

proyecto ejecución

CONSERVATORIO PROFESIONAL DE MUSICA LEON

Avenida de la Universidad

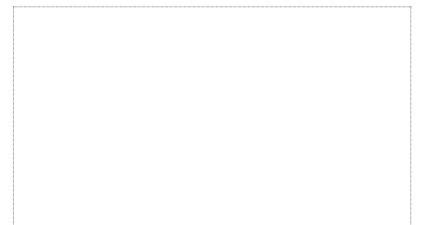
Promotor: Consejería de Educación, Junta de Castilla y León
estudio González arquitectos S.L.P.

1905

Septiembre 2019

05.4 ESTUDIO ACÚSTICO

colaborador - CGM telecomunicaciones S.L.



Estudio González Arquitectos S.L.P.
Representante: Primitivo González

ÍNDICE	PAG.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ÁREA DE ESTUDIO	1
3. CRITERIOS DE ÓPTIMA ACÚSTICA.....	3
3.1 Adecuada Sonoridad.....	3
3.2 Difusión del sonido	4
3.3 Tiempo de Reverberación	4
3.4 Reflexiones.....	7
3.5 Nivel de Ruido de Fondo	8
3.6 Inteligibilidad de la palabra (RASTI y %ALCons)	10
3.7 Parámetros de ajuste fino	11
3.7.1 Tiempo de reverberación primario (T10 o EDT).....	11
3.7.2 Claridades (C50 y C80)	11
3.7.3 Energía Lateral (LF)	12
3.7.4 Tiempo Central (T _s)	12
3.7.5 Índice de Sonoridad (G).....	13
3.7.6 Balances Tonales (Calidez y Brillo).....	13
4. CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION. DB-HR	14
5. CRITERIOS ACÚSTICOS APLICABLES AL PROYECTOS.....	14
5.1 Auditorio.....	14
5.2 Resto de Recintos.....	15
6. AISLAMIENTOS ACÚSTICOS	16
6.1 Niveles sonoros típicos.....	16
6.2 Aislamientos acústicos necesarios.....	17
6.3 Aislamiento acústico de puertas y ventanas	19
7. ANALISIS DEL PROYECTO	20
7.1 Despachos. Zona Administración	20
7.2 Departamentos	22
7.3 Aulas Teóricas	23
7.4 Aulas/Cabinas Instrumentales.....	24
7.5 Cabinas y Aula de Percusión.....	25
7.6 Aulas de Orquesta y Coro.	26
7.7 Auditorio.....	27
7.8 Otras observaciones.....	28
8. SIMULACION SONORA DEL AUDITORIO	29
8.1 Breve descripción geométrica.....	30
8.2 Terminados Interiores	30
8.3 Butacas	30
8.4 Programa de Simulación Sonora.....	32
8.5 Cálculos de la Simulación Sonora.....	32
8.6 Análisis de los Resultados.....	33

1. INTRODUCCIÓN

La DIVISION ACUSTICA de CGM TELECOMUNICACIONES S.L. (DA-CGM) ha sido requerida por GONZALEZ ARQUITECTOS S.L.P. para la realización de un Estudio de Asesoramiento Acústico en el Proyecto del Conservatorio Profesional de Música de León.

Hay que indicar que DA-CGM y el Estudio de Arquitectura ha mantenido una colaboración continua a lo largo del desarrollo del Proyecto, con objeto de definir adecuadamente soluciones constructivas, analizar alternativas, etc., con la finalidad de dotar al Edificio de las mejores condiciones acústicas para los usos previstos.

El presente Informe recoge los criterios y exigencias acústicas aplicables al Proyecto, así como un análisis de las soluciones constructivas definidas en el mismo, con objeto de alcanzar aquellos, incluyendo los oportunos cálculos de las condiciones acústicas de los diferentes espacios.

2. ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo con los planos facilitados, el Proyecto se diseña en un único bloque de dos alturas desarrollándose en ambas plantas diferentes recintos y usos.

El Edificio se sitúa en la zona norte de la ciudad en la Avenida de la Universidad esquina con la Avenida San Juan de Sahagún (Figura 1).



Figura 1.- Área de Estudio

El Edificio dispone de un Auditorio para 358 espectadores con una superficie en planta de 445 m² y volumen libre de 2.380 m³.

En el resto del Conservatorio se diseñan: Vestíbulos, Aulas Instrumentales, Aulas Teóricas, Cabinas, Sala Polivalente, Cabina de Control, Fonoteca, Sala de Profesores, Despachos, Aula de Percusión, Aulas de Música de Cámara, Aula de Coro y Aula de Orquesta, etc. (Figuras 2 y 3)

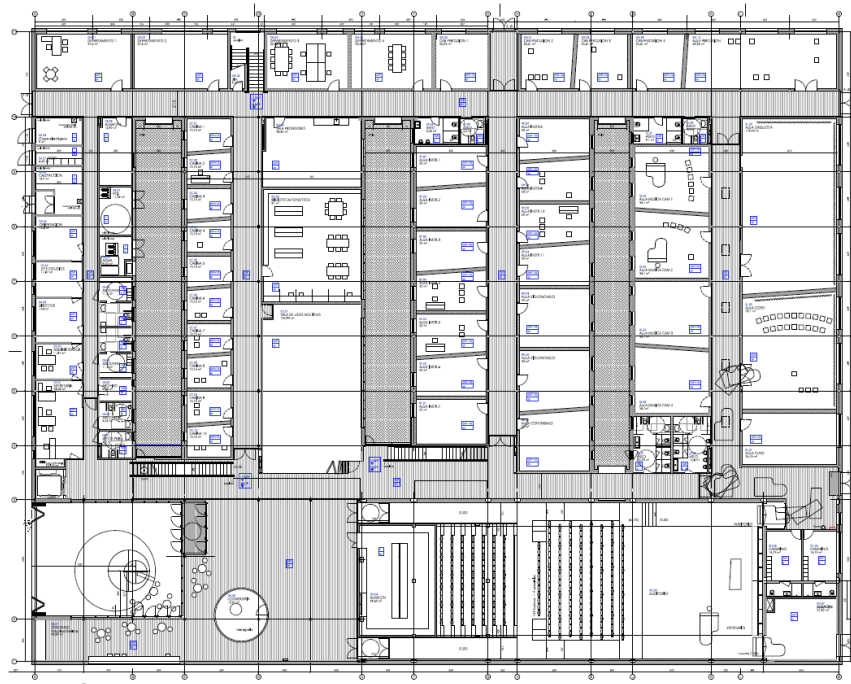


Figura 2.- Planta Baja

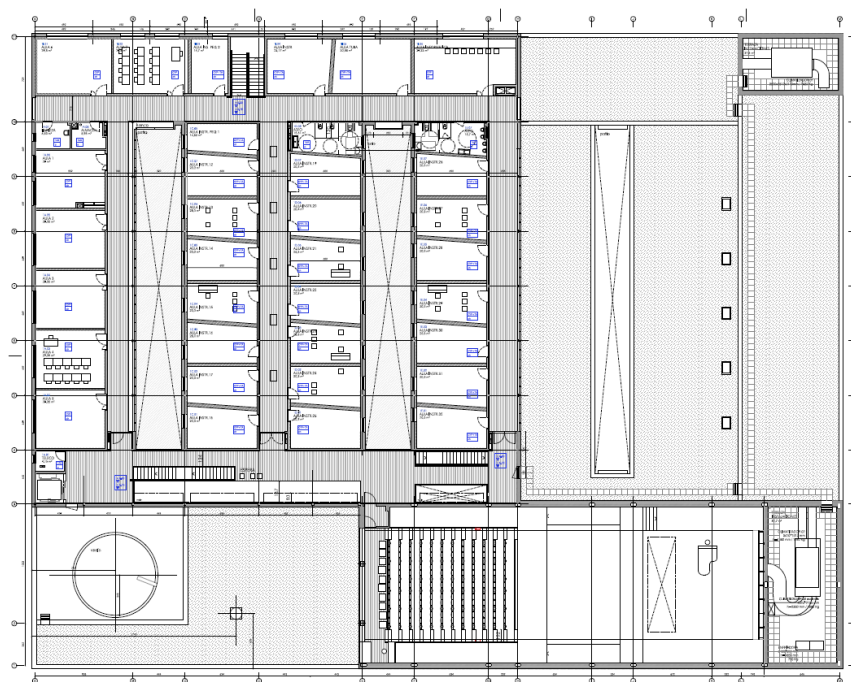


Figura 3.- Planta Primera

3. CRITERIOS DE ÓPTIMA ACÚSTICA

Los objetivos generales exigibles a un recinto para que posea una calidad acústica óptima, varían según el uso a que vaya a ser destinado; sin embargo dentro de esa variación existe un propósito general que puede definirse como buena comunicación, tanto en palabra como en música, entre la fuente sonora (orquesta, orador, etc.) y el observador (el director de la orquesta, la audiencia, etc.).

Las condiciones acústicas de la Sala se ven afectadas por consideraciones puramente arquitectónicas tales como forma y volumen del recinto, tratamiento de las superficies interiores, capacidad, etc.

Algunos de los factores exigibles a los grandes recintos son:

3.1 Adecuada Sonoridad

La señal sonora que le llega a la audiencia de un recinto singular es la suma de las contribuciones del sonido directo y del reflejado por las distintas superficies que configuran el recinto. El sonido directo sufre una atenuación con la distancia al ser absorbido por la propia audiencia así como por las paredes y el mobiliario.

Con el fin de asegurar un nivel sonoro adecuado en todo el recinto, se debe diseñar éste de forma que la audiencia este lo más próxima posible a la fuente, reduciendo consecuentemente el camino que debe recorrer el sonido.

Por otra parte, la fuente sonora debe rodearse de superficies reflejantes a fin de aumentar por reflexión la energía sonora que recibe el oyente.

Igualmente se deberán proyectar convenientemente las superficies de la sala de forma que la onda reflejada por ellas alcancen a la audiencia eficazmente.

En consecuencia el área y el volumen de un recinto deben guardar una cierta relación, a fin de asegurar que la distancia que recorren los sonidos directos y reflejados es la óptima para una buena audición.

Existen unos ciertos valores para esta relación en función de la actividad principal a la que esta destinado el recinto; así para salas donde predomina la palabra, dicha relación varía entre 2,5 y 5,5 m³/persona; para salas de conciertos, entre 7,0 y 11,0 m³/persona y para recintos multiuso entre 5,0 y 8,0 m³/persona.

Las paredes paralelas deben evitarse a fin de eliminar ecos múltiples (flutter). Igualmente deben situarse superficies reflejantes en determinadas zonas del recinto, a fin de reforzar el sonido directo mediante reflexiones cortas (retrasos inferiores a 30 – 40 milisegundos) creando una mayor sensación de “intimidad”.

3.2 Difusión del sonido

Una de las características fundamentales de las buenas Salas de audición es una buena difusión sonora.

La distribución del sonido en el interior de un recinto es función exclusivamente de su geometría y de los elementos decorativos que la configuran. Es difícil de medir y más aún de calcular.

En general grandes superficies planas o cóncavas no difunden bien el sonido. Por el contrario, irregularidades, superficies convexas, elementos decorativos, etc., con volúmenes suficientemente grandes, reflejan el sonido en diferentes direcciones siendo por tanto buenos difusores. Una buena difusión sonora asegura una buena distribución sonora.

3.3 Tiempo de Reverberación

El tiempo de reverberación de un recinto (lapso de tiempo que transcurre desde que cesa la señal sonora hasta que el nivel desciende 60 dB) es una medida de la permanencia de la energía sonora en este. Este parámetro es sin duda, el valor que mejor caracteriza la calidad acústica de un recinto.

A la vez el tiempo de reverberación es una medida de las propiedades absorbentes o reflejantes de las superficies interiores del recinto.

El tiempo de reverberación óptimo de un recinto destinado a una determinada actividad depende del volumen y de la frecuencia. Para un volumen determinado, el tiempo de reverberación óptimo se suele recomendar para las frecuencias medias (500 - 1000 Hz), ajustando su valor posteriormente a otras frecuencias.

En las Figuras 4 y 5 se presentan los tiempos óptimos recomendados para grandes salas para frecuencias medias (500 Hz y 1000 Hz) para distintos volúmenes y según estén destinadas a actividades musicales o para palabra. En general se pueden resumir esos márgenes de variación para los distintos recintos según la Tabla I.

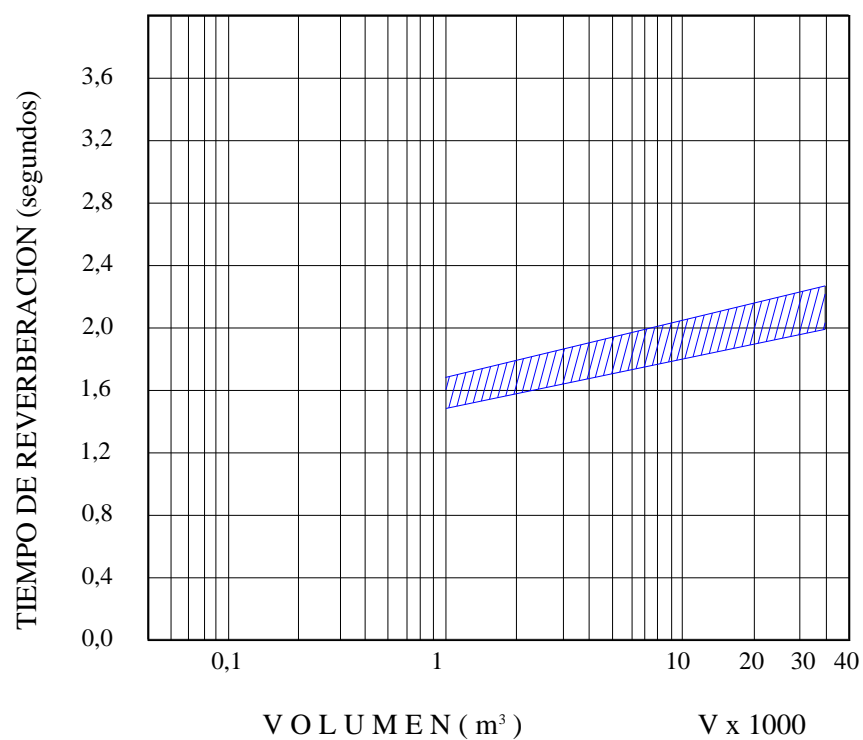


Figura 4.- Tiempo de reverberación óptimo para música

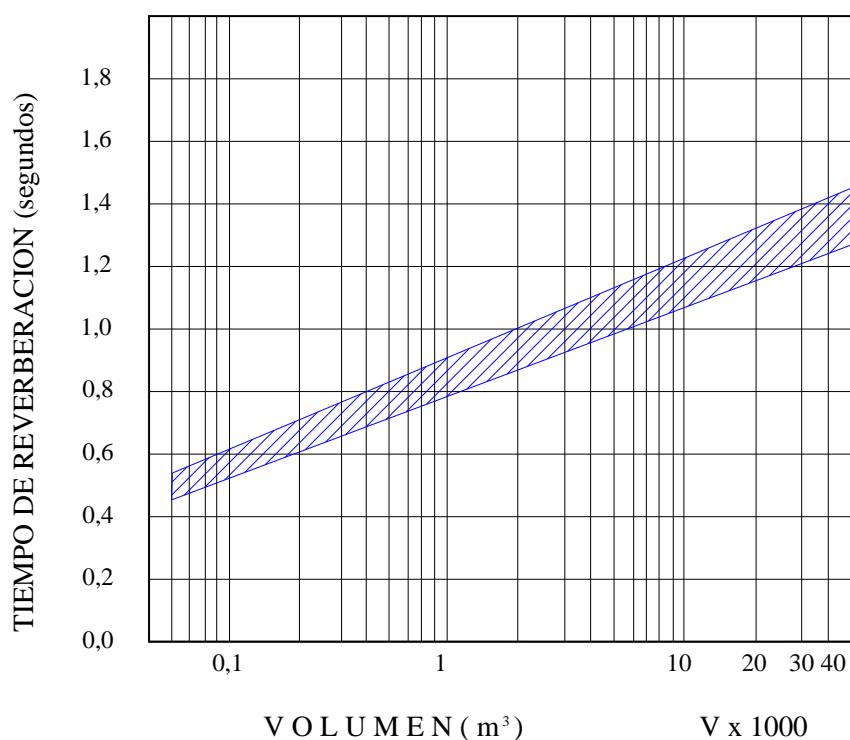


Figura 5.- Tiempo de reverberación óptimo para la palabra

TABLA I	
TIEMPOS DE REVERBERACIÓN ÓPTIMOS A FRECUENCIAS MEDIAS RECOMENDADAS	
AUDITORIOS DE MÚSICA SINFÓNICA	1,7 - 2,2 segundos
AUDITORIOS DE MÚSICA DE CÁMARA	1,4 - 1,7 segundos
TEATROS DE ÓPERA	1,1 - 1,4 segundos
SALAS DE CONGRESOS Y CONFERENCIAS	0,8 - 1,4 segundos
SALAS DE ENSAYO	0,7 - 1,2 segundos
AULAS ENSEÑANZA MUSICAL	0,5 - 1,0 segundos
AULAS DE ENSEÑANZA	0,5 - 1,0 segundos
DESPACHOS	0,5 - 0,7 segundos
VESTÍBULOS	1,0 - 1,2 segundos
BIBLIOTECAS	0,8 - 1,0 segundos
OFICINAS	0,5 - 1,0 segundos

Esos márgenes indicados muestran la variación adecuada en cada caso para distintos volúmenes y los T60 son los tiempos de reverberación medios correspondientes a las frecuencias de 500 y 1000 Hz con las salas ocupadas.

El tiempo de reverberación óptimo de un recinto de audición musical varía ligeramente con la frecuencia, mayor a frecuencias bajas y menor a las altas, respecto a las frecuencias medias, como indica la Figura 6. Un tiempo de reverberación que varíe con la frecuencia según esa curva asegura un equilibrio tonal de la Sala y un sonido cálido.

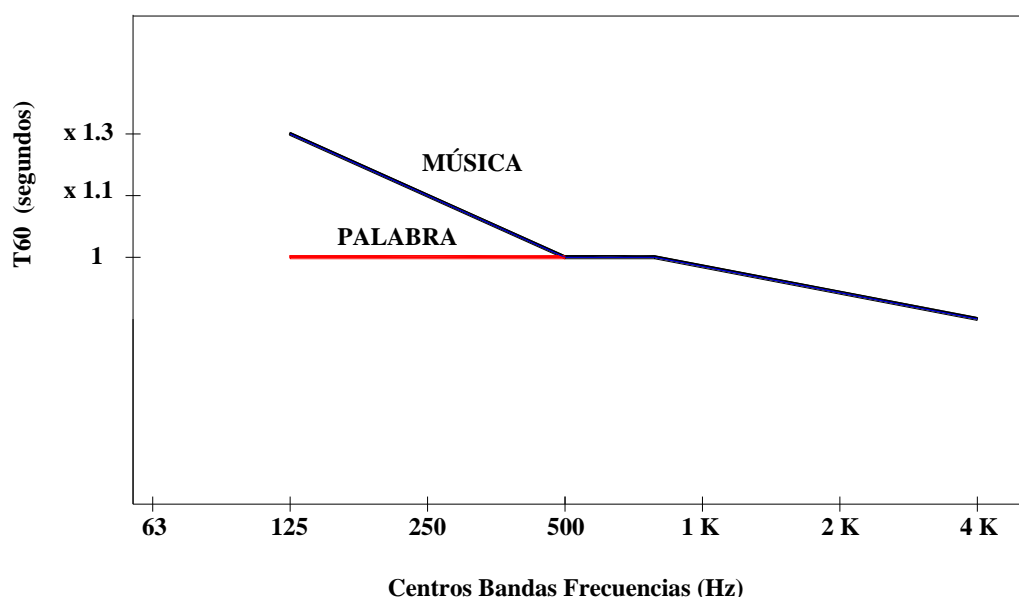


Figura 6.- Variación del tiempo de reverberación con la frecuencia

Para la palabra podía ser uniforme para las distintas frecuencias, aunque no es excesivamente crítico si hay algo más de reverberación dado que la palabra se centra en las frecuencias medias.

Aquellos recintos que poseen un tiempo de reverberación muy corto, se dice que suenan “secos” o “muertos”; por el contrario aquellos que tienen un tiempo largo, se dice que suenan “vivos”.

Un recinto con tiempos de reverberación largos a bajas frecuencias suena “cálido”; si bien es deseable que el tiempo de reverberación sea el adecuado para todas las frecuencias a fin de que sea “rico en tonos”.

Si el recinto tiene un tiempo de reverberación corto y el oyente está próximo a la fuente sonora y existen reflexiones cortas, se dice que el recinto posee “claridad” o “definición”.

3.4 Reflexiones

El proceso de la reverberación no es otra cosa que una serie, casi continua, de reflexiones del sonido en las paredes del recinto, provenientes de casi todas las direcciones. El proceso se especifica a través del tiempo de reverberación, como un resumen de todo lo que ocurre en esas reflexiones y durante el tiempo indicado.

La formación de esas reflexiones tanto como su resumen, es importante para su buena acústica.

En un recinto bien diseñado, los oyentes ignoran las muchas reflexiones que reciben aún cuando en algunos casos su nivel pueda ser más alto que el del propio sonido.

El oído integra el sonido directo y aquellas primeras reflexiones que llegan con pequeños retrasos (inferiores a 30 milisegundos); esa integración se traduce en un aumento de la sensación sonora producida por el sonido directo y por tanto la inteligibilidad aumenta sobre la que existiría en ausencia de esas reflexiones.

Si el retraso de las reflexiones respecto al sonido directo es superior a 90 milisegundos, aún cuando la intensidad de las mismas sea inferior a la del sonido directo, se producen superposiciones de los sonidos y en consecuencia un enmascaramiento de las señales. Un eco claro se produce cuando el retraso con que llega esta reflexión es igual o superior a 90 milisegundos aunque pueden ser detectados para retrasos inferiores.

Para mayor seguridad, retrasos con niveles cercanos al nivel directo superiores a 50 - 60 milisegundos deben ser evitados.

Esas reflexiones singulares presentes en un recinto dependen completamente de su forma, así como de las propiedades absorbentes de las superficies interiores.

En recintos regulares de pequeñas dimensiones, las diferencias de caminos no son grandes y en caso de superficies reflejantes, la sensación es de un recinto reverberante pero sin distinguir claramente reflexiones singulares o ecos.

Por el contrario grandes recintos ofrecen la posibilidad de grandes diferencias de caminos y si las superficies no son absorbentes, los sonidos reflejados pueden tener intensidades similares a los sonidos directos y llegar con largos retrasos, favoreciendo la formación de ecos.

3.5 Nivel de Ruido de Fondo

Se entiende como nivel de ruido de fondo de un determinado recinto, el nivel de ruido que existe en él en ausencia de la actividad para la que fue diseñado. Este ruido es transmitido al interior del recinto por las actividades que se desarrollan en los ambientes vecinos (otras dependencias, tráfico, etc.).

El efecto del ruido de fondo existente en un recinto es el de elevar el umbral de audición, ejerciendo consecuentemente un enmascaramiento de los sonidos deseados, al ser desfigurados y deformados.

Es evidente que el óptimo nivel de ruido de fondo permisible en un determinado recinto depende de las actividades que se desarrollan en su interior. Aquellas actividades que sean perturbadas con mayor facilidad, requerirán en consecuencia un menor nivel de ruido de fondo.

Existen diferentes criterios internacionales aceptados que establecen los niveles máximos adecuados al uso de los distintos recintos, todos ellos definidos en base a que el ruido de fondo no interfiera con la normal actividad que se desarrolla en su interior.

El criterio utilizado más asiduamente para especificar niveles de ruido de fondo adecuados es el conocido como Criterio NC o Curvas NC. Se refieren a ruido de naturaleza constante y especifican, en cada banda de frecuencia, el nivel máximo permitido.

La Figura 7 presenta las curvas desde un valor NC15 a NC65. Para conocer a que curva se asocia un ruido en particular es suficiente con tener un análisis en bandas de octava y superponerlo sobre la Figura 7 e identificar la curva con menor índice NC que no es excedida por ningún valor del espectro medio o calculado.

Desde otro punto de vista, una curva NC puede escogerse para identificar el nivel de ruido máximo exigido en un recinto generado por una o varias fuentes. En el diseño de nuevos recintos, se recomiendan distintas curvas NC según el tipo de construcción y el uso a que van destinadas.

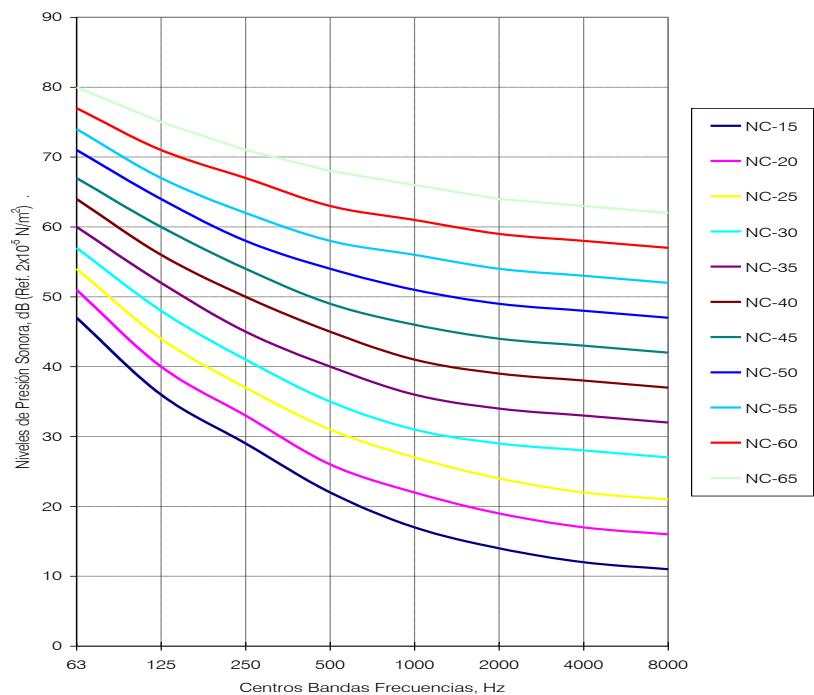


Figura 7.- Curvas NC

Varios autores han recomendado distintos criterios NC para distintos usos de los recintos. La Tabla II presenta un resumen de esos criterios recomendados, aceptados internacionalmente.

Un criterio semejante al NC, exige un nivel de ruido de fondo máximo en términos del nivel sonoro en dB(A). En la mencionada Tabla II se incluye los valores equivalentes a los NC en términos de ese nivel sonoro.

TABLA II		
NIVEL DE RUIDO DE FONDO RECOMENDADO		
Recinto	Curva NC	Nivel Sonoro dB(A)
Auditorios, Teatro Ópera (con posibilidad de grabación) Estudios de grabación	15	20 – 23
Auditorios, Teatros Ópera (sin grabaciones)	20	25 – 28
Salas ensayo musical, Estudios de radio y TV., Teatros, Camerinos individuales, Teatros aire libre (sin refuerzo electrónico)	25	30 – 33
Salas de conferencias, Iglesias, pequeños Auditorios, Aulas de enseñanza musical, Sala de reuniones, Cabinas de control.	25	30 – 35
Cines, Camerinos múltiples, Salas de exposiciones, Museos	27	35 – 38
Aulas de enseñanza, Bibliotecas, Despachos, Aulas de diseño	30	38 – 40

TABLA II (CONTINUACIÓN)

NIVEL DE RUIDO DE FONDO RECOMENDADO		
Recinto	Curva NC	Nivel Sonoro dB(A)
Vestíbulos, Oficinas múltiples, Accesos, Salas de estar, Laboratorio, Restaurantes, Vestuarios.	35	45 – 48
Bares, Cafeterías, Oficinas bancarias, Centros comerciales, Estaciones, Polideportivos, Piscinas, Gimnasio	40	50 – 53
Aseos, Locales técnicos, Almacenes, Talleres ligeros	45	55 – 58

3.6 Inteligibilidad de la palabra (RASTI y %ALCons)

En el exterior, el nivel de presión sonora en el oído del receptor es función inicialmente de la potencia sonora del emisor y de la distancia entre ambos.

Ahora bien, la presencia de un ruido de fondo enmascara la palabra y hace que un determinado número de sílabas dejen de entenderse, dependiendo este número, además de los dos factores anteriormente citados, del nivel de ruido ambiental o de fondo.

En un recinto cerrado existen además del sonido directo (fuente-oyente) reflexiones de las ondas sonoras procedentes de las paredes y techos, que llegan al oído con distintos retrasos respecto a aquel.

Esas reflexiones se multiplican con el tiempo de forma que en un recinto con paredes lisas y reflejantes llegan cientos de esas reflexiones en unas décimas de segundo. Aquellas que llegan con poco retraso (inferior a 30 milisegundos) son integradas por el oído y ayudan a la inteligibilidad al incrementar el nivel del sonido directo. Las más retrasadas pueden causar sin embargo interferencias que reduzcan la inteligibilidad.

La reverberación mencionada anteriormente, no es más que un resumen de todas esas reflexiones procedentes de las superficies de un recinto. Por tanto si aquella es muy alta (T60 largo), a la sílaba recibida directamente se le puede unir la anterior, mantenida en el recinto por esa reverberación, con lo que se crea una confusión.

De ahí la importancia de adecuar los valores tanto del ruido de fondo como del tiempo de reverberación para optimizar la inteligibilidad de la palabra. Esta inteligibilidad es crítica en aquellos recintos donde la palabra es el objetivo primordial como es el caso de teatros, las salas de congresos, aulas, etc.

Dicha inteligibilidad de la palabra se mide en términos del porcentaje de sílabas comprendidas en test de articulación (STI) o por medio de los índices de claridad C_{50} y RASTI.

Ambos valores pueden ser medidos directamente y sus valores óptimos deberían ser entre -2dB y +3dB para el C_{50} y superior a 0.75 para el RASTI (Índice de Transmisión Oral Rápida) ó STI (Índice de Transmisión Oral).

Para los índices RASTI y STI se establecen unos márgenes de valoración y que se recogen en la Tabla III. En dicha Tabla se incluye el parámetro ALCons (Porcentaje de pérdida de consonantes), relacionado con los anteriores y que igualmente sirve para la medida de la inteligibilidad de la palabra y cuyo valor óptimo es 1,4%.

TABLA III		
ÍNDICE DE INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA		
Valoración Subjetiva del grado de Inteligibilidad	STI/RASTI	ALCons, %
Excelente	0,75 – 1,00	1,4% - 0%
Buena	0,60 – 0,75	4,8% - 1,4%
Aceptable	0,45 – 0,60	11,4% - 4,8%
Pobre	0,30 – 0,45	24,2% - 11,4%
Mala	0,00 – 0,30	46,5% - 24,2%

La valoración aceptable por encima de 0,45 (STI/RASTI) y por debajo de 11,4% (ALCons) se utiliza para medida en recintos vacíos.

3.7 Parámetros de ajuste fino

3.7.1 Tiempo de reverberación primario (T10 o EDT)

Es el tiempo calculado a partir del comienzo del descenso sonoro hasta los primeros 10 dB de caída. Es representativo de la sensación de reverberación durante la mayor parte de los pasajes de una obra musical, mientras que el tiempo de reverberación clásico es representativo de la sensación después de un acorde musical.

Idealmente deberían ser iguales, pero el T_{10} depende más de la geometría de la sala y la situación del receptor que el T_{60} . Valores de T_{10} próximos al T_{60} se considera una situación aceptable.

3.7.2 Claridades (C_{50} y C_{80})

La energía primaria, considerada como la resultante del sonido directo más la procedente de las reflexiones primarias es un parámetro importante que determina, cuando se compara con la energía total recibida, la claridad de la sala.

Esa claridad puede determinarse estableciendo varios límites temporales a la hora de definir la palabra primaria o a la hora de considerar las reflexiones como primeras. Por ejemplo el límite puede establecerse en los primeros 36 milisegundos, 50 milisegundos u 80 milisegundos.

Los primeros límites se refieren más a claridad para la palabra y están relacionados con la inteligibilidad de la misma; para la música se acostumbra a utilizar la cifra 80 milisegundos como separación de energía primaria o tardía, mientras que para la palabra el límite temporal es 80 milisegundos.

En salas exclusivamente para la palabra (teatros, salas de conferencias, etc.) se recomiendan valores de C_{50} superiores a 0 o alternativamente el parámetro Definición (D50) con valores óptimos por encima del 50%.

En salas de uso para palabra y música (ópera) o sólo palabra, las contribuciones por parte de reflexiones secundarias (reverberación) son muy adecuadas por lo que se recomiendan para obtener un buen balance que estén comprendidas entre -2dB a los +3dB. Valores situados entre -3dB y +6dB se consideran aceptables.

Para interpretaciones puramente musicales (sinfónica, etc.) se recomiendan valores de C_{80} de -2 dB a +2 dB. Las citadas tolerancias dependen de la dinámica de los pasajes musicales: música lenta tocada en órgano requiere valores muy bajos de C_{80} mientras que interpretaciones de música de cámara o música popular requieren mayor claridad y por lo tanto valores positivos altos de C_{80} . Valores considerados aceptables se sitúan en el margen -3 dB a +3 dB.

Como en tantas cosas el adecuado equilibrio entre la energía primaria y la reverberante permite optimizar la audición.

3.7.3 Energía Lateral (LF)

La Energía Lateral (LF) es la relación de energía que llega lateralmente al oyente en los primeros 80 ms y la energía que llega al oyente en todas las direcciones durante el mismo intervalo de tiempo.

Los valores óptimos se sitúan por encima del valor 20%, si bien se consideran aceptables a partir del 15%.

3.7.4 Tiempo Central (T_s)

Otro parámetro utilizado para evaluar el balance entre la energía primaria y la secundaria es el llamado Tiempo Central (T_s)

A diferencia de los valores de claridad y definición, el tiempo central no usa límites temporales lo que facilita su uso para expresar niveles de inteligibilidad. Bajos valores de T_s indican alta claridad mientras que valores altos indican enmascaramiento de las señales. El límite superior recomendado es 140 milisegundos. Entre 140 y 170 milisegundos la situación se considera aceptable. Se expresa a todas las frecuencias o en el valor medio a frecuencias medias.

3.7.5 Índice de Sonoridad (G)

La capacidad de ofrecer una mayor o menor ayuda a una fuente sonora se mide en términos del Índice de Sonoridad, definido como la relación entre los niveles de presión que recibe una persona de la audiencia y el que recibiría en una cámara anecoica a una distancia de 10 metros.

Actualmente se utiliza el valor de Índice de Sonoridad Medio (G_{mid}) para representar el grado de amplificación de una sala siendo este el encontrado en las frecuencias con centros de banda de 1/1 de octava en 500Hz y 1.000Hz. Valores óptimos se sitúan en valores entre 0 dB y 3 dB, valores adecuados entre 3 dB y 9 dB.

Además del citado índice se usa el índice de sonoridad a bajas frecuencias o G_{125} debido a que es recomendable mantener un nivel alto de dichas frecuencias para obtener el equilibrio tonal requerido sobre todo para las interpretaciones musicales. Los valores óptimos se sitúan entre 5 y 9 dB, valores adecuados entre 9 y 12 dB.

3.7.6 Balances Tonales (Calidez y Brillo)

El Equilibrio Tonal o Calidez define la relación entre el tiempo de reverberación a bajas frecuencias y a frecuencias medias, siendo este un parámetro muy recurrido en la evaluación de las condiciones de una Sala para la reproducción musical.

Debido a su estrecha relación con el tiempo de reverberación clásico, los valores recomendados van de 1,1 a 1,25 para tiempos de reverberación (a frecuencias medias) mayores o iguales a 2,2 segundos y de 1,1 a 1,45 para valores menores o iguales a 1,8 segundos (a frecuencias medias). Para usos predominantes de la palabra el valor recomendado es la unidad.

Por otro lado, el término Brillantez se usa para indicar que el sonido en una sala es claro y rico en armónicos. Este parámetro está definido mediante la relación entre los tiempos de reverberación primarios a altas frecuencias y a medias. Existen dos relaciones de Brillantez; aquella relacionada con la banda de octava centrada en 2.000 Hz y la relacionada con la octava centrada en 4.000 Hz con valores recomendados mayores o iguales a 0,9 y mayores o iguales a 0,8 respectivamente. En todos los casos la brillantez no debe sobrepasar el valor 1.

4. CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION. DB-HR

De acuerdo con el Documento Básico HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre) en su ámbito de aplicación (Punto II), apartado b, indica que se exceptúan de su aplicación: “los recintos y edificios de pública concurrencia destinados a espectáculos, tales como Auditorios, Salas de Música, Teatro, Cines, etc...”

En el presente caso las exigencias acústicas propias del Edificio, tanto de aislamiento como de acondicionamiento acústico, son diferentes a las establecidas en el DB-HR del Código Técnico de la Edificación, si bien en el caso del acondicionamiento las exigencias acústicas pueden considerarse adecuadas, así como la terminología general de parámetros acústicos utilizada en el mismo y su metodología de cálculo.

5. CRITERIOS ACÚSTICOS APLICABLES AL PROYECTOS

5.1 Auditorio

Hay que indicar que el uso predominante del Auditorio es el musical (conciertos), tanto en su actividad de enseñanza, práctica (Sala de Ensayo), actuaciones con público, sin descartar el uso para conferencias, presentaciones, etc. Atendiendo estos usos y a los criterios acústicos existentes al respecto (Punto 3), se han establecido los criterios óptimos para los distintos parámetros acústicos (Tabla IV).

TABLA IV		
CRITERIOS ACUSTICOS. AUDITORIO		
Parámetro	Óptimo	Bueno
T ₆₀ palabra, seg.	0,9 – 1,1	0,9 – 1,2
T ₆₀ música, seg.	1,3 – 1,6	1,2 – 1,6
T ₆₀ compromiso, seg.	1,1 – 1,3	1,0 – 1,4
EDT	≈ T ₆₀	≤ T ₆₀
C ₅₀	-1 dB a + 5 dB	+1 dB a + 7 dB
D	≥ 50%	≥ 40%
C ₈₀	-2 dB a + 2 dB	0 dB a + 6 dB
LF	≥ 20%	≥ 15%
Ts	≤ 140	≤ 180
G	≥ 3 dB	≥ 2 dB
Calidez	1,0 - 1,45	1,0 - 1,2
Brillo	≥ 0,9	≥ 0,8
RASTI	≥ 70 %	≥ 60
Distribución Sonora	≤ 10 dB	≤ 14 dB
Ruido de Fondo	30 dB(A)	35 dB(A)

5.2 Resto de Recintos

Teniendo en cuenta las diferentes actividades y usos que se desarrollarán en los distintos recintos del Conservatorio, así como los criterios existentes al respecto, se pueden definir los tiempos de reverberación óptimos y los niveles de ruido de fondo en cada recinto.

Los tiempos de reverberación (T_{60}) óptimos a frecuencias medias (500 – 1.000 Hz) y el nivel de ruido de fondo (RF) que no se debe superar en los distintos recintos del Edificio son:

	T_{60} , seg.	RF, dB(A)
– Aula de Coro.....	0,8	35
– Aula de Orquesta	0,8	35
– Aulas Música de Cámara.....	0,8	35
– Aulas Instrumentales	0,7	35
– Cabinas practica musical	0,7	35
– Aula de Usos Múltiples	0,7	35
– Cabinas de Percusión	0,7	35
– Aula de Percusión	0,7	35
– Aula de Informática	0,7	35
– Aula no instrumentales.....	0,7	40
– Cabina de Control	0,7	40
– Biblioteca/Fonoteca	0,9	40
– Sala de Profesores	0,8	40
– Vestíbulo/Área Descanso.....	1,3	45
– Despachos	0,8	40
– Departamentos.....	0,8	40
– Camerinos	0,9	40
– Pasillos.....	1,0	45
– Aseos.....	1,1	50
– Almacenes.....	---	55
– Calefacción.....	---	---
– PCI	---	---
– Grupo Electrónico.....	---	---

Los niveles de ruido de fondo que no se deben superar en un recinto se refieren tanto a fuentes sonoras externas (tráfico, etc.) como fuente sonoras propias (aire acondicionado, iluminación, etc.) de forma que a cada contribuyente se le exigirá un valor 5 dB menos que los valores anteriormente indicados. Igualmente a los niveles de ruido de fondo no se permitirá la presencia de tonos puros.

Para los tiempos de reverberación se permite la tolerancia de 0,1 segundo sobre los valores anteriormente indicados, particularmente en las Aulas de Enseñanza Musical, mientras que para el resto de recintos la tolerancia es 0,2 segundos. Estas tolerancias no son aplicables al Auditorio. De la misma forma la tolerancia en los niveles de ruido de fondo medidos es +2 dB(A).

Los tiempos de reverberación establecidos como criterio son acordes con las exigencias establecidas por el DB-HR.

6. AISLAMIENTOS ACÚSTICOS

El aislamiento acústico entre dos recintos se define como la simple diferencia de nivel entre el que se genera por una actividad en uno de ellos (recinto emisor) y el que no se debe superar en el recinto considerado receptor, con objeto de no interferir en el normal desarrollo de su actividad.

Los aislamientos acústicos que se deben cumplir entre recintos se pueden establecer en base a los niveles sonoros típicos que se espera en el interior de los recintos y los criterios de nivel de ruido de fondo establecidos en el Punto 5.

Las exigencias de aislamiento acústico entre recintos son superiores a las indicadas como valores mínimos por el DB-HR, ya que los niveles sonoros que se pueden generar en un Conservatorio de Música son superiores a los que se pueden originar en aquellos regulados por dicha legislación.

6.1 Niveles sonoros típicos

Teniendo en cuenta los usos reflejados en los planos facilitados, los niveles sonoros (NS) típicos esperados en los distintos recintos de los Edificios son:

	NS, dB(A)
– Auditorio	100
– Aula Coro/Orquesta	95
– Aula Música de Cámara.....	95
– Aulas Instrumentales.....	95
– Cabinas práctica musical	95
– Aula de Usos Múltiples	85
– Aula de Percusión	95
– Cabinas de Percusión.....	95
– Aula no instrumentales.....	85
– Cabina de Control	75
– Biblioteca/Fonoteca	75

– Sala de Profesores	75
– Aula Informática.....	85
– Vestíbulo	75
– Despachos	75
– Departamentos.....	75
– Camerinos	75
– Pasillos.....	75
– Aseos.....	75
– Almacenes.....	75
– Instalaciones.....	85

Los niveles sonoros existentes en el exterior del edificio son muy variables, si bien se puede estimar que el nivel sonoro equivalente es 65 dB(A) según el mapa de ruido estratégico de la ciudad de León (Figura 8), alcanzando valores máximos de 85 dB(A) debidos a sirenas, bocinas, etc.



Figura 8.- Niveles sonoros ambientales. Índice Ld

6.2 Aislamientos acústicos necesarios

Los aislamientos acústicos necesarios a ruido aéreo entre recintos son:

	D_{nT} , dB(A).	R, dB(A)
– Entre Auditorio y Camerino	≥ 55	≥ 60
– Entre Auditorio y Pasillos/Vestíbulo.....	≥ 55	≥ 60
– Entre Auditorio y Terraza Instalaciones.....	≥ 55	≥ 60
– Entre Aulas Instrumentales.....	≥ 60	≥ 65

	D_{nT} , dB(A).	R, dB(A)
– Entre Aulas Instrumentales y Pasillo	≥ 40	≥ 45
– Entre Cabinas	≥ 60	≥ 65
– Entre Cabinas y Pasillo.....	≥ 40	≥ 45
– Entre Aula Coro y Aula Orquesta	≥ 65	≥ 60
– Entre Coro y Aula Clave.....	≥ 65	≥ 60
– Entre Coro y Pasillo	≥ 40	≥ 45
– Entre Orquesta y Pasillo	≥ 40	≥ 45
– Entre Aula Percusión y Cabina.....	≥ 65	≥ 70
– Entre Aula Percusión/Cabina y Pasillo	≥ 40	≥ 45
– Entre Aula Informática e Instalaciones.....	≥ 65	≥ 70
– Entre Aulas no Instrumentales.....	≥ 55	≥ 60
– Entre Aulas no Instrumentales y Pasillos	≥ 40	≥ 45
– Entre Despachos	≥ 35	≥ 40
– Entre Despachos y Pasillo.....	≥ 35	≥ 40
– Entre Departamentos.....	≥ 40	≥ 45
– Entre Salas de Profesores y adyacentes	≥ 45	≥ 55
– Entre Biblioteca/Fonoteca y adyacentes	≥ 45	≥ 55

En relación al aislamiento acústico a ruido de impacto, las exigencias están relacionadas con el nivel de ruido de fondo (Punto 5), de forma que dicha exigencia será igual que la establecida para los niveles de ruido de fondo, en particular para los recintos con actividad de práctica musical del Conservatorio.

Los aislamientos acústicos necesarios a ruido aéreo entre recintos y el exterior son:

	$D_{2m,nT}$, dB(A).	R, dB(A)
– Entre Exterior y Auditorio	≥ 55	≥ 60
– Entre Exterior y Aula Coro/Orquesta	≥ 37	≥ 43
– Entre Exterior y Aulas Instrumentales.....	≥ 37	≥ 43
– Entre Exterior y Cabinas	≥ 37	≥ 43
– Entre Exterior y Aulas	≥ 37	≥ 43
– Entre Exterior y Cabinas	≥ 37	≥ 43
– Entre Exterior y Despachos	≥ 32	≥ 38
– Entre Exterior y Departamentos	≥ 32	≥ 38

Para las exigencias de aislamiento a ruido aéreo se permitirá en la medición una tolerancia -3 dB(A), mientras que para los niveles de ruido de impacto la tolerancia permitida será +3 dB(A).

6.3 Aislamiento acústico de puertas y ventanas

Generalmente las puertas y ventanas son elementos débiles desde el punto de vista acústico, debilitando el conjunto de los tabiques o muros donde se alojan. Teniendo en cuenta esta consideración y en particular para los recintos del Conservatorio Profesional, las puertas y ventanas deben ofrecer un aislamiento acústico acorde a donde se encuentren.

Las exigencias de aislamiento acústico para puertas son:

R, dB(A)

– Auditorio	≥45 (exclusa)
– Aula Coro/Orquesta	≥45
– Aula Música de Cámara.....	≥40
– Aulas Instrumentales.....	≥40
– Cabinas	≥40
– Aula de Usos Múltiples	≥35 (tabique móvil)
– Aula de Percusión	≥45
– Cabinas de Percusión.....	≥40
– Aula no instrumentales.....	≥30
– Cabina de Control	≥25
– Biblioteca/Fonoteca	≥25
– Sala de Profesores	≥25
– Aula Informática.....	≥40
– Despachos	≥20
– Departamentos.....	≥20
– Vestíbulos de Planta.....	≥20
– Aseos.....	≥15
– Almacenes.....	≥15
– Instalaciones.....	≥40

Las exigencias de aislamiento acústico para las ventanas son:

R, dB(A)

– Auditorio (pasillo)	≥45
– Auditorio (lucernario).....	≥35
– Aula Coro/Orquesta	≥38
– Aula Música de Cámara.....	≥38
– Aulas Instrumentales.....	≥38
– Cabinas	≥38

R, dB(A)

– Aula de Usos Múltiples	≥35
– Aulas y Cabinas de Percusión	≥38
– Aula no instrumentales	≥35
– Cabinas	≥38
– Cabina de Control	≥30
– Biblioteca/Fonoteca	≥30
– Sala de Profesores	≥35
– Aula Informática	≥38
– Vestíbulo Auditorio	≥30
– Despachos	≥30
– Vestíbulos de Planta	≥25
– Pasillos	≥25
– Aseos	≥20
– Almacenes	≥20

Tanto para las puertas como para las ventanas, se solicitará al fabricante, suministrador o instalador, el ensayo de las características de aislamiento acústico obtenido en laboratorio.

7. ANALISIS DEL PROYECTO

De acuerdo con los Planos facilitados del Proyecto de Ejecución donde se recogen los detalles constructivos de tabiques, suelos, techos, etc., y que se han definido conjuntamente con el Equipo de Arquitectura, el presente Punto realiza un análisis acústico de las condiciones acústicas del Edificio.

7.1 Despachos. Zona Administración

La Tabla V presenta las soluciones previstas en los paramentos de separación y sus características acústicas, así como el valor calculado de sus condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico.

TABLA V						
DESPACHO TIPO. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R _A	L _N	α	D _{nT,A}	L _{nT,A}
Suelo	Sobre forjado: Flotante/Radiante. Acabado caucho	68	33	0,02	---	---
Entre Despachos	Fabrica de ladrillo más trasdosado simple de yeso laminado en ambas caras. Puerta Acabado pintura	53 20		0,02	---	---
Entre Despacho / Pasillo	Fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara Puerta Acabado pintura	55 20		0,02	---	---
Fachada	Fachada ventilada con fábrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara. Ventana con vidrio tipo aislante Acabado pintura	55		0,02	---	---
Techo	Forjado y falso techo suspendido absorbente: Yeso laminado perforado	63		0,70	---	---
Entre Despachos					38	36
Criterio					35	40
Entre Despacho y Aula teórica planta superior					61	36
Criterio					55	40
Entre Despacho y Pasillo					38	36
Criterio					35	40
Entre Despacho y Exterior (D _{2m,nT,Atr})					38	
Criterio (D _{2m,nT,Atr})					32	
Despacho	Tiempo de reverberación, seg.				0,68	
Criterio	Tiempo de reverberación, seg.				0,8	

Los resultados obtenidos cumplen las exigencias establecidas y son extensibles al resto de Despachos de la zona de administración del Conservatorio.

7.2 Departamentos

La Tabla VI presenta las soluciones previstas en los paramentos de separación y sus características acústicas, así como el valor calculado de sus condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico.

TABLA VI						
DEPARTAMENTO TIPO. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Suelo	Sobre forjado: Flotante/Radiante. Acabado caucho	68	33	0,02	---	---
Entre Departamentos	Sistema prefabricado de yeso laminado más trasdosado de doble placa de yeso laminado en ambas caras. Acabado pintura	69		0,02	---	---
Entre Departamento y Pasillo	Fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara Puerta Acabado pintura	55 20		0,02	---	---
Fachada	Fachada ventilada con fábrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara. Ventana con vidrio tipo aislante Acabado pintura	55		0,02	---	---
Techo	Forjado y falso techo suspendido absorbente: Yeso laminado perforado	63		0,70	---	---
Entre Departamentos					63	35
Criterio					40	40
Entre Departamentos y Aula Teórica planta superior					61	36
Criterio					55	40
Entre Departamentos y Pasillo					38	35
Criterio					35	40
Entre Departamentos y Exterior ($D_{2m,nT,Atr}$)					38	
Criterio ($D_{2m,nT,Atr}$)					32	
Departamento	Tiempo de reverberación, seg.				0,63	
Criterio	Tiempo de reverberación, seg.				0,8	

Los resultados obtenidos cumplen las exigencias establecidas y son extensibles al resto de Departamentos.

7.3 Aulas Teóricas

La Tabla VII presenta las soluciones previstas en los paramentos de separación y sus características acústicas, así como el valor calculado de sus condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico.

TABLA VII						
AULAS TEORICAS. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R _A	L _N	α	D _{nT,A}	L _{nT,A}
Suelo	Sobre forjado: Flotante/Radiante. Acabado caucho	68	33	0,02	---	---
Entre Aulas Teóricas	Sistema prefabricado de yeso laminado multicapa. Acabado pintura	60		0,02	---	---
Entre Aula Teórica y Pasillo	Fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara	55		0,02	---	---
	Puerta Acabado pintura	30				
Fachada	Fachada ventilada con fábrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara. Ventana con vidrio tipo aislante Acabado pintura	55		0,02	---	---
Techo	Forjado y falso techo suspendido absorbente: Yeso laminado perforado	63		0,70	---	---
Entre Aulas Teóricas					59	34
Criterio					55	40
Entre Aula teórica y planta inferior					61	35
Criterio					55	40
Entre Aula Teórica y Pasillo					38	35
Criterio					40	40
Entre Aula Teórica y Exterior (D _{2m,nT,Atr})					38	
Criterio (D _{2m,nT,Atr})					37	
Aula Teórica	Tiempo de reverberación, seg.				0,65	
Criterio	Tiempo de reverberación, seg.				0,7	

Los resultados obtenidos cumplen las exigencias establecidas y son extensibles al resto de Aulas.

7.4 Aulas/Cabinas Instrumentales.

La Tabla VIII presenta las soluciones previstas en los paramentos de separación y sus características acústicas, así como el valor calculado de sus condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico.

TABLA VIII						
AULAS INSTRUMENTALES. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Suelo	Sobre forjado: Flotante/Radiante. Acabado caucho	68	33	0,02	---	---
Entre Aulas Instrumentales	Sistema prefabricado de yeso laminado multicapa como elemento base más trasdosado de triple yeso laminado ambas caras. Acabado pintura	72		0,02	---	---
Entre Aula Instrumental y Pasillo	Fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara	55		0,02	---	---
	Puerta Acabado pintura	40				
Fachada	Fachada ventilada con fábrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara. Ventana con vidrio tipo aislante Acabado pintura	55		0,02	---	---
Techo	Forjado. Barrera acústica y falso techo suspendido absorbente: Yeso laminado perforado	75		0,70	---	---
Entre Aulas Instrumentales					65	34
Criterio					60	35
Entre Aula Instrumentales y planta inferior/superior					66	30
Criterio					60	35
Entre Aula Instrumental y Pasillo					41	34
Criterio					40	35
Entre Aula Instrumental y Exterior ($D_{2m,nT,Atr}$)					38	
Criterio ($D_{2m,nT,Atr}$)					37	

TABLA VIII (Continuación)						
AULAS INSTRUMENTALES. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Aula Instrumental	Tiempo de reverberación, seg.				0,62	
Criterio	Tiempo de reverberación, seg.				0,7	

Los resultados obtenidos cumplen las exigencias establecidas y son extensibles al resto de Aulas Instrumentales, Aulas de Música de Cámara, Cabinas, Aulas de Tuba y Violonchelo.

7.5 Cabinas y Aula de Percusión.

La Tabla IX presenta las soluciones previstas en los paramentos de separación y sus características acústicas, así como el valor calculado de sus condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico.

TABLA IX						
AULA / CABINAS DE PERCUSION. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Suelo	Sobre forjado: Flotante/Radiante. Acabado caucho	68	33	0,02	---	---
Entre Cabinas de Percusión y entre esta y Aula de percusión	Sistema prefabricado de yeso laminado multicapa como elemento base más trasdosado de triple yeso laminado ambas caras. Acabado pintura	73		0,02	---	---
Entre Cabinas/ Aula de Percusión y Pasillo	Fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara Puerta Acabado pintura	55 45		0,02	---	---
Fachada	Fachada ventilada con fábrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara. Ventana con vidrio tipo aislante Acabado pintura	55		0,02	---	---
Techo	Forjado. Barrera acústica y falso techo suspendido absorbente: Yeso laminado perforado	75		0,70	---	---

TABLA IX (Continuación)						
AULA / CABINAS DE PERCUSIÓN. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Entre Aula/Cabinas de Percusión					66	34
Criterio					65	35
Entre Aula/Cabina de Percusión y planta superior					66	30
Criterio					65	35
Entre Aula/Cabina de Percusión y Pasillo					41	34
Criterio					40	35
Entre Aula/Aula de Percusión y Exterior ($D_{2m,nT,Atr}$)					38	
Criterio ($D_{2m,nT,Atr}$)					37	
Aula de Percusión	Tiempo de reverberación, seg.				0,61	
Criterio	Tiempo de reverberación, seg.				0,7	

Los resultados obtenidos cumplen las exigencias establecidas y son extensibles al resto de Aulas y/o Cabinas de Percusión.

7.6 Aulas de Orquesta y Coro.

La Tabla X presenta las soluciones previstas en los paramentos de separación y sus características acústicas, así como el valor calculado de sus condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico.

TABLA X						
AULAS DE ORQUESTA Y CORO. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Suelo	Sobre forjado: Flotante/Radiante. Acabado caucho	68	33	0,02	---	---
Entre Aula de Orquesta y Coro	Sistema prefabricado de yeso laminado multicapa como elemento base más trasdosado de triple yeso laminado ambas caras. Acabado pintura	73		0,02	---	---
Entre Aula de Orquesta y/o Coro y Pasillo	Fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara Puerta Acabado absorbente con placa de yeso perforado	57 45		0,7	---	---

TABLA X (Continuación)						
AULAS DE ORQUESTA Y CORO. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Fachada	Fachada ventilada con fábrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara. Ventana con vidrio tipo aislante Acabado pintura y absorbente	55		0,5	---	---
Techo	Forjado. Barrera acústica suspendido de sistema de placas yeso laminado	75		0,04	---	---
Entre Aula de Orquesta y Coro					67	30
Criterio					65	35
Entre Aulas de Orquesta y Coro y planta superior (cubierta)					73	29
Criterio					65	35
Entre Aulas de Orquesta y Coro, y Pasillo					41	33
Criterio					40	35
Entre Aulas Orquesta/Coro y Exterior ($D_{2m,nT,Atr}$)					39	
Criterio ($D_{2m,nT,Atr}$)					37	
Aula de Orquesta	Tiempo de reverberación, seg.				0,57	
Aula de Coro	Tiempo de reverberación, seg.				0,52	
Criterio	Tiempo de reverberación, seg.				0,7	

Los resultados obtenidos cumplen las exigencias establecidas y son extensibles al Aula de Coro y Aula de Clave.

7.7 Auditorio.

La Tabla XI presenta las soluciones previstas en los paramentos de separación y sus características acústicas, así como el valor calculado de sus condiciones de aislamiento y acondicionamiento acústico.

TABLA XI						
AUDITORIO. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Suelo	Sobre forjado: Sistema de formación de pendientes. Acabado caucho en Sala Tarima de madera en Escenario	73	30	0,02	---	---

TABLA XI (Continuación)						
AUDITORIO. CONDICIONES ACUSTICAS						
Separación	Breve descripción	R_A	L_N	α	$D_{nT,A}$	$L_{nT,A}$
Entre Auditorio y Pasillo	Doble fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado perforada en una cara	58		0,6	---	---
	Puertas en esclusa	50				
	Doble ventana	50				
	Acabado absorbente con placa de yeso perforado. Caucho					
Entre Auditorio y Vestíbulo	Fábrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado en una cara Acabado absorbente con placa de yeso perforado. Caucho	57		0,2	---	---
Fachada	Doble fabrica de ladrillo más trasdosado de doble yeso laminado perforada en una cara Acabado absorbente con placa de yeso perforado. Caucho	58		0,6	---	---
Techo	Forjado. Techo de placa de yeso laminado y madera ranurada	68	33	0,08	---	---
Entre Auditorio y Vestíbulo					56	30
Criterio					55	30
Entre Auditorio y Pasillo					56	30
Criterio					55	30
Entre Exterior y Exterior ($D_{2m,nT,Atr}$)					56	
Criterio ($D_{2m,nT,Atr}$)					55	
Auditorio	Tiempo de reverberación, seg.				1.19	
Criterio	Tiempo de reverberación, seg.				1,1-1,3	

7.8 Otras observaciones

En relación a las soluciones constructivas diseñadas y recogidas en el Proyecto de Ejecución, en este Punto se describen aquellas con especial interés desde el punto de vista acústico. Las observaciones son:

- Los acabados de suelos en Pasillos y Vestíbulos son de caucho, de forma que es un buen reductor de ruido de impactos. Condición muy favorable desde el punto de vista acústico.

- Los acabados de techos en Pasillos y Vestíbulos son absorbentes sonoros (placa de yeso perforada), de forma que estos espacios se encuentran con acondicionamiento acústico siguiendo las recomendaciones del DB-HR. Condición muy favorable desde el punto de vista acústico.
- En todos los recintos con práctica musical se han diseñado con paramentos enfrentados no paralelos lo que es adecuado para evitar efectos de ondas estacionarias.
- En todos los recintos con práctica musical se han previsto puertas con el aislamiento acústico a ruido aéreo requerido.
- Todas las ventanas del Conservatorio se han previsto con el aislamiento acústico a ruido aéreo establecido como criterio.
- Las Instalaciones Mecánicas de cubierta se encuentran situadas dentro de un cerramiento perimetral que actúa como barrera acústica, permitiendo el cumplimiento de las exigencias legislativas en el medio ambiente exterior (Tabla XII), establecidas por la Ordenanza Municipal del Excmo. Ayuntamiento de León.

TABLA XII		
NIVELES EN EL MEDIO AMBIENTE EXTERIOR, dB(A)		
Zonas Urbanas	Día (8-22 horas)	Noche (22-8 horas)
a) Zonas de equipamiento sanitario	45	35
b) Zonas de viviendas, oficinas y servicios terciarios no comerciales o equipamientos no sanitarios	55	45
c) Zonas de actividades comerciales	65	55
d) Zonas industriales y de almacenes	70	55
En zonas de equipamiento sanitario el período día comprende entre las 8,00 y las 21,00 horas, mientras que la noche corresponde al resto.		

8. SIMULACION SONORA DEL AUDITORIO

La simulación sonora mediante programa informático, permite conocer la respuesta acústica de la Sala a los diferentes parámetros acústicos que definen su calidad acústica. Como datos de partida se conoce su geometría, los acabados previstos y las condiciones básicas de las butacas a instalar.

8.1 Breve descripción geométrica

La Sala tiene planta rectangular de dimensiones 34,0 x 13,3 m y una altura media de 6,5 m. La superficie del Escenario es 139 m².

El volumen libre de la Sala es 2.380 m³ y su capacidad 358 butacas, lo que representa una relación de 6,6 m³/butaca, valor este que se encuentra en el rango establecido como óptimo para recintos multiuso (5-8 m³/butaca).

La relación superficie de audiencia/butacas es 0,86, valor ligeramente superior al criterio establecido como óptimo, esto es 0,5 – 0,7.

La totalidad del audiencia se coloca frente al Escenario en dos planos inclinados, con distinta pendiente, situación muy adecuada acústicamente, pues permite la buena visibilidad y por tanto la buena escucha.

8.2 Terminados Interiores

Los terminados definidos en el Proyecto Arquitectónico son:

- Suelo Sala: Pavimento de caucho.
- Suelo Escenario: Tarima madera.
- Paredes: Caucho hasta cierta altura y placas de yeso laminado liso o perforado con absorción sonora.
- Techos: Falsos techos de placas de yeso laminado 15 mm de espesor en franja perimetral y paneles de madera ranurada (sin perforaciones) en la zona central.

8.3 Butacas

Por la importancia de las butacas en la respuesta acústica de una Sala singular, es imprescindible que la absorción acústica de las butacas sea compatible con el tiempo de reverberación óptimo establecido.

Esto implica que la butaca a instalar, con independencia de su diseño, calidad, confort, etc., debe presentar unos coeficientes de absorción determinados.

Igualmente, la absorción de las butacas ha de seguir una variación con la frecuencia similar a la mostrada en la Figura 9 (hay que hacer notar que estos coeficientes de absorción vienen expresados en Sabines métricos (m^2)). En la Figura 10 se presenta el mismo criterio de absorción pero por butaca.

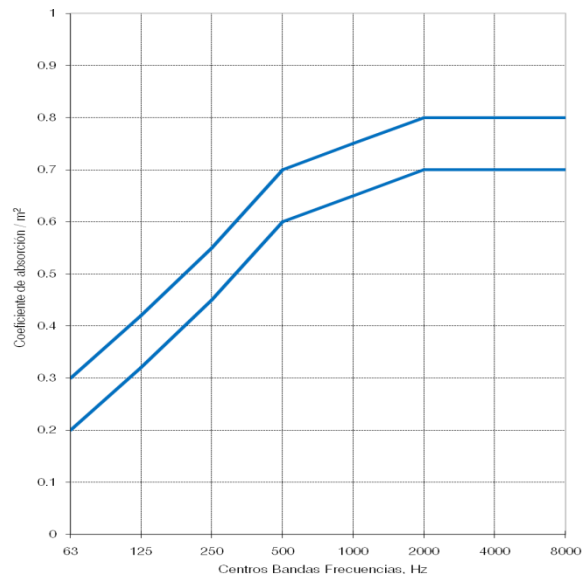


Figura 9.- Margen de absorción permitido para butacas. Sin público

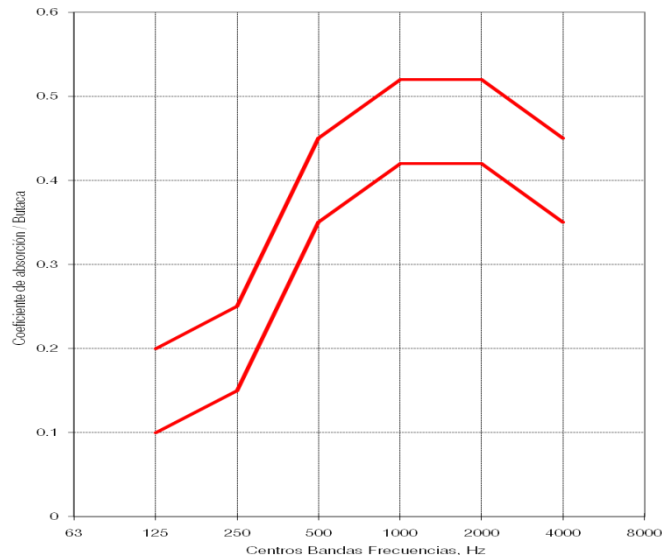


Figura 10.- Coeficiente de absorción exigido para butacas. Sin público

A esta absorción habrá que añadirle la absorción introducida por el público. Este puede considerarse como un incremento sobre el ofrecido por la butaca del orden de 0,2 en el coeficiente a frecuencias medias y altas y 0,1 a bajas.

8.4 Programa de Simulación Sonora

Para los cálculos de respuesta acústica del Auditorio, se ha utilizado el programa informático de simulación acústica CATT-Acoustic v8.0. Dicho programa está basado en los Modelos Acústicos Geométrico y Estadístico.

En la simulación informática de la Sala, y tras la introducción de las coordenadas geométricas de sus diferentes superficies y la definición de los materiales que configuran estas, es posible:

- Hacer una evaluación de las primeras reflexiones generadas por todas o determinadas superficies de un recinto a través del Método de Reflejado de Fuentes o ISM.
- Obtener una representación de los Parámetros Acústicos en una determinada área de Audiencia mediante el Método de Trazado de Rayos (RTM) basado, a su vez, en las leyes de la Acústica Geométrica que permiten asumir que, a determinadas frecuencias, el comportamiento del sonido es similar al de la luz (los ángulos de incidencia y reflexión son iguales, y los rayos incidente, reflejado y la normal están en el mismo plano)
- Conocer a detalle el campo sonoro existente dentro del modelo de simulación mediante el Método del Trazado de Conos (RTC).

Las ventajas del modelo de simulación acústica informático son: rapidez de cálculo, introducción de cambios en la geometría, posibilidad de ubicación de varias fuentes sonoras y obtención de datos de la respuesta acústica impulsional de la Sala.

Los inconvenientes o limitaciones del sistema son: en el uso de teoría de rayos, gran cantidad de estos que se requiere para ofrecen resultados adecuados (con el consiguiente tiempo de cálculo), limitación del número de superficies y la interacción entre datos objetivos y la valoración subjetiva.

8.5 Cálculos de la Simulación Sonora

En el Anexo A se presentan planos en planta del Auditorio mostrando los resultados obtenidos en los cálculos realizados para los distintos parámetros acústicos mostrando, con una valoración cromática los resultados obtenidos.

La Figura 11 muestran los Tiempos de reverberación en bandas de frecuencia de 1/1 octava calculados.

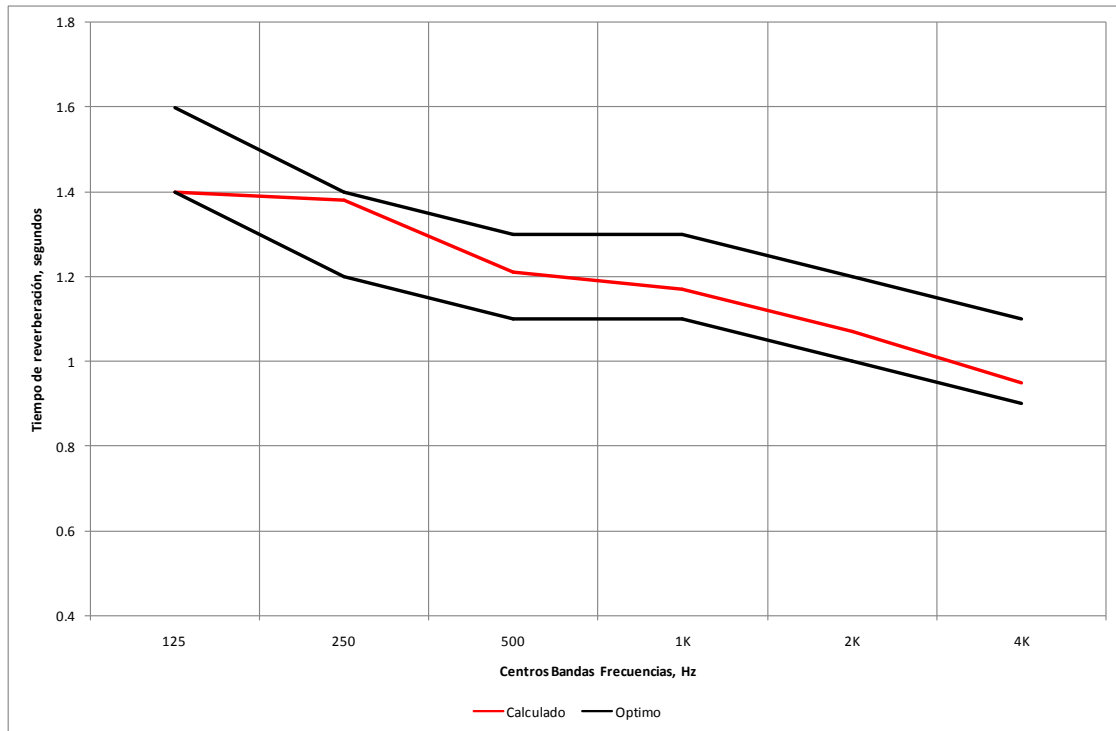


Figura 11.- Tiempos de reverberación calculados y criterio.

8.6 Análisis de los Resultados

Estos resultados obtenidos en los cálculos realizados permiten establecer:

- Tiempos de reverberación: suponiendo el recinto totalmente ocupado, los valores se encuentran dentro del rango establecido como “óptimo compromiso” para frecuencias medias (500 Hz y 1.000 Hz), es decir 1,19 segundos. Igualmente se observa una respuesta uniforme, lo que es muy adecuado desde el punto de vista acústico.
- Claridad 80 (C80): en el 91% de la audiencia se encuentra dentro el rango “óptimo” y el 100 % dentro del rango “bueno”. Respuesta óptima.
- Definición D50: en el 76% de la audiencia se supera el valor “óptimo” y el 100% supera el valor considerado “bueno o aceptable”. Condición favorable.
- La Distribución Sonora: muy uniforme, pues el 100% de la audiencia escucha la señal sonora dentro el rango de 8 dB(A) establecido como criterio “óptimo”.
- Tiempo Central (Ts): en toda la audiencia, el valor calculado cumple las exigencias establecidas como “óptimas”.

- Energía Lateral (LF): el 92% de la audiencia se encuentra dentro del rango “bueno”
- Índice de Sonoridad (G): toda la audiencia se encuentra dentro del rango “óptimo”.
- RASTI: el 100% de la audiencia está dentro del rango “bueno.”
- La Calidez se encuentra en el rango “óptimo”
- El Brillo se encuentra en el rango “bueno”

Como resumen de los cálculos realizados con los terminados señalados en la Tabla IV y su posterior análisis, se puede indicar que la respuesta acústica del Auditorio es totalmente válida, para el carácter multiuso del mismo y que todos los parámetros acústicos se encuentran dentro de los rangos “óptimo” y “bueno”.

Anexo de los resultados de la simulación sonora del Auditorio

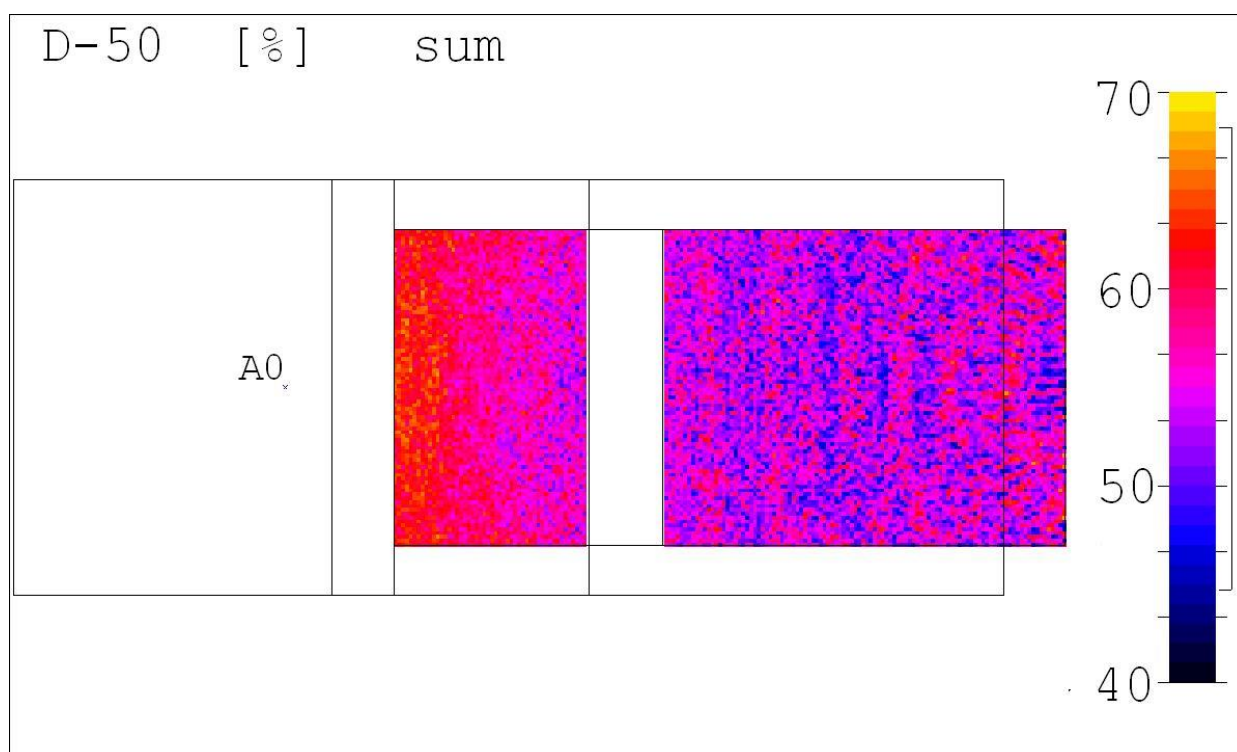


Figura A1.- Definición (D50)

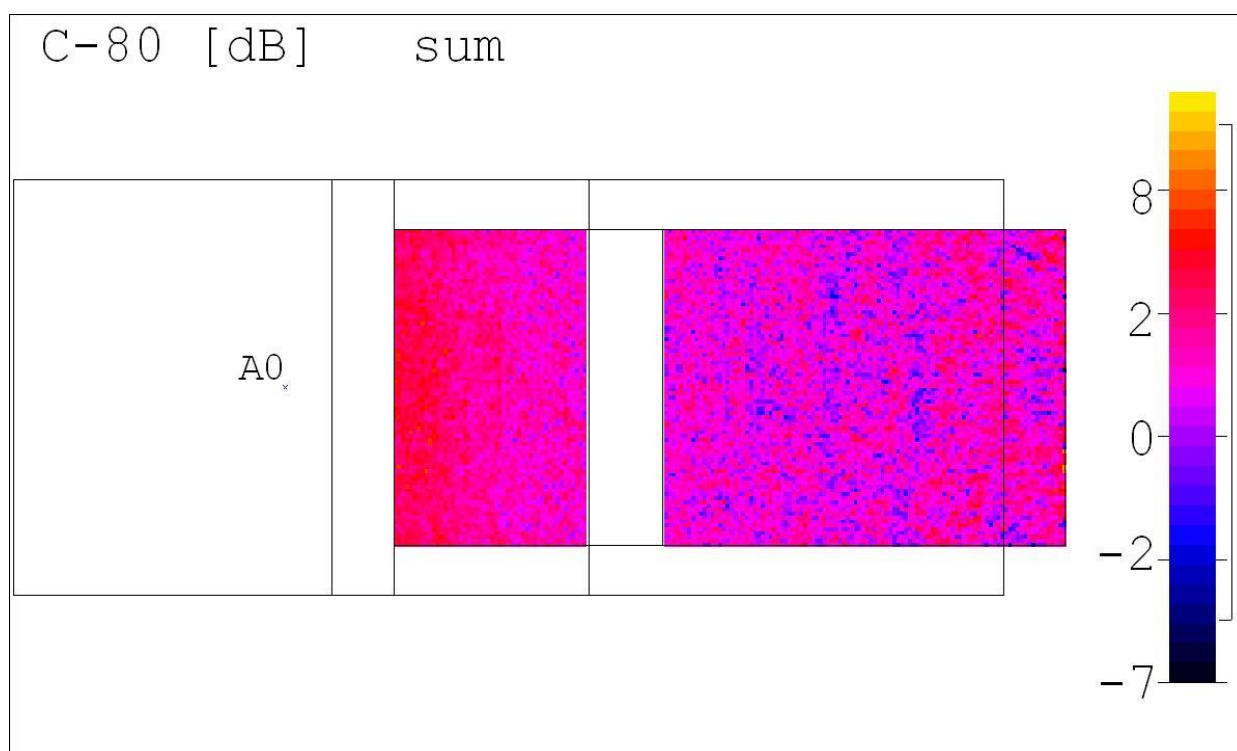
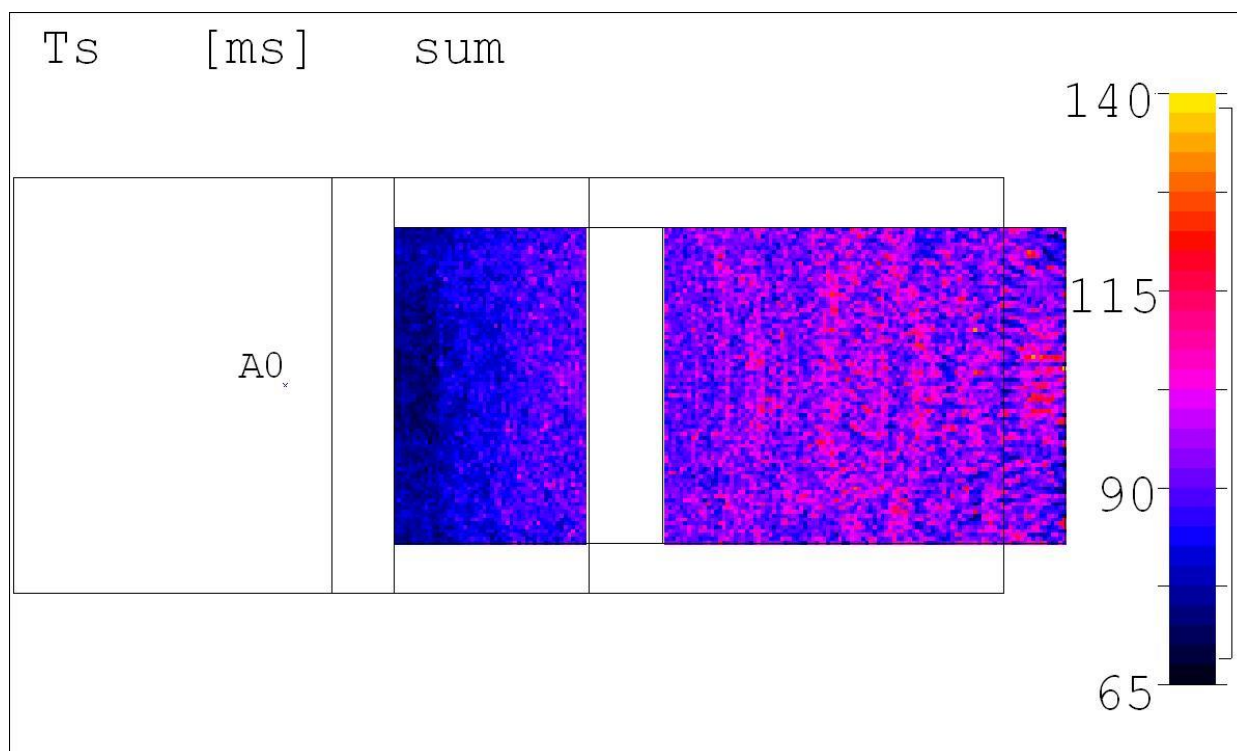
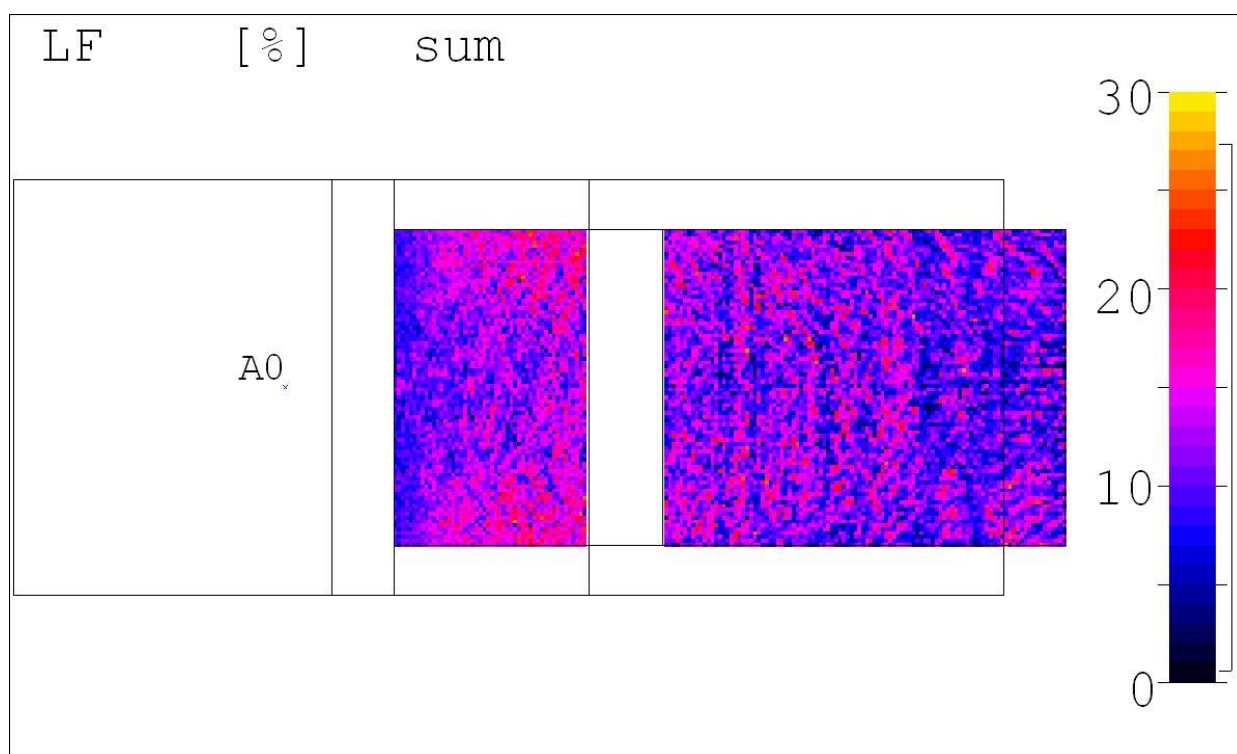


Figura A2.- Claridad musical (C80)



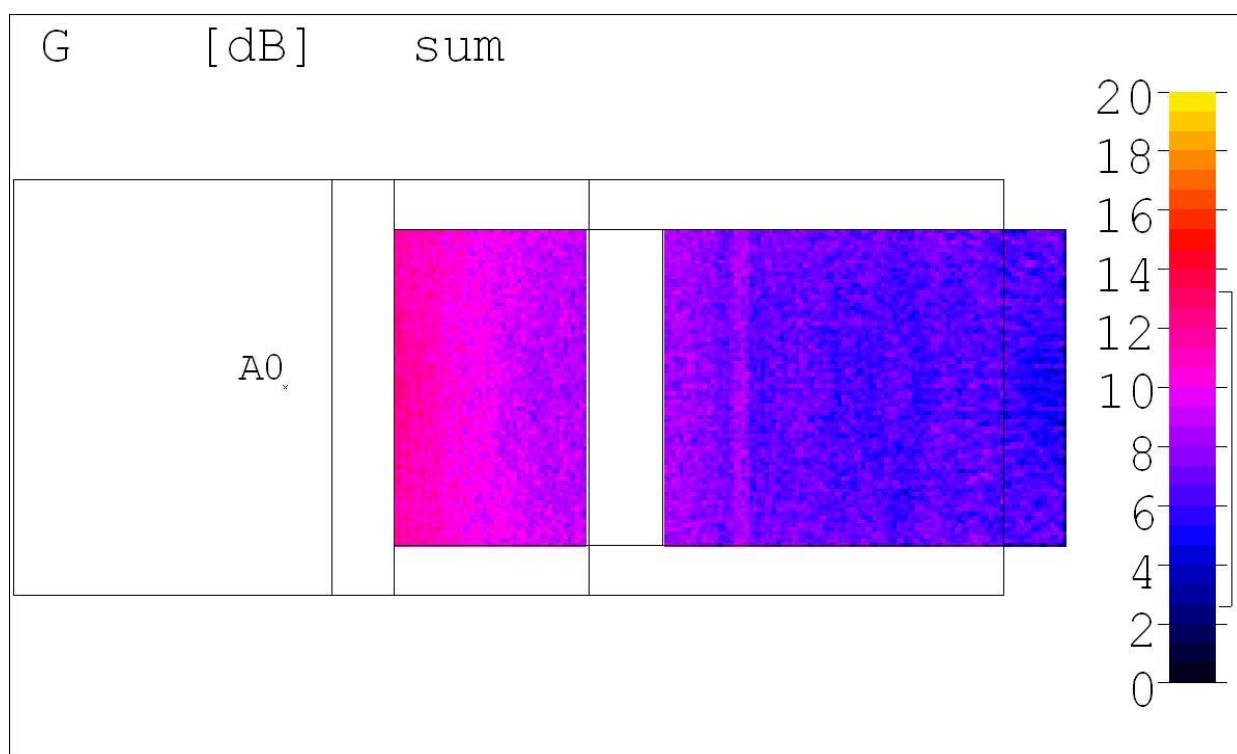


Figura A5.- Intensidad Sonora (G)

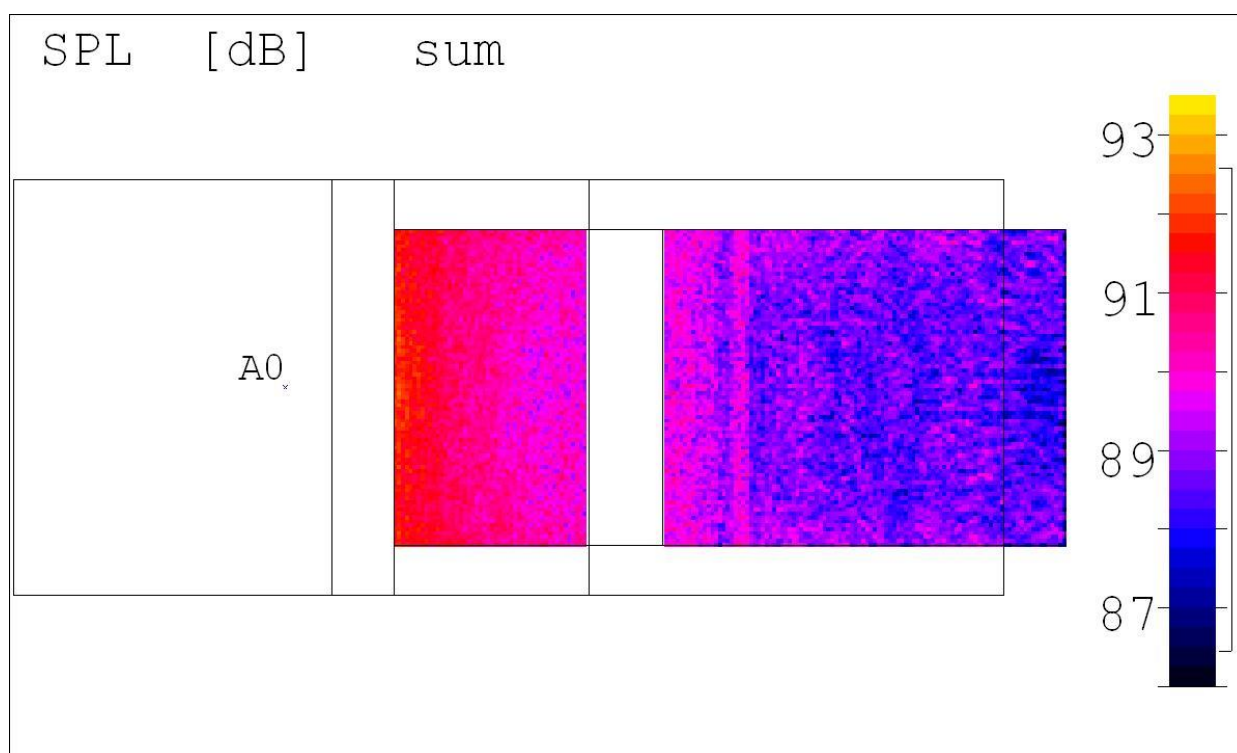


Figura A6.- Distribución Sonora (SPL)

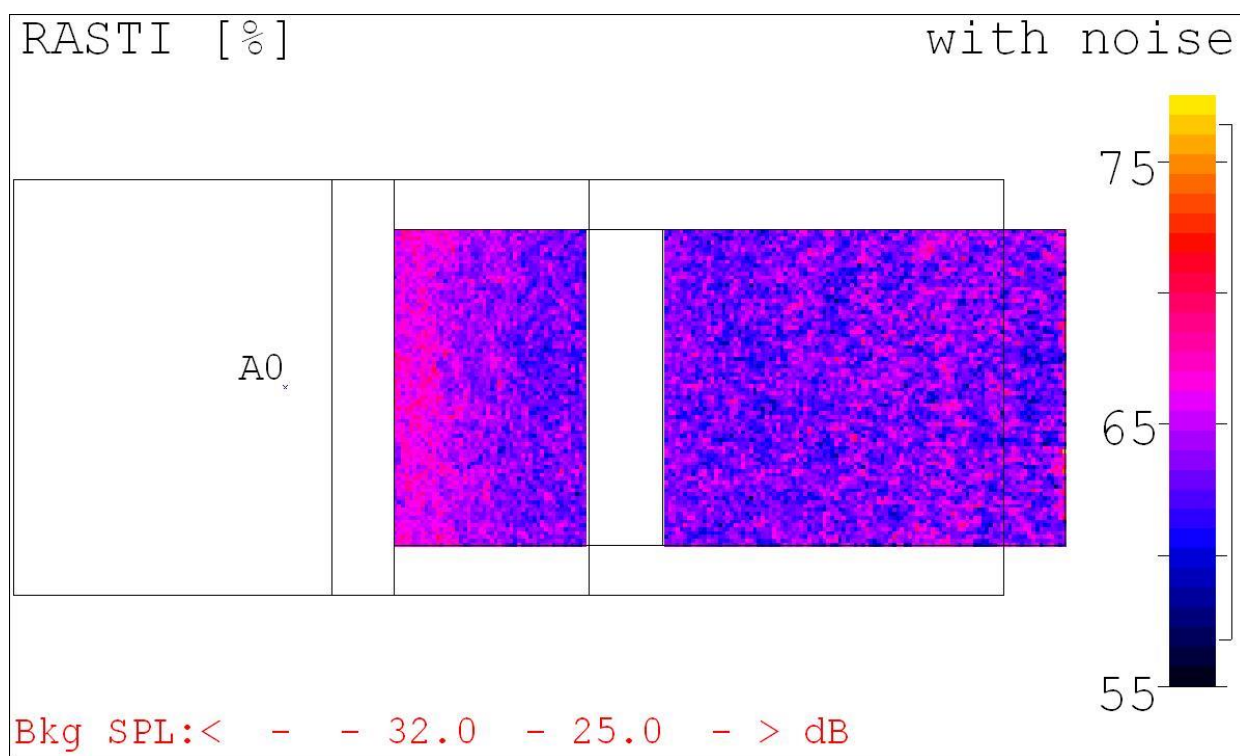


Figura A7.- Inteligibilidad de la Palabra (RASTI)