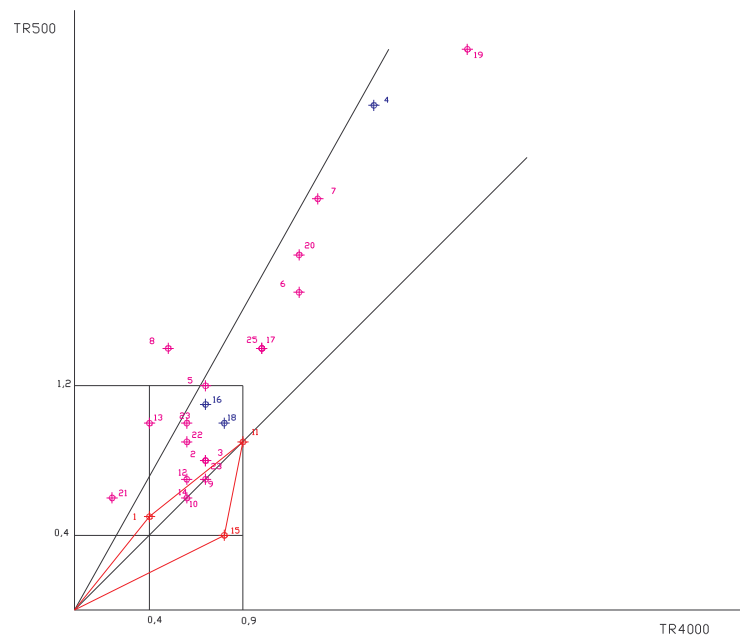
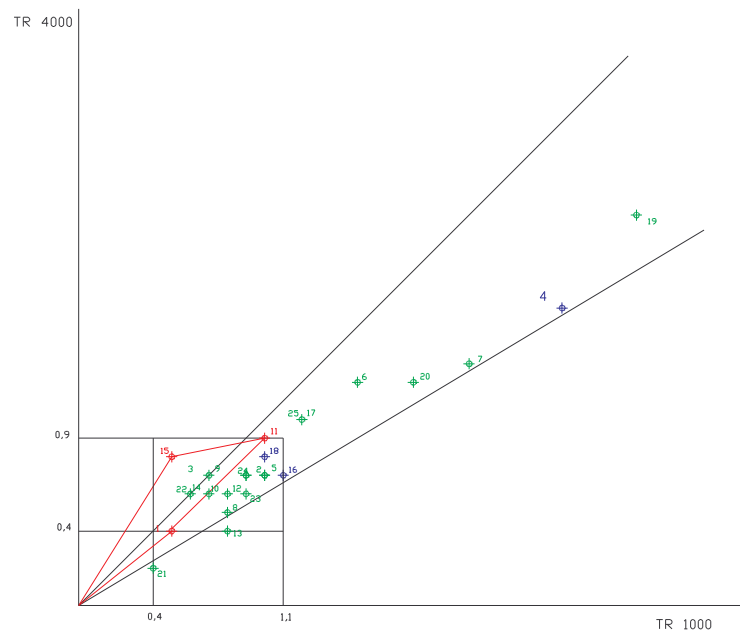
$$0,4 < T_{R4000} < 0,9$$



Quedan fuera de esta zona las salas de Moncofar, Ciac y Unión Musical de Vall d’Uxó, Buñol, Callosa d’En Sarriá, Quart de Poblet, Muro de Alcoy, Ribarroja y Benaguacil.



Algunas salas presentan bastante diferencia entre sus tiempos de reverberación a 250 y 500 Hz, probablemente debido a alguna resonancia en bajas frecuencias. Hay mayor dispersión de resultados a 250 que a 500 Hz.



Sólo una sala presenta una reverberación inferior a 250 Hz que a 500 Hz (Schola Cantorum de Vall d'Uxó) y dos de ellas tienen el mismo tiempo de reverberación a esas dos frecuencias (Tavernes de Valldigna y Benaguacil). En general la diferencia es del orden de 0,1-0,3 s. (  $1,1 T_{R500} < T_{R250} < 1,7 T_{R500}$  )

La mayoría de las salas tienen mayor o igual reverberación a 500 que a 1000 Hz y por tanto se sitúan por debajo o en la línea  $T_{R500} = T_{R1000}$ . Sólo seis tienen mayor reverberación a 1000 Hz que a 500 Hz (Camporrobles, La Nova de Játiva, Bétera, La Primitiva de Liria, Alfaz del Pi y Benifayó). En general la relación entre el tiempo de reverberación a 500 y a 1000 Hz va desde la igualdad a  $T_{R500} = 1,5 T_{R1000}$

El tiempo de reverberación a 4000 Hz suele ser menor que el correspondiente a 1000 Hz. Sólo en una sala ocurre lo contrario (Alfaz del Pi). En cuatro salas  $T_{R4000} = T_{R1000}$ , en general el tiempo de reverberación a 4000 Hz va desde el valor de la reverberación a 1000 Hz hasta  $T_{R4000} = 0,7 T_{R1000}$ , o sea :  $0,7 T_{R1000} < T_{R4000} < T_{R1000}$

Como se ha analizado previamente, en función de las respuestas a la encuesta, las salas con una adecuada reverberación en función de la frecuencia han sido las de Utiel, Camporrobles, Bétera, Alfaz del Pi y Muro de Alcoy. Como salas con una curva tonal desajustada han resultado las de Moncofar, Callosa d'En Sarriá y Tavernes de Valldigna.

En estas salas los intervalos para los diversos tiempos de reverberación han sido :

$0,6 < T_{R250} < 1,1$ $0,4 < T_{R500} < 0,9$ $0,5 < T_{R1000} < 1$ $0,4 < T_{R4000} < 0,9$
--

que reducen los intervalos anteriores en cuanto a los tiempos más largos.

La relación entre el tiempo de reverberación a 250 y 500 Hz es del orden de

$$1,2 T_{R500} < T_{R250} < 1,7 T_{R500}$$

La relación entre los tiempos de reverberación a 500 y 1000 Hz resulta

$$T_{R1000} < T_{R500} < 1,25 T_{R1000}$$

La relación entre el tiempo de reverberación a 1000 y 4000 Hz es en este caso de

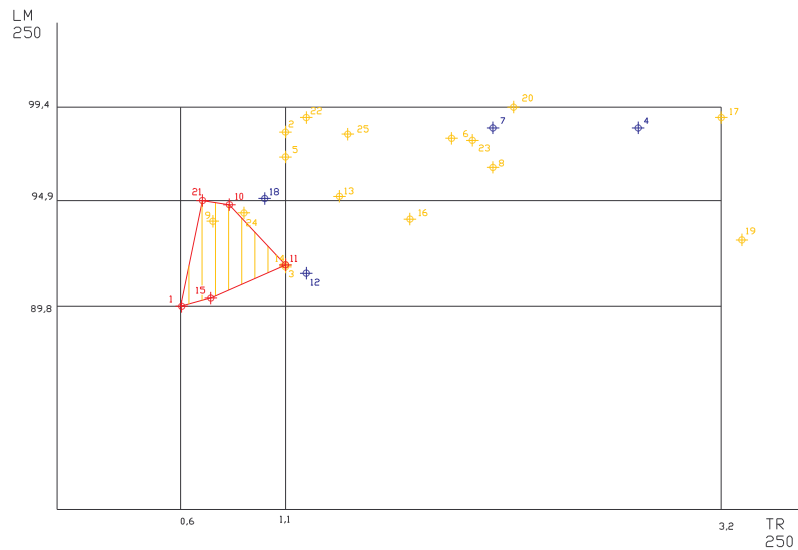
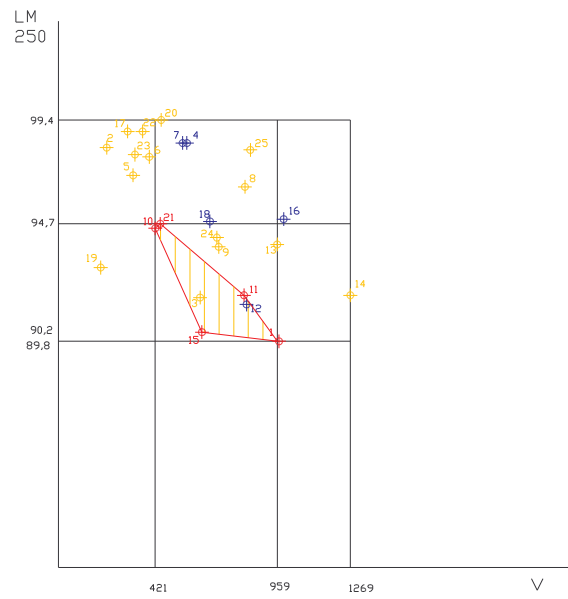
$$0,8 T_{R1000} < T_{R4000} < 1,6 T_{R1000}$$

Excepto Tavernes de Valldigna el resto de salas con reverberación desajustada queda fuera de la zona dónde se concentran la mayoría de las salas.

## COMPORTAMIENTO EN BAJAS FRECUENCIAS

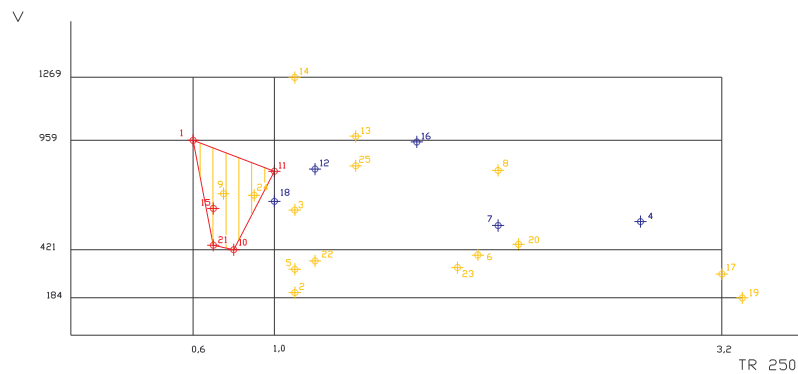
El estudio del comportamiento de las salas en bajas frecuencias se ha hecho en base al análisis del nivel medio del campo acústico y del tiempo de reverberación a 250 Hz, correlacionando con estos dos parámetros acústicos el volumen de la sala que influye directamente en el tiempo de reverberación e indirectamente a través de la absorción en el nivel del campo acústico.

Así, cada sala queda representada por un punto en tres espacios bidimensionales con coordenadas  $(V, L_M)$ ,  $(T_{R250}, L_M)$ ,  $(T_{R250}, V)$ .



Las salas con un adecuado comportamiento a bajas frecuencias han resultado ser las de Utiel, Camporrobles, La Nova de Játiva, Bétera, Alfaz del Pi y Godella. Con problemas en la percepción de los sonidos graves han resultado las salas de Moncofar, Unión Musical de Vall d 'Uxó, La Primitiva de Liria, Callosa d'En Sarriá, Tavernes de Valldigna y Muro de Alcoy.





Observando los polígonos entre las salas con una adecuada percepción de los graves se aprecia :

- que excepto la sala La Primitiva de Liria el resto de salas con problemas en la percepción de los graves quedan fuera de los polígonos. Esta sala queda sólo dentro del polígono en el gráfico (V,  $L_M$ ).
- las salas con problemas en la percepción de los graves quedan fuera de los polígonos bien por excesivo nivel medio o/y por excesivo tiempo de reverberación. La Primitiva de Liria queda fuera por la conjunción de estos dos parámetros. La sala de Tavernes roza siempre los límites.
- como intervalos para que los valores de los tres parámetros analizados sitúen a una sala dentro de los polígonos con adecuada percepción de los graves se obtienen :

$$89,8 \text{ dB} < L_M < 94,7 \text{ dB}$$

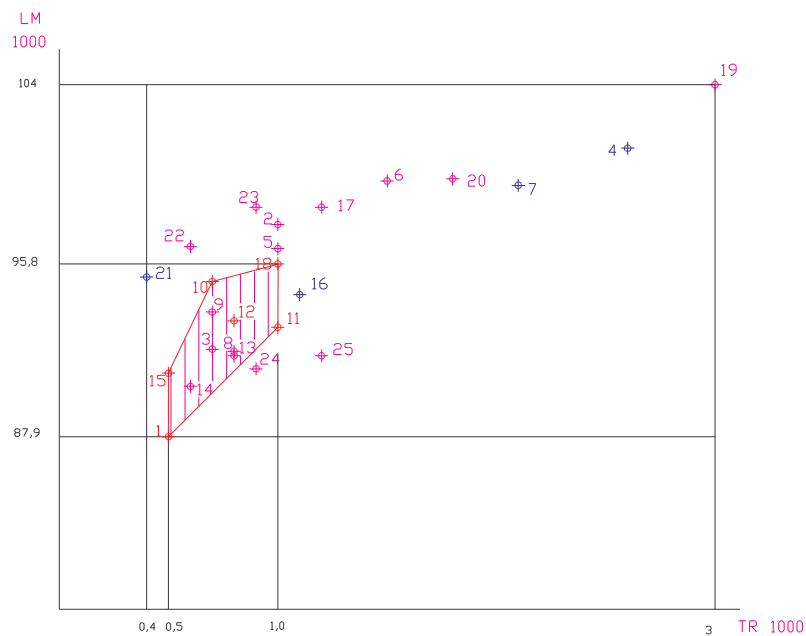
$$421 \text{ m}^3 < V < 959 \text{ m}^3$$

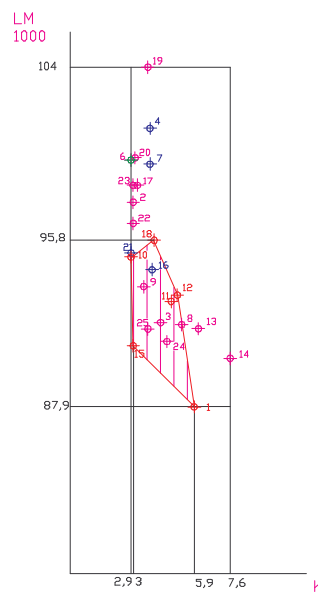
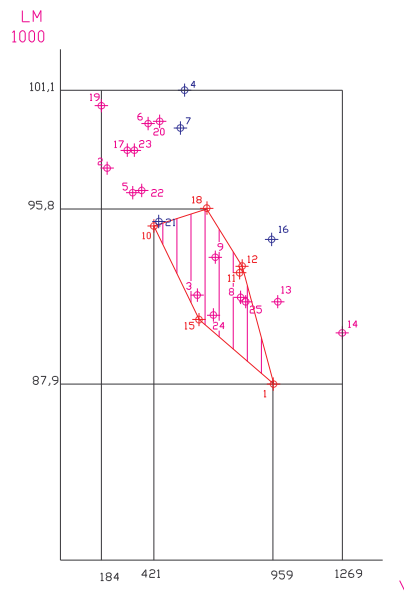
$$0,6 \text{ s} < T_{R250} < 1 \text{ s}$$

**REVERBERACIÓN**

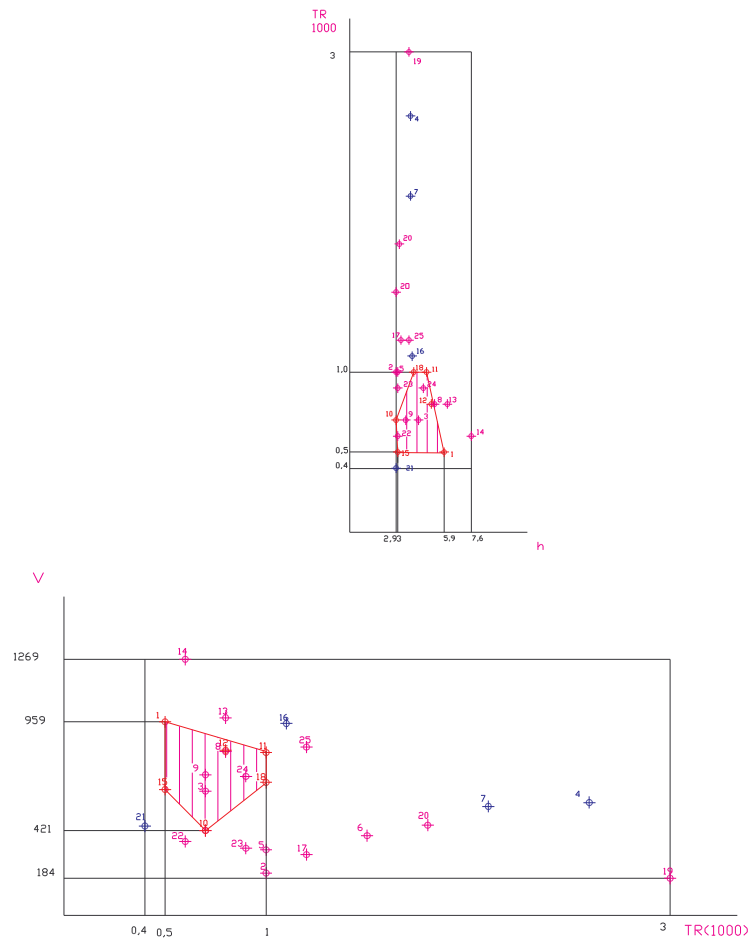
Los parámetros que pueden influir en la percepción de la reverberación son el nivel del campo acústico y el tiempo de reverberación. De los parámetros geométricos se ha correlacionado el volumen y la altura con ambos.

El estudio gráfico se ha hecho a 500, 1000 y 4000 Hz, aunque el análisis de resultados se centrará sólo en la frecuencia de 1000 Hz, salvo comentarios adicionales para las otras dos frecuencias. Así cada sala queda representada en cinco espacios bidimensionales para cada frecuencia, con coordenadas  $(V, L_M)$ ,  $(T_R, L_M)$ ,  $(T_R, V)$ ,  $(h, T_R)$  y  $(h, L_M)$





De las salas que han contestado a las encuestas las de Utiel, Camporrobles, La Nova de Játiva, Bétera, La primitiva de Liria, Alfaz del Pi, Tavernes de Valldigna y Muro de Alcoy presentan una adecuada reverberación a juicio del director de la banda. Por el contrario las de Moncofar, Unión Musical de Vall d'Uxó, Callosa d'En Sarriá y Godella no tienen las características de reverberación adecuada.



A la vista de los polígonos dibujados entre las salas con una adecuada reverberación se observa que :

- las salas con problemas de reverberación quedan siempre fuera de estos polígonos, excepto la sala de Godella a 500 Hz.
- Las salas anteriores tienen problemas de reverberación debido siempre a un exceso tanto en el nivel del campo reverberado como en el tiempo de reverberación y a la vez a una falta de volumen, excepto la de Godella cuyo problema es su escaso tiempo de reverberación a 1000-4000 Hz, y a pesar de ello su relativo alto nivel del campo reverberado.
- Las salas de Moncofar y la Unión Musical de Vall d'Uxó tienen problemas por elevados niveles reverberados y bajo volumen , la de

Godella por bajos niveles y la de Callosa d'En Sarriá por excesivo nivel reverberado a pesar de su volumen.

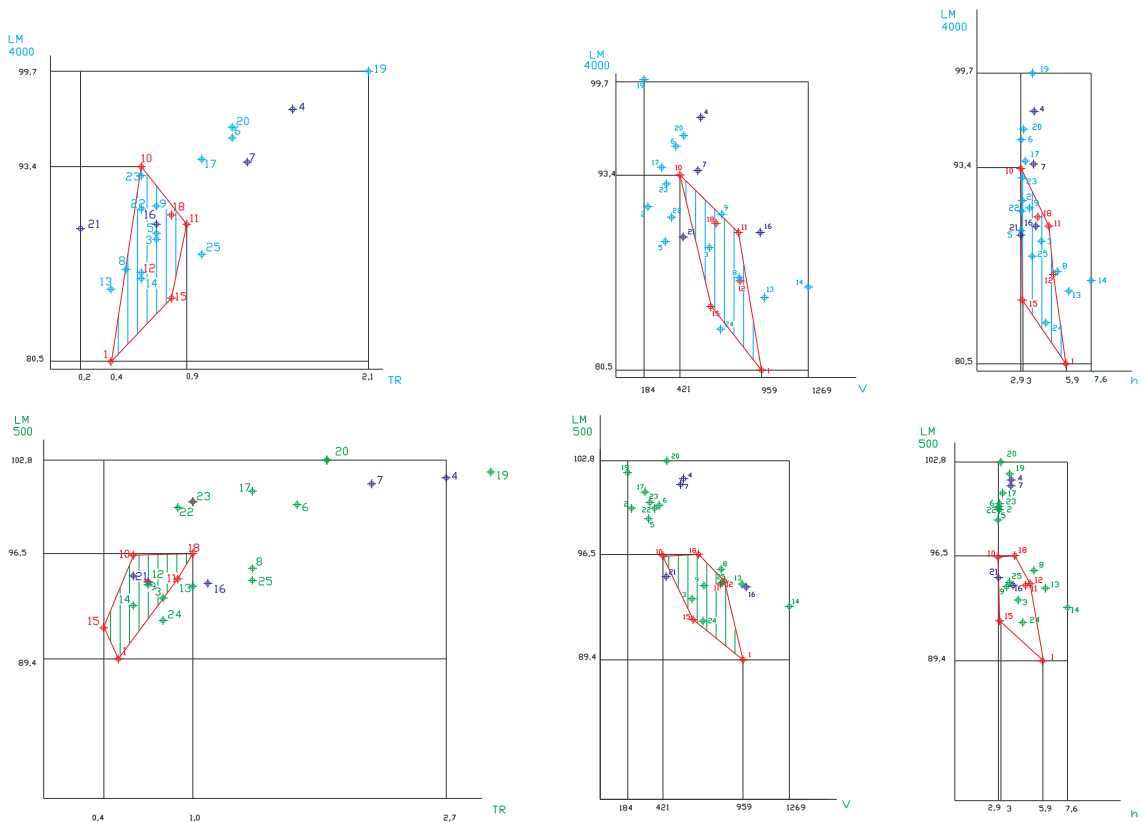
- Para situarse dentro de los polígonos con adecuada reverberación a 1000 Hz, los parámetros analizados deben estar dentro de los siguientes intervalos, coincidiendo esta zona con la mayor concentración de salas :

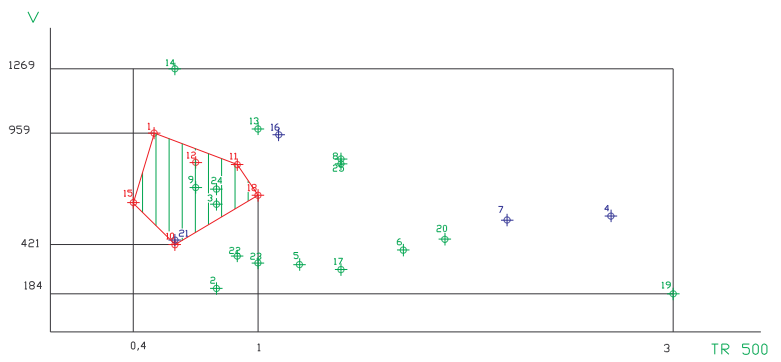
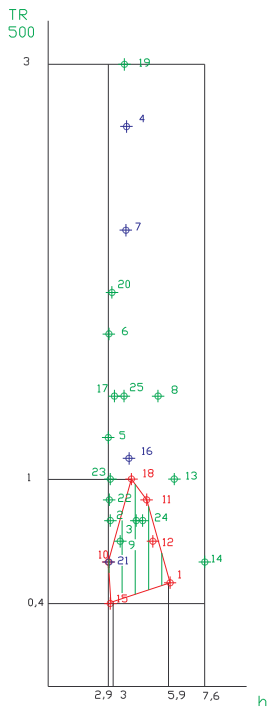
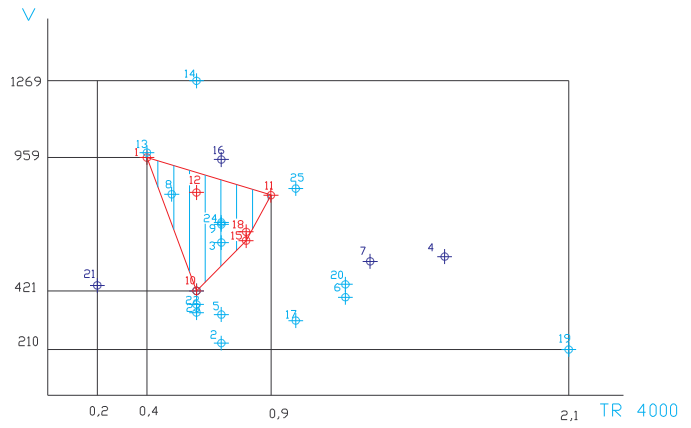
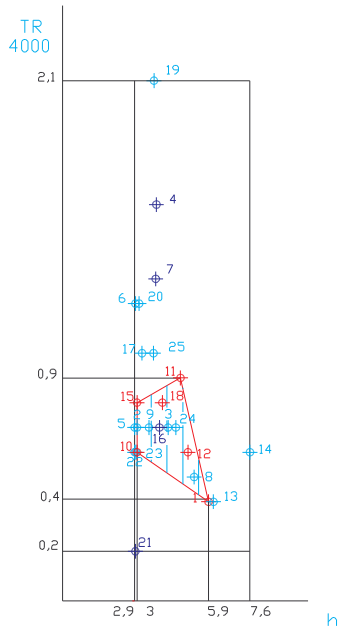
$$87,9 \text{ dB} < L_M < 95,8 \text{ dB}$$

$$421 \text{ m}^3 < V < 959 \text{ m}^3$$

$$0,5 \text{ s} < T_{R1000} < 1 \text{ s}$$

$$2,9 < h < 5,9$$



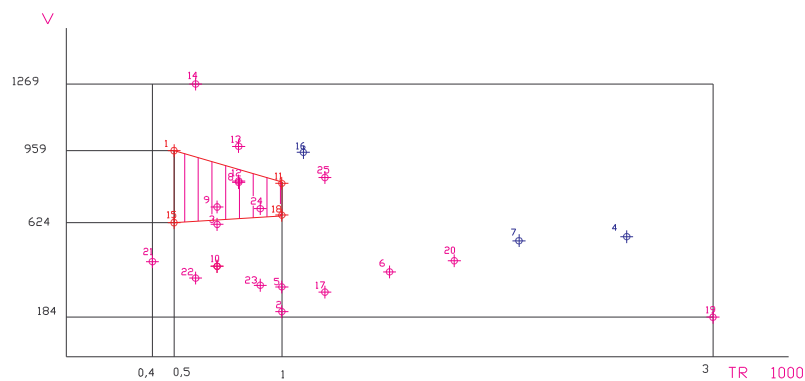


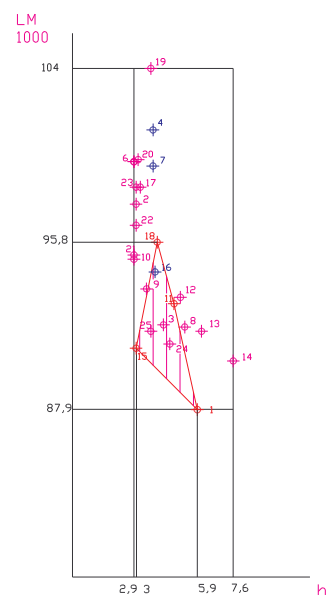
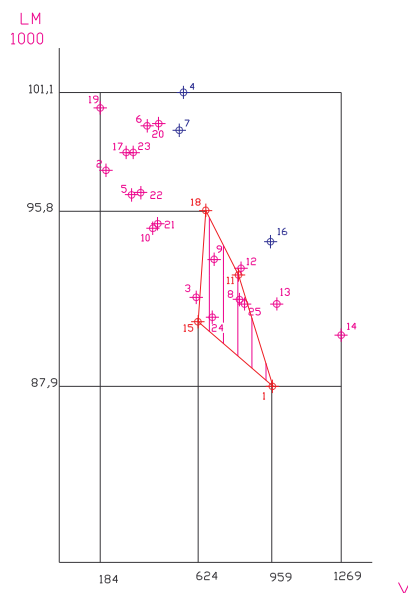
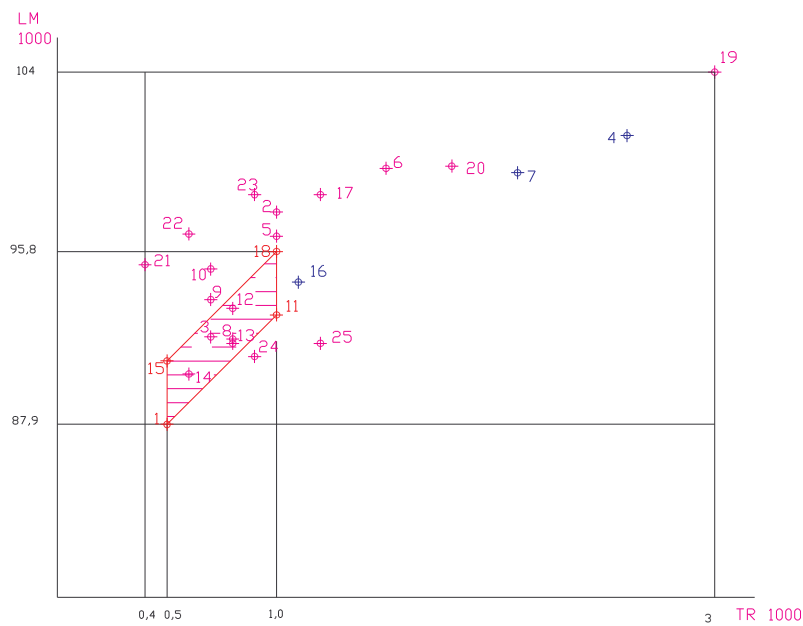
**CLARIDAD**

Los diferentes aspectos que dan claridad a una salas son : la sonoridad del campo directo frente al reverberado, la adecuada absorción y tiempo de reverberación a altas frecuencias. Para que una sala resulte clara se debe llegar a un equilibrio entre la reverberación y el nivel de sonoridad. A mayor reverberación mayor nivel de sonoridad pero como contrapunto se pierde claridad.

Por tanto los parámetros acústicos a analizar serán : el nivel medio del campo acústico en las salas, y el tiempo de reverberación. Los parámetros geométricos a correlacionar con los anteriores han sido la altura y el volumen de las salas.

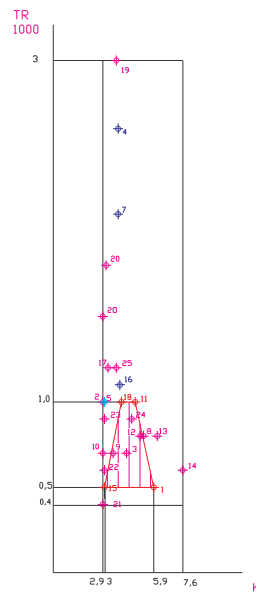
El estudio gráfico se ha hecho nuevamente a 500, 1000 y 4000 Hz, aunque el análisis de resultados sólo se hará a 1000 Hz, salvo consideraciones a otras frecuencias. Así cada sala queda representada en cinco espacios bidimensionales por un punto para cada frecuencia, con coordenadas  $(V, L_M)$ ,  $(T_R, V)$ ,  $(L_M, h)$ ,  $(T_R, L_M)$  y  $(T_R, h)$





De las salas que han contestado a las encuestas las de Utiel, Camporrobles, Bétera , Alfaz del Pi y Tavernes de Valldigna presentan una adecuada claridad. Por el contrario las de Moncofar, Unión Musical de Vall d 'Uxó y Callosa d'En Sarriá no tienen adecuada claridad.





A la vista de los polígonos dibujados entre las salas con una adecuada claridad se observa que :

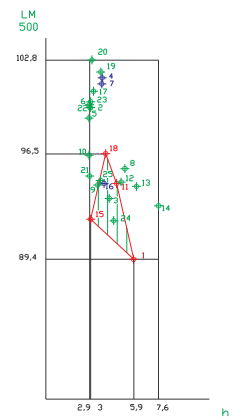
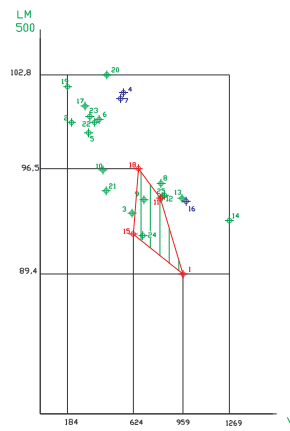
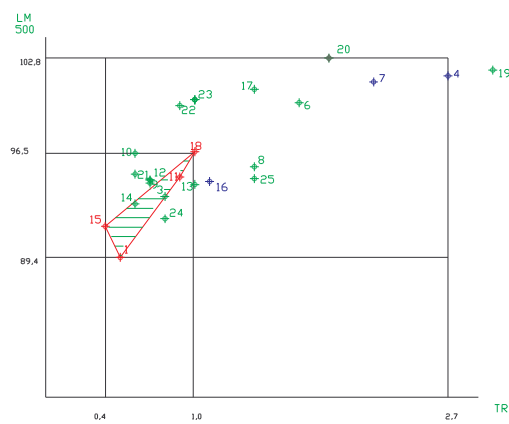
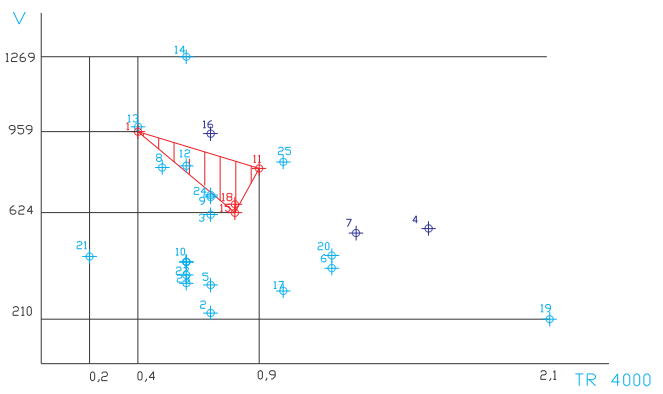
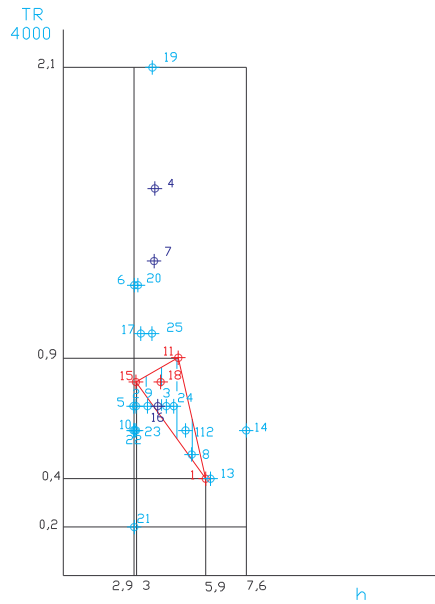
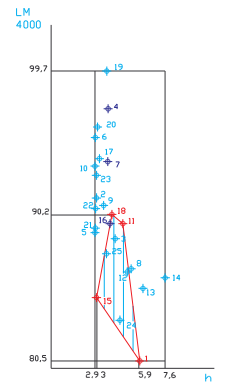
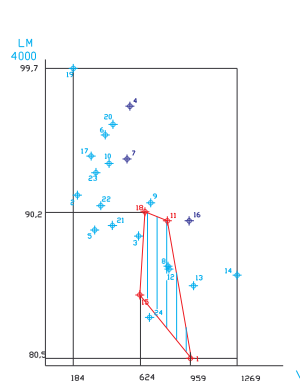
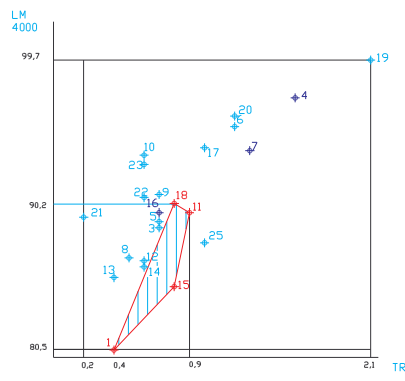
- las salas con baja claridad quedan siempre fuera de estos polígonos, más claramente las de Moncofar y la Unión Musical de Vall d'Uxó que la de Callosa d'En Sarriá, que siempre se acerca a ellos e incluso entra dentro del polígono del gráfico ( $L_M, h$ ) .
- Las dos primeras quedan fuera por excesivo nivel del campo acústico y reverberación y por bajo volumen y altura. La de Callosa d'En Sarriá sólo por excesiva reverberación.
- Para situarse dentro de los polígonos con adecuada claridad los parámetros analizados están dentro de los siguientes intervalos :

$$87,9 \text{ dB} < L_M < 95,8 \text{ dB}$$

$$624 \text{ m}^3 < V < 959 \text{ m}^3$$

$$3 \text{ m} < h < 5,9 \text{ m}$$

$$0,5 \text{ s} < T_{R1000} < 1 \text{ s}$$

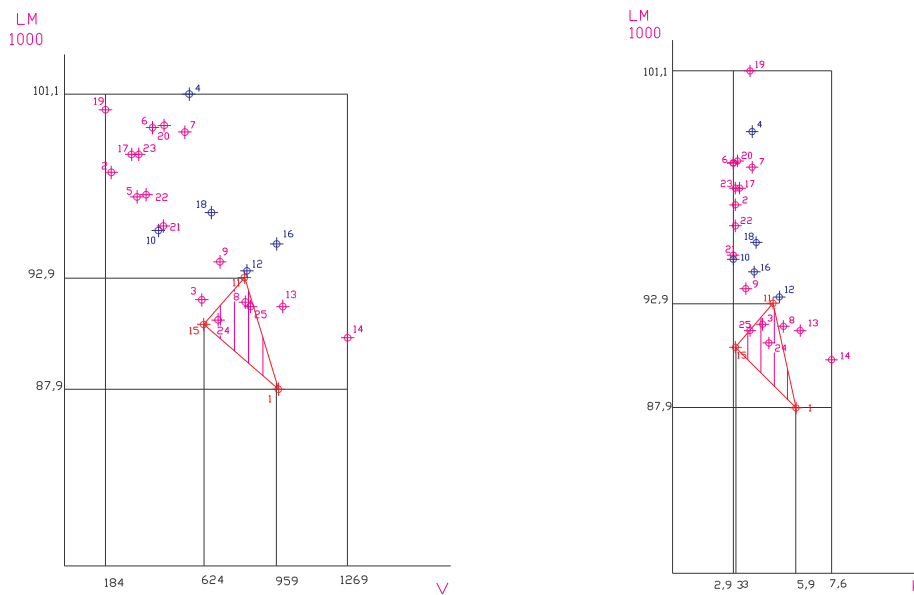




**NIVEL DEL CAMPO ACUSTICO**

El parámetro acústico que influye en el nivel de sonoridad del campo acústico en las diversas salas es el nivel medio medido en las mismas. Correlacionados con él influyen los parámetros geométricos volumen y altura, dado que la superficie en planta de las salas es siempre muy similar.

El estudio gráfico se ha hecho a 500, 1000 y 4000 Hz, sin embargo el análisis de resultados sólo se hará a 1000 Hz. Así cada sala queda representada en dos espacios bidimensionales para cada frecuencia, con coordenadas (V, L<sub>M</sub>) y (L<sub>M</sub>, h).



Las salas con un adecuado nivel de sonoridad del campo acústico han resultado ser las de Utiel, Camporrobles, Bétera y Alfaz del Pi. Con problemas en el nivel de sonoridad del campo acústico han resultado las salas de Moncofar, La Nova de Játiva, La Primitiva de Liria, Callosa d’En Sarriá y Tavernes de Valldigna.

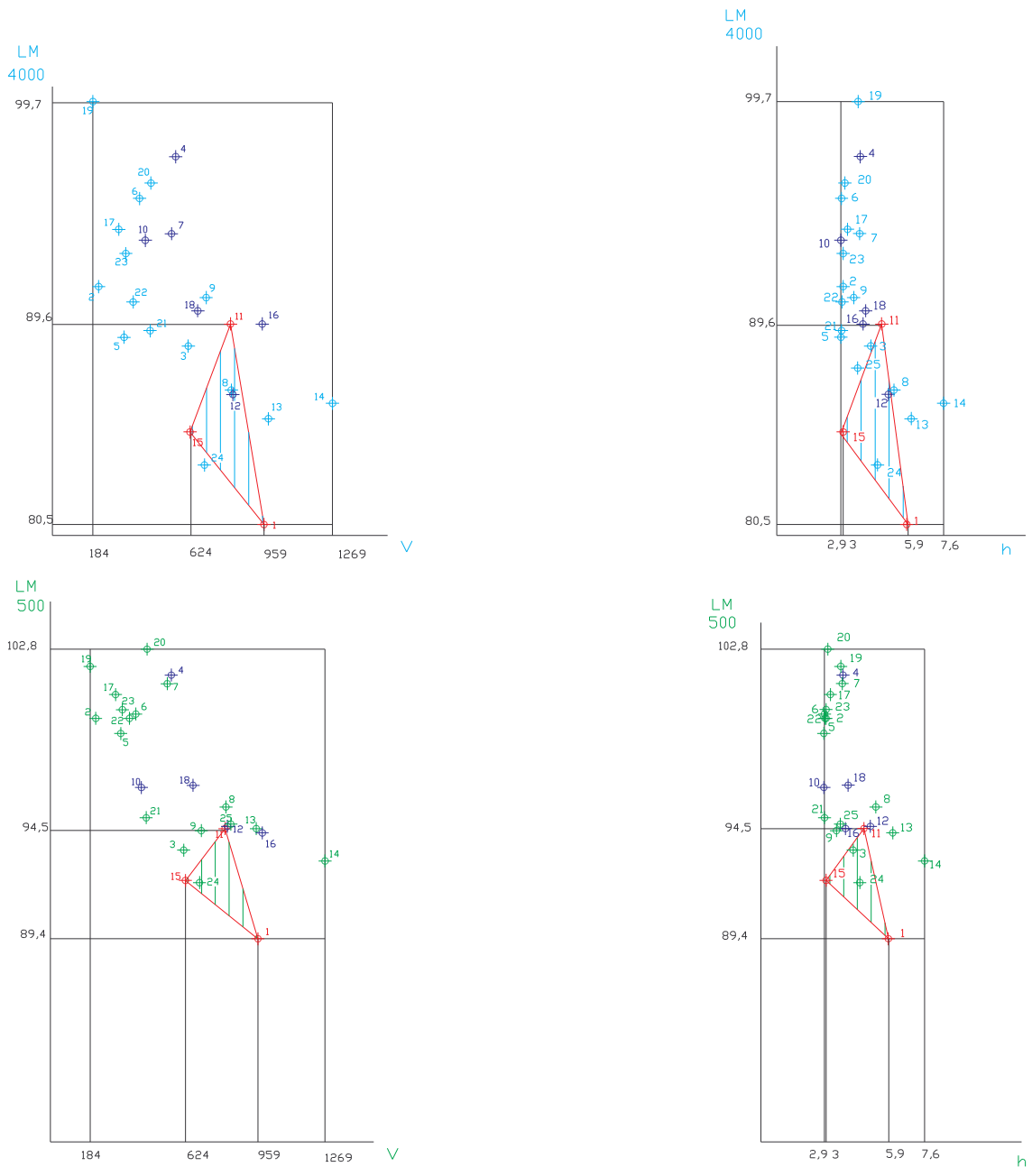
A la vista de los polígonos dibujados entre las salas con un adecuado nivel de sonoridad se observa que :

- las salas con problemas en el nivel de sonoridad quedan siempre fuera de estos polígonos, excepto la sala de La Primitiva de Liria a 4000 Hz.
- Las salas anteriores tienen problemas de sonoridad debido siempre a un exceso de nivel medio en las mismas, y la mayoría de ellas por falta de volumen ( excepto Callosa d'En Sarriá y La Primitiva de Liria). El efecto de la falta de altura se observa menos, debido quizá a la compensación en volumen por aumento de superficie en planta de la sala de Alfaz del Pi.
- Para situarse dentro de los polígonos con adecuada sonoridad, a 1000 Hz, los parámetros analizados están dentro de los siguientes intervalos :

$$87,9 \text{ dB} < L_M < 92,9 \text{ dB}$$

$$624 \text{ m}^3 < V < 959 \text{ m}^3$$

$$3 \text{ m} < h < 5,9 \text{ m}$$



Hallando la intersección de los intervalos anteriormente obtenidos, de forma que se obtenga un juicio adecuado respecto a todos los aspectos analizados, **curva tonal, comportamiento en bajas frecuencias, reverberación, claridad y nivel del campo acústico**, se obtiene :

$$0,6 \text{ s} < T_{R250} < 1$$

$$0,5 < T_{R500} < 1$$

$$0,5 < T_{R1000} < 1$$

$$0,4 < T_{R4000} < 0,9$$

$$87,9 \text{ dB} < L_M < 92,9 \text{ dB}$$

$$624 \text{ m}^3 < V < 959 \text{ m}^3$$

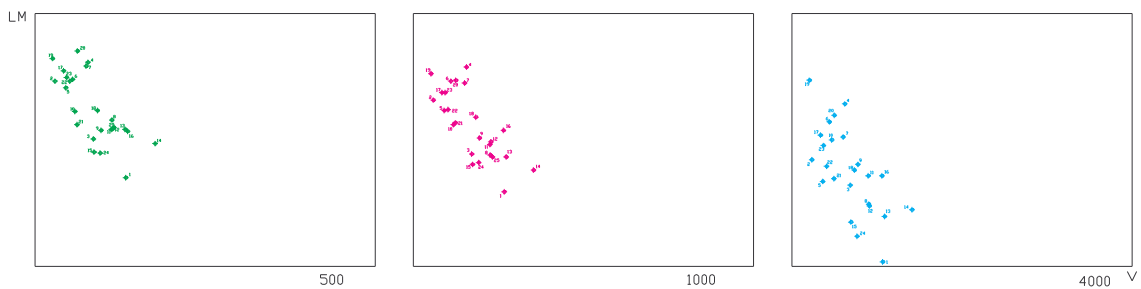
$$3 \text{ m} < h < 5,9 \text{ m}$$

$$0,5 \text{ s} < T_{R1000} < 1 \text{ s}$$

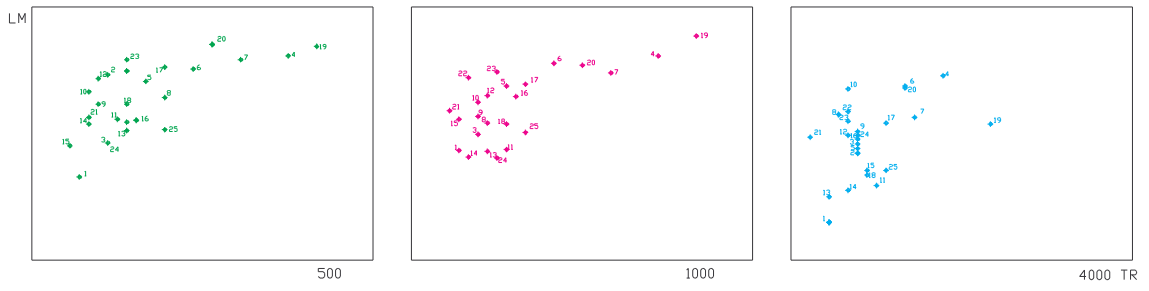
#### 5.1.4.- Relaciones entre los diversos parámetros

De la observación de las nubes de puntos en las diversas gráficas puede obtenerse el tipo de relación entre los diversos parámetros .

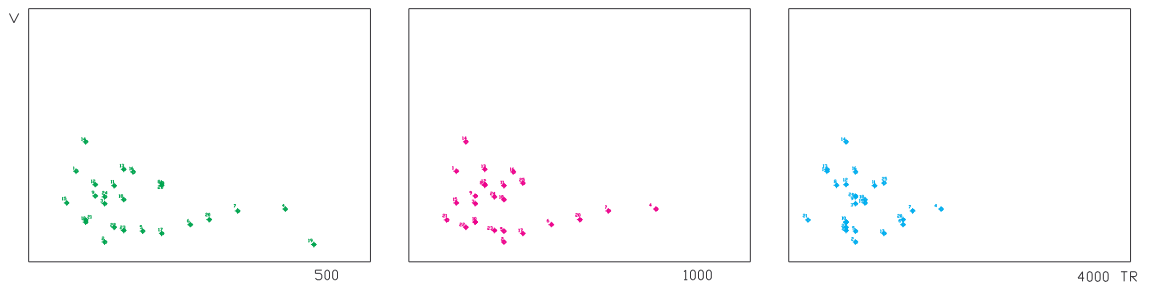
Relación entre el volumen y el nivel medio del campo acústico,  $L_M - V$



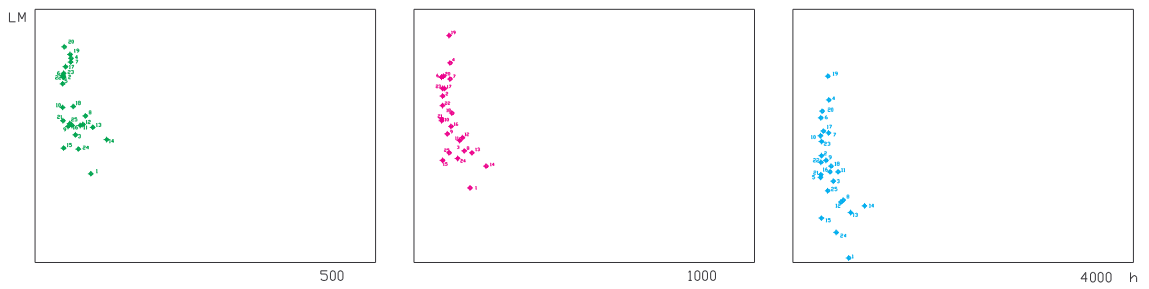
Relación entre el nivel del campo acústico y el tiempo de reverberación,  $T_R - L_M$



Relación entre el volumen y el tiempo de reverberación ,  $T_R - V$

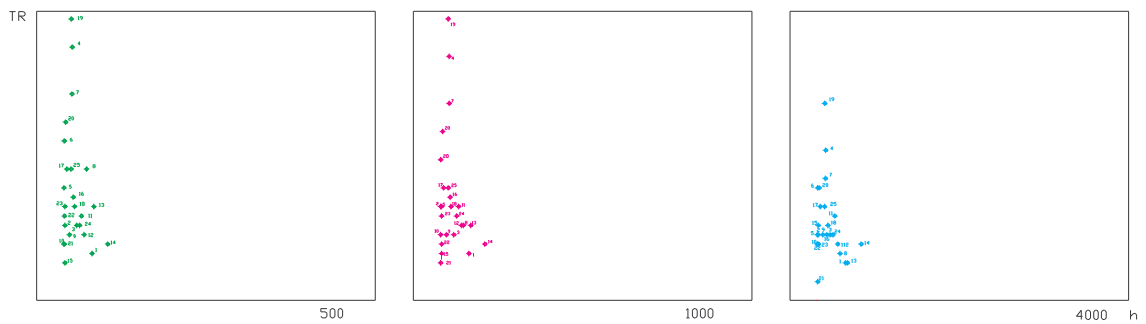


Relación entre la altura y el nivel medio del campo acústico ,  $h - L_M$



Relación entre la altura y el tiempo de reverberación ,  $h - T_R$





De todo ello puede concluirse que:

- la relación entre el nivel medio medido en las salas y el volumen es tal que a mayor volumen menor es el nivel.
- no se observa una relación clara entre el volumen y el tiempo de reverberación, sin embargo exceptuando las salas de menor volumen sí se ve cierta tendencia a aumentar el tiempo de reverberación con el volumen.
- la relación del nivel medio con el tiempo de reverberación es tal que a mayor tiempo de reverberación mayor nivel.
- para salas con poca altura no se observa una relación entre la altura y el nivel medio ya que éste varía entre grandes límites (9 dB), no así cuando la altura es algo mayor; en este caso el nivel medio disminuye con la altura de las salas.
- la relación entre altura y tiempo de reverberación se observa más difusa.
- Las relaciones anteriores se observan más claramente a 500-1000 Hz que a 4000 Hz.

Los parámetros analizados están todos relacionados entre sí por expresiones teóricas, sin embargo, por la interacción de varios de ellos a la vez, la relación, en ocasiones, se diluye y no se observa de forma explícita. Así el tiempo de reverberación, según la teoría de Sabine, es directamente proporcional al volumen de una sala, pero al intervenir también la absorción de la misma y ser ésta variable, no se observa la relación directa.

Las relaciones teóricas que deben existir entre ellos son, según la teoría de Sabine:

$$L_M = LW - 10 \log A + 6 \text{ dB}$$

en donde el área de absorción equivalente de la sala A, es según las fórmulas de Sabine o Eyring :

$$A = \frac{0,162 \cdot V}{T_R}$$

$$A = \bar{\alpha} \cdot S$$

$$\frac{0,162 \cdot V}{T_R \cdot S} = -L_n(1 - \bar{\alpha})$$

Estas expresiones teóricas se utilizan en el capítulo posterior para relacionar entre sí los diversos parámetros.

Una banda de música es una agrupación instrumental donde intervienen, mayoritariamente, por no decir en su totalidad instrumentos de viento y percusión ( en algunas agrupaciones se incorporan algunos instrumentos de cuerda frotada como son el violonchelo y el contrabajo).

Este tipo de instrumentos tiene, entre otras particularidades, dos que no se suelen dar en otras familias instrumentales y son : la gran direccionalidad de proyección sonora [1] y la elevada potencia acústica que, según los casos, pueden llegar a emitir.

Los niveles emitidos en un ensayo llegan a alcanzar niveles equivalentes diarios de alrededor de  $L_{eq-8h} = 85\text{dBA}$  [2,3], los cuales pueden llegar a producir riesgos auditivos a la vez que incomodidad para el ensayo. Salas demasiado pequeñas para conjuntos instrumentales grandes resultan estridentes. El tamaño de una sala de ensayos es un factor importante para hacerla confortable desde el punto de vista acústico.

Valores inadecuados para el tamaño de una sala, volumen y altura, pueden originar [4,5]:

- tiempos de reverberación demasiado cortos para simular una sala de concierto.
- necesidad de recargar excesivamente la absorción con la consiguiente coloración del sonido a la vez que se estimula la emisión forzada
- niveles de sonoridad que crean estridencia, incomodidad y posibles riesgos auditivos.

La principal problemática en el diseño de una sala de ensayo de música de banda reside en proporcionarle la adecuada absorción, para evitar su estridencia, dado el tamaño y potencia de la fuente, a la vez que dotarla de la necesaria reverberación para que la audición de la música en ella tenga las condiciones adecuadas para un ensayo.

Hacerla demasiado absorbente repercutiría en un sonido excesivamente seco, sin mezcla entre sonidos emitidos sucesivamente en el tiempo, aunque claro, discernible cada sonido individual ya que tampoco se mezcla el sonido de los distintos instrumentos. A la vez se obtendría una sonoridad adecuada, dado el tamaño de estas salas.

Hacerla demasiado reverberante repercutiría en un sonido excesivamente entremezclado, tanto de los diversos instrumentos como en el tiempo, vivo, más parecido por tanto a la audición de música en un concierto y a la vez esto contribuiría a un nivel de sonoridad excesivamente elevado y, por tanto, a la sensación de estridencia.

Por todo ello, es más favorable una sala seca, clara que una demasiado reverberante. La regulación de la absorción, el volumen y la altura puede dar el equilibrio entre estos dos extremos.

### **6.1.- El área de absorción como factor regulador**

La potencia emitida por una banda de música es, en general, elevada tanto por la potencia individual que emiten los instrumentos ( $0,01 \mu W$  a  $10^5 \mu W$ ), como por el elevado número de componentes de la misma (60-130) [6]. El nivel de potencia emitido puede variar entre grandes límites (60-130 dB entre un *pianissimo* y un *fortissimo*). Sin embargo los recintos dedicados a salas de ensayo de las mismas no suelen ser de grandes dimensiones (superficies en planta entre  $50-250 m^2$ ) lo cual no permite el empleo de excesiva absorción y por tanto el nivel del campo acústico en las mismas puede llegar a ser muy elevado, y en ocasiones producir estridencia.

Considerando un nivel de potencia medio de la banda de 100 dB, para una emisión media por instrumento de  $100 \mu W$  y un número de 100 músicos, se ha calculado la absorción necesaria para obtener diversos niveles del campo acústico en las salas, teniendo en cuenta la absorción adicional que introducen los músicos ( $\approx 56 m^2$ )

A (sala llena) $m^2$	A (sala vacía) $m^2$	$\alpha$ (sala pequeña) $S = 200 m^2$	$\alpha$ (sala grande) $S = 1000 m^2$	$L_m$ dB
501	445	> 1	0,45	75
398	342	> 1	0,34	76
316	260	> 1	0,26	77
251	195	0,97	0,19	78
199	143	0,72	0,14	79
158	102	0,5	0,1	80
126	70	0,35	0,07	81
100	44	0,22	0,04	82
79	23	0,11	0,02	83
63	7	0,035	0,007	84
50	-	-	-	85

Se observa como la absorción a añadir en una sala para obtener un determinado nivel de sonoridad no depende de su volumen. Sin embargo la repercusión de esta absorción en el coeficiente de absorción medio si depende del tamaño de la sala siendo mayor en una sala pequeña que en una grande.

Para tener una adecuada sonoridad , se ha visto en el capítulo de análisis de los resultados, que el nivel del campo acústico debe de estar entre:

$$87,9 \text{ dB} < L_M < 92,9 \text{ dB}$$

que corregido con la diferente potencia de emisión en los medidas (113 dB), respecto a la de un ensayo ( $\approx 100 \text{ dB}$ ) se obtiene un intervalo de sonoridad adecuada de :

$$74,9 \text{ dB} < L_M < 79,9 \text{ dB} \quad \text{es decir} \quad 75 \text{ dB} < L_M < 80 \text{ dB}$$

entrando con estos valores en la tabla anterior se obtiene el límite inferior de la absorción para no sobrepasar un nivel del campo acústico de 80 dB y el superior para no bajar de 75 dB.

$$501 \geq A \geq 158 \text{m}^2$$

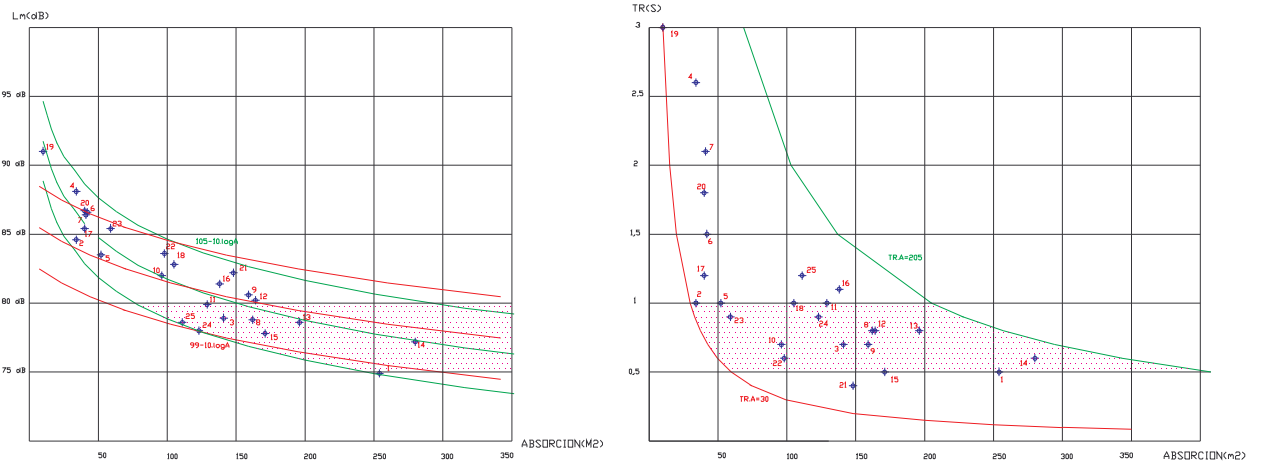
La absorción de la sala repercute también en el tiempo de reverberación, aunque en este caso no interviene como único factor , sino que el volumen, o altura de la misma puede modificar asimismo la reverberación.

De ahí que fijado el intervalo de absorción necesaria para regular la sonoridad, el tiempo de reverberación puede variar entre ciertos límites con el volumen o altura de la sala.

Del capítulo anterior se ha obtenido como intervalo de valores adecuados para el tiempo de reverberación a 1000 Hz

$$0,5 < T_{R1000} < 1$$

que representado en las gráficas que relacionan estos parámetros,  $L_M$  y  $T_R$  con el Area de Absorción equivalente de las salas ensayadas, se obtiene:



$L_M = 106 - 10 \log A$	$T_R \cdot A = 0,162 V$
-------------------------	-------------------------

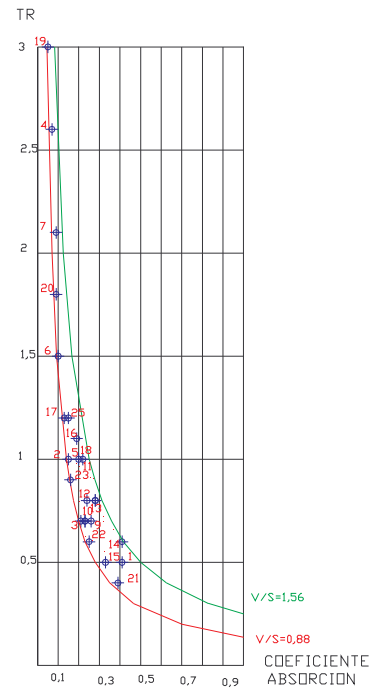
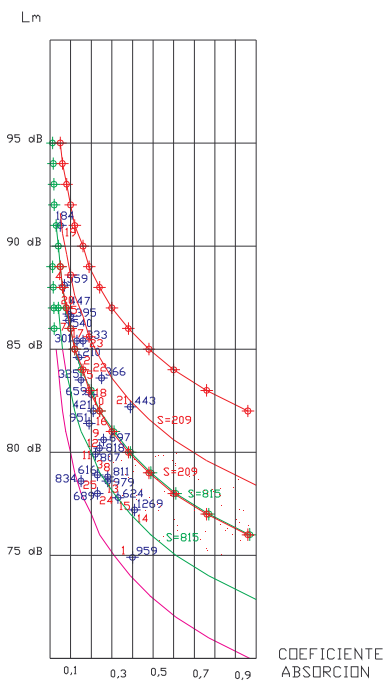
De las gráficas anteriores se desprende :

- Las curvas de  $L_M$  en función de la absorción pierden pendiente a partir de  $150m^2$  de absorción y se convierten prácticamente en rectas con una pendiente de -3dB cada vez que se duplica la absorción, con lo que para los posibles valores de la absorción ( $\leq 500m^2$ ) sólo se puede obtener una reducción adicional de 3dB en el nivel de sonoridad respecto al de  $150m^2$  de absorción.
- En salas con poca absorción el tiempo de reverberación  $T_R$  depende mucho del volumen. Para volúmenes bajos, pequeños cambios de absorción producen grandes cambios en el tiempo de reverberación  $T_R$ , y así para  $V=184 m^3$  con un cambio de absorción de 30 a  $60 m^2$  se cambia el tiempo de reverberación de 0,5 a 1 s. Para volúmenes altos  $V=1269 m^3$ , este mismo cambio en la reverberación requiere cambios en la absorción entre

200 y 400 m<sup>2</sup>, que aunque en valor relativo son iguales (se duplica la absorción) sin embargo el incremento de absorción es de 30 a 200 m<sup>2</sup>.

- Para tener un nivel de sonoridad adecuado la absorción ha de ser mayor de 150 m<sup>2</sup>.  $A \geq 150m^2$
- Para tener una reverberación adecuada la absorción depende del volumen entre 30m<sup>2</sup> para V=184 m<sup>3</sup> a 400m<sup>2</sup> para V=1269 m<sup>3</sup>.

La repercusión de lo anteriormente expuesto en el coeficiente de absorción medio de las salas se observa en las siguientes gráficas:



$$L_M = 106 - 10 \log \bar{\alpha} - 10 \log S$$

$$T_R \cdot \bar{\alpha} = 0,162 V/S$$

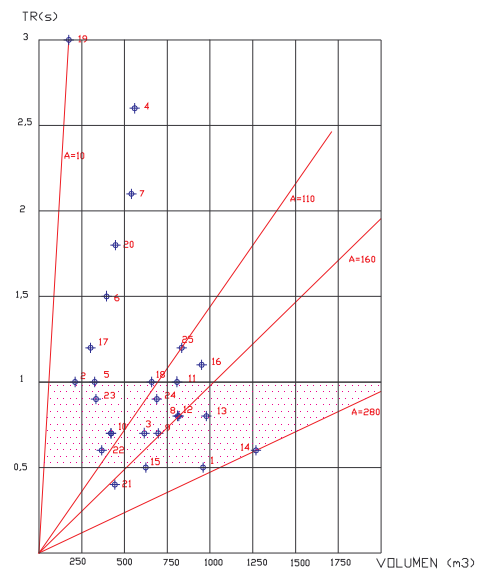
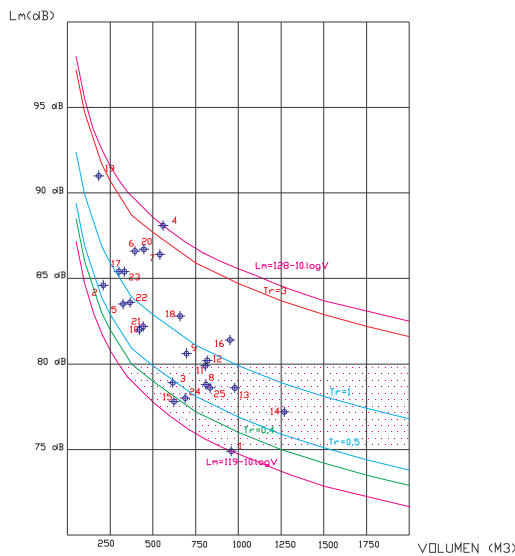
En las cuales se observa:



- Las variaciones entre el coeficiente de absorción medio de las diversas salas ensayadas no son excesivas, estando siempre en el siguiente intervalo  $0,1 \leq \bar{\alpha} \leq 0,34$
- Para un mismo  $\bar{\alpha}$  el nivel de sonoridad  $L_M$  varía mucho (10dB) con el tamaño de la sala.
- También se producen variaciones en la reverberación del orden de 0,5s para un mismo coeficiente de absorción medio en función del cociente V/S. A mayor V/S mayor reverberación.
- El coeficiente de absorción medio adecuado para regular el nivel de sonoridad  $L_M$  depende de la superficie total de la sala entre  $\bar{\alpha} = 0,7$  para  $S = 209\text{m}^2$  a  $\bar{\alpha} = 0,2$  para  $S = 815\text{m}^2$  .
- El coeficiente de absorción medio adecuado para regular el tiempo de reverberación depende del cociente V/S entre  $\bar{\alpha} = 0,14$  para  $V/S = 0,88$  a  $\bar{\alpha} = 0,5$  para  $V/S = 1,56$  .

6.2.- El volumen como factor regulador [6]

El volumen de una sala de ensayos es un factor que varía entre límites grandes ( en la muestra estudiada entre 184 y 1269 m<sup>3</sup>) y cuyo valor puede influir decisivamente en la calidad de audición de la misma, ya que no sólo influye, directamente, en el tiempo de reverberación, sino también en el nivel del campo acústico que se obtiene en las mismas. Así para obtener una adecuada reverberación ( entre 0,5 s y 1 s) se requiere una determinada relación entre el volumen V y el área de absorción de la sala A (V/A = 3,1- 6,2). En salas con volumen reducido, la absorción también lo es y por tanto se alcanzarán niveles del campo reverberado excesivamente altos. Para evitar la sensación de estridencia a que esta situación puede conducir, habría que recargar excesivamente la absorción, con la considerable coloración del sonido a la vez que se reduciría drásticamente la reverberación de la misma. Por todo ello la elección del volumen de una sala de ensayos es un factor decisivo en su posterior calidad acústica.



$L_M = 106 - 10 \log 0,162V/T_R$	$T_R = 0,162 V/A$
----------------------------------	-------------------

Gráficas obtenidas representando  $L_M$  y  $T_R$  en función del volumen de la sala.

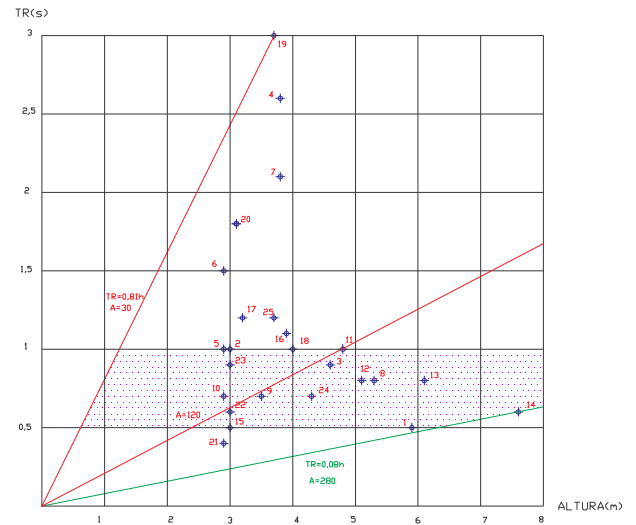
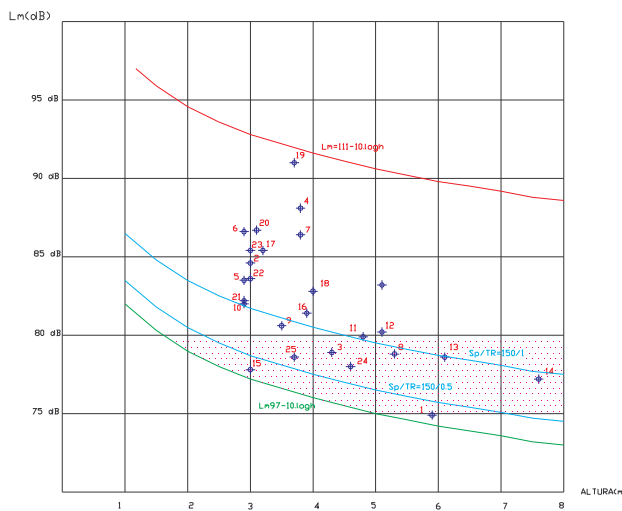
A la vista de las gráficas anteriores se observa:

- Las curvas del nivel de sonoridad  $L_M$  (V) pierden pendiente a partir de  $750 - 1000\text{m}^3$  convirtiéndose prácticamente en rectas con una pendiente de  $-0,6\text{dB} / 250\text{m}^3$ .
- A medida que crece el volumen el nivel de sonoridad  $L_M$  es más independiente de otros parámetros, mientras que para volúmenes bajos depende mucho del área de absorción o del tiempo de reverberación.
- En salas con volumen inferior a  $550\text{m}^3$  el tiempo de reverberación  $T_R$  varía entre grandes límites ( $0,4 - 3\text{s}$ ) mientras que para salas con volumen superior a  $600\text{m}^3$  el tiempo de reverberación sólo varía entre  $0,5 - 1\text{s}$ .
- El volumen adecuado para regular tanto la sonoridad como al reverberación es  $V \geq 500\text{m}^3$
- Se puede regular sólo la sonoridad con  $V \geq 300\text{m}^3$  pero la reverberación queda muy baja ( $0,4\text{s}$ )
- Se puede regular sólo la reverberación variando el volumen entre grandes límites ( $58 - 2115\text{m}^3$ )

**6.3.- La altura como factor regulador**

La altura de una sala de ensayos tiene mucho que ver con el volumen de la misma, dado que las superficies que ocupan en planta las diversas salas son muy similares. Proveer a una sala de la altura adecuada supone asimismo dotarla del volumen necesario para regular la sonoridad del campo acústico y la reverberación.

Pero en cualquier caso, si es la altura el factor a elegir, la relación que presenta el nivel de sonoridad  $L_M$  y el tiempo de reverberación  $T_R$  con ella se observa en las siguientes gráficas.



$L_M = 106 - 10 \log 0,162 S_p / T_R - 10 \log h$	$T_R = 0,162 h \cdot S_p / A$
---	-------------------------------

De las que se deduce:

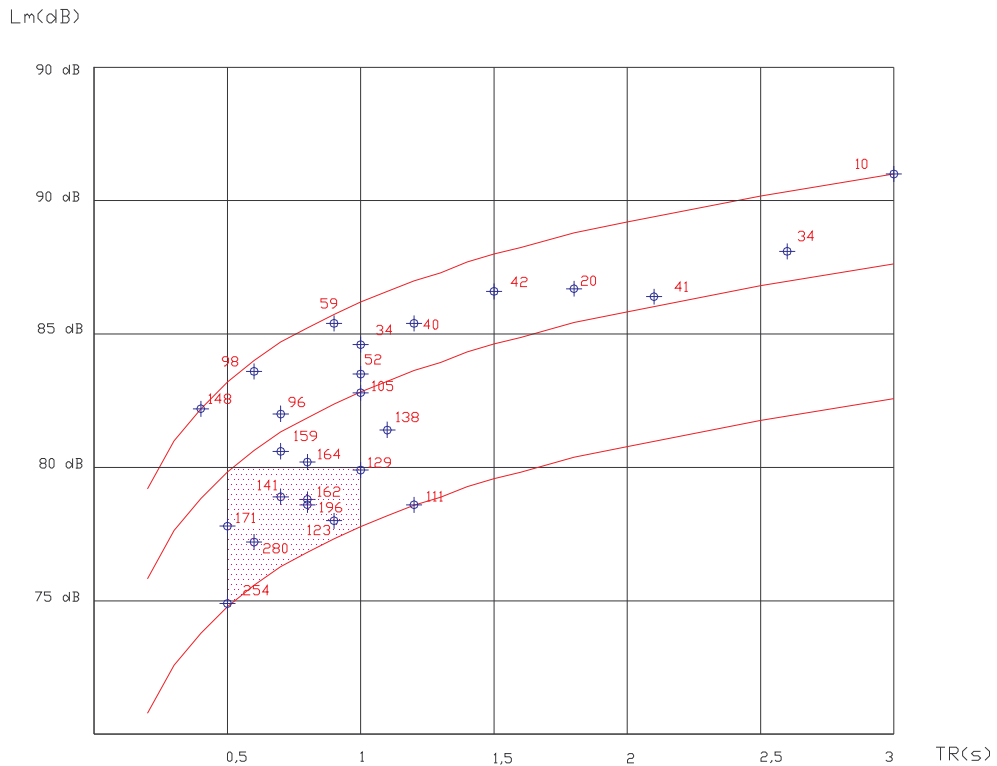
- Se producen grandes variaciones en  $L_M$  con alturas inferiores a 4m, y a partir de esta altura las salas se sitúan en el intervalo de valores adecuados de sonoridad.
- Ocurre algo similar con respecto a la reverberación que permanece ajustada para alturas superiores a 4m.
- La altura adecuada para regular el nivel de sonoridad depende del tiempo de reverberación y está comprendida entre 2,25 – 4,5m. (  $T_R$  entre 0,5 – 1s )
- La altura adecuada para regular la reverberación depende de la absorción y debe de estar entre 4,75 – 6,2m (  $A$  entre 120 – 300m<sup>2</sup> )

**6.4.- Conclusiones**

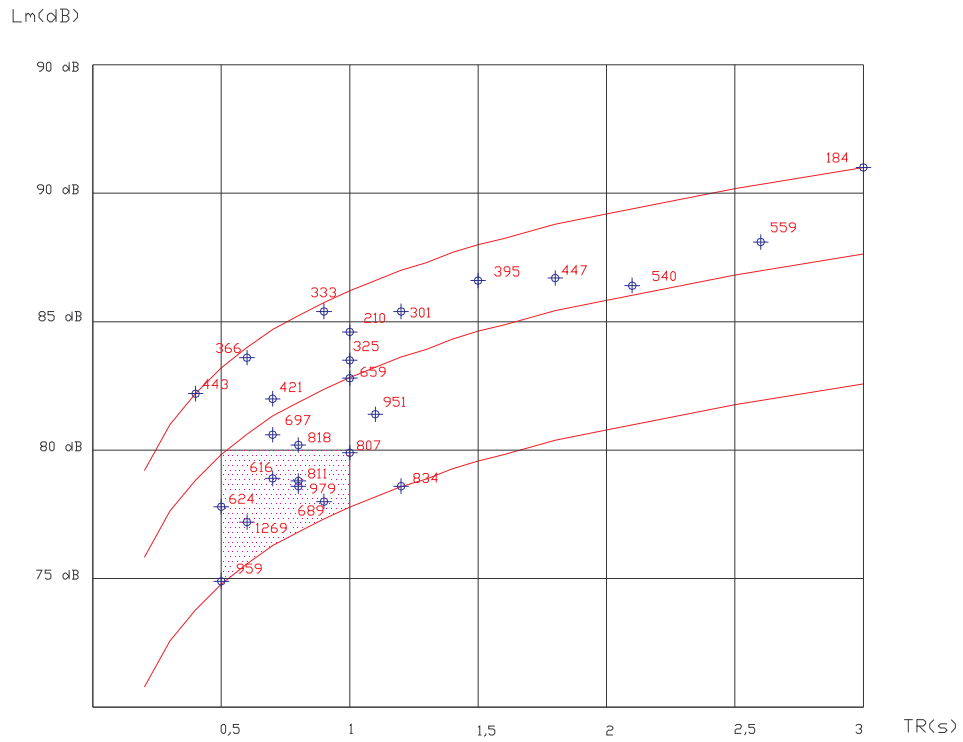
El objetivo del anterior ajuste de los diversos parámetros acústicos y geométricos es obtener una adecuada sonoridad del campo acústico a la vez que la necesaria reverberación , en definitiva ajustar el par de valores  $L_M, T_R$ .

Así, finalmente representando en un gráfico conjunto el valor del nivel de sonoridad y el tiempo de reverberación (  $L_M = 106 - 10 \log 0,162 V/T_R$  ) de las diversas salas, caracterizando a cada una de ellas por un dígito correspondiente a su absorción, volumen o altura, se obtiene respectivamente:

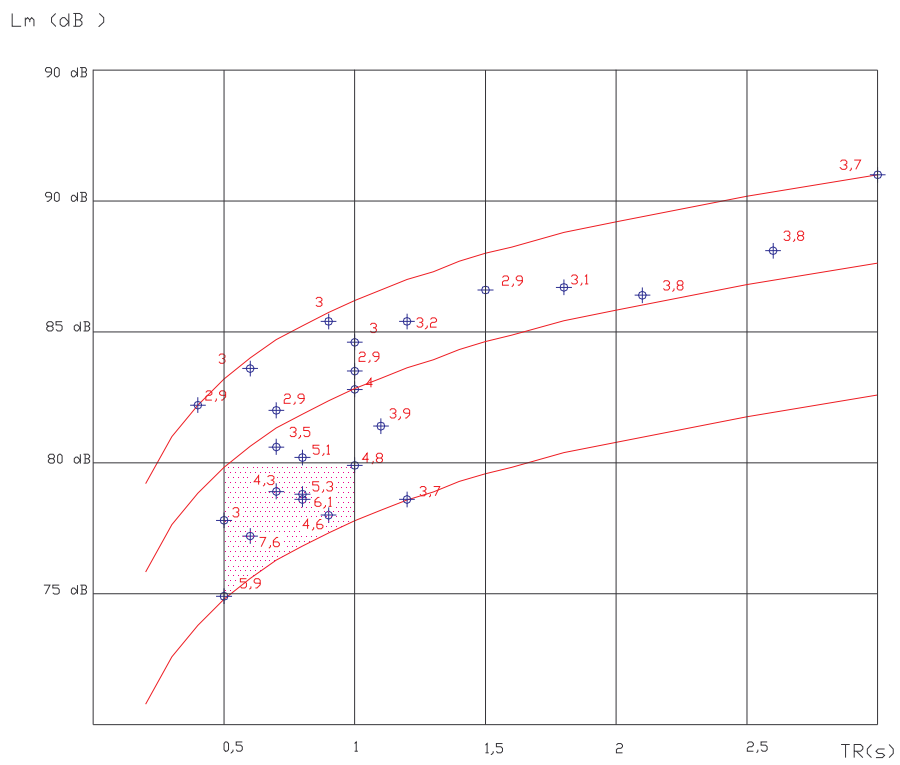
**ABSORCION**



### VOLUMEN



### ALTURA



Por todo lo anterior las conclusiones que se pueden extraer del análisis de las salas estudiadas en la presente memoria son las siguientes:

- Para tiempos de reverberación superiores a 1,2 s un aumento en el tiempo de reverberación implica necesariamente un aumento en el nivel del campo acústico.
- Para tiempos de reverberación inferiores a 1,2 s el nivel del campo acústico varía entre grandes límites para un mismo valor de la reverberación, tendiendo a ser dependiente del volumen o de la altura.
- Todas las salas con absorción aproximadamente mayor de 150 m<sup>2</sup> se sitúan en la zona adecuada de sonoridad y reverberación.
- Ninguna sala con volumen inferior a 600 m<sup>3</sup> entra en la zona de adecuada sonoridad y reverberación.
- Todas las salas con volumen mayor de 600 m<sup>3</sup> se aproximan a dicha zona\_ entrando en ella sólo las cumplen además la condición de absorción. (A > 150 m<sup>2</sup> )
- Todas las salas con altura mayor de 4 m se sitúan en la zona adecuada de sonoridad y reverberación.



### 6.5.- Bibliografía

- [1] Thfoin, C.  
“La directivité des instruments de musique, son importance dans la conception architecturale des salles de spectacle”  
Laboratoire d’acoustique. Université de Paris XI.
- [2] Miskiewicz , A.; Rakowski, A.  
“Loudness levels versus sound-pressure level : A comparison of musical instruments”  
Journal Acoustic Society of America,96 (6) Diciembre 1994
- [3] Royster,D.J.; Royster, L; Killion, M.  
“Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians”  
Journal Acoustic Society of America, 89 (69) Junio 1991
- [4] Cohen, E.A.  
“Acoustic of practice rooms”  
92nd AES meeting 1992.
- [5] Cohen, E.A.  
“Loudness levels and ensemble room acoustics”  
Cohen Acoustical Inc. Los Angeles.
- [6] Ruiz Monrabal, V.  
Historia de las Sociedades Musicales de la Comunidad Valenciana  
Federico Domenech, S.A. Valencia 1993.
- [7] Llopis, A.; Gallardo, J.L.; Llinares, J.  
“El volumen de las salas de ensayo de música de banda como parámetro de calidad acústica”.  
Revista de Acústica. Vol. XXVIII.N<sup>o</sup> 3 y 4. 1997

**Arnau, J.**

Música e historia  
Reproval 1987

**Atal, B.S.; Schroeder, M.R.; Sessler G.M.**

“Subjective reverberation time and its relation to sound decay”  
Proceed. 5th Congr. Acoustics 1b, G32 (1965)

**Badenes, G. y otros.**

Historia de la Música de la Comunidad Valenciana  
Editorial Prensa Alicantina S.A. 1992

**Bech, S.**

“Timbral aspects of reproduced sound in small rooms.”  
Journal Acoustical Society of America 97(3). Marzo 1995

**Beraneck, L.**

Acoustic Measurements.  
John Willey and Son Inc. Nueva York 1949

**Beraneck, L.**

Music, Acoustics and Architecture.  
Wiley ed. 1962

**Cohen, E.A.**

“Acoustic of practice rooms”  
92nd AES meeting 1992.

**Cohen, E.A.**

“Loudness levels and ensemble room acoustics”  
Cohen Acoustical Inc. Los Angeles.

**Cremer, L.;Muller, H:A.**

Principles and applications of room Acoustics  
Applied Science Publishers 1982

**D’Antonino, P. Konnert, J.**

“The QRD diffractal: a new one or two dimensional fractal sound diffusor”  
Journal Acoustic Society of America, 40 (p117) Marzo 1992

**Eyring, C.F.**

“Reverberation Time in “dead” rooms”  
Journal Acoustical Society of America 1 (p217) 1930

**Fitzroy, D.**

“Reverberation formula which seems to be more accurate with nonuniform distribution of absorption”  
Journal Acoustical Society of America 31 (p893) 1959

**Furrer, W.**

Room and building Acoustics and Noise Abatement  
Botlersworths 1964

**Gade, A.C.**

“Investigations of musicians’ room acoustic conditions in concert halls.Part I: Methods and laboratory experiments”.  
Acustica, 69.(p193) 1989

**Gade, A.C.**

“Investigations of musicians’ room acoustic conditions in concert halls.Part II: Field experiments and synthesis of results”.  
Acustica, 69. (p243) 1989

**Jordan, V**

Acoustical design of concert halls and theaters  
Applied Science Publishers. 1980

**Josse, R.**

Acústica en la construcción  
Gustavo Gili. 1975

**Knudsen, V; Harris,**

Acoustical designing in architecture  
Wiley ed. 1950

**Kurer, R.**

“Zur Gewinnung von Einzahlkriterien bei Impulsmessungen in der Raumakustik”  
Acustica, 21 (p370) 1969

**Kuttruff, H.**

Room Acoustics  
Applied Science Publishers, 1973

**Lamoral, R.**

Acoustique et Architecture  
Masson, Paris 1975

**Lawrence, A.**

Architectural Acoustics  
Applied Science Publishers 1970

**Lifshitz S.**

“Optimum reverberation for an auditorium”  
Physical Institute of the University of Moscow. Noviembre 1924

**LLinares,J.; Llopis, A.;Sancho, J.**

Acústica Arquitectónica y Urbanística  
S.P.U.P.V. 1996

**Llopis, A.; Gallardo J.L.M; Llinares, J.**

“El volumen de las salas de ensayo de música de banda como parámetro de calidad acústica”.  
Revista de Acústica. Vol. XXVIII.Nº 3 y 4. 1997

**Marshall, A.; Gottlob, D.; Alrutz, H.**

“Acoustical conditions preferred for ensemble”  
Journal Acoustic Society of America, 64 (5) Noviembre 1978

**Millington, G.**

“A modified formula for reverberation”  
Journal Acoustic Society of America, 4 (p69) 1932

**Miskiewicz , A.; Rakowski, A.**

“Loudness levels versus sound-pressure level : A comparison of musical instruments”  
Journal Acoustic Society of America,96 (6) Diciembre 1994

**Naylor, G.M.**

“Some effects of signal and noise modulation on rhythm detection, and relations to musical performance in rooms”.  
Acustica, 73 (p208) 1991.

**Naylor, G.M.**

“A laboratory study of interaction between reverberation , tempo and musical synchronization”  
Acustica, 75 (p236) 1992.

**Peutz, V.M.A.**

“Articulation loss of consonants as a criterion for speech transmission in a room “  
Journal Acoustical Society of America, 19 . Diciembre 1971

**Pujolle, J**

“Nouvelle formule pour le durée de réverbération”  
Revue d’Acoustique 19 (p107) 1972

**Ramis Soriano, J.**

“Estudio de parámetros acústicos en recintos para grabación y reproducción sonora”.  
Tesis doctoral. UPV. Valencia 1996

**Royster D. J.; Royster, L; Killion, M.**

“Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicinas”  
Journal Acoustic Society of America, 89 (69) Junio 1991

**Ruiz Monrabal, V.**

Historia de las Sociedades Musicales de la Comunidad Valenciana  
Federico Domenech, S.A. Valencia 1993.

**Sabine W.Clement**

“Collected Papers on Acoustics.”  
Harvard University Press. 1922

**Schroeder M.R:**

“New method of measuring reverberation time”  
Journal Acoustic Society of America, 37 (p409) 1965

**Schroeder, R:E.; Gerlach,A. Steingrube, Strube H.W.**

“Response to theory of optimal plene diffusors”  
Journal Acoustic Society of America 65, (p1337) 1979

**Thfoin, C.**

“La directivité des instruments de musique, son importance dans la conception architecturale des salles de spectacle”  
Laboratoire d’acoustique. Université de Paris XI.

**Federacion Regional Valenciana de Sociedades Musicales**

Guía Estadística 1984  
Fed. Regional Valenciana de Sociedades Musicales. 1984