

UN ACERCAMIENTO A LOS PAISAJES SONOROS DE LA CIUTAT VELLA DE BARCELONA

PACS: 43.75.St.

Josep Llorca¹, Jesús Alba², Héctor Mendoza¹, Ernesto Redondo¹

¹Universtat Politècnica de Catalunya. Departament de Representació Arquitectònica. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona.

²Universitat Politècnica de València. Centro de Tecnologías Físicas: Materiales, Acústica y Astrofísica. Escuela Politécnica Superior de Gandía.

¹Av. Diagonal, 649. ²C/Paraninfo nº 1

¹08028 Barcelona. ²46730 Grao de Gandía

^{1,2}España

¹+34 93 401 63 29 / 63 3. ²+34 96 294 93 00

{[josep.llibre@upc.edu](mailto:Josep.Llorca@upc.edu), jesalba@fis.upv.es, hector.mendoza@upc.edu, ernesto.redondo@upc.edu}

Palabras Clave: paisaje sonoro, arquitectura, música, acústica urbana.

ABSTRACT

Architectural environments lend their ordinary sounds to the world of music. Not only the comprehension of the architectural fact in its totality must be based on visual aspects, but also on other architectural manifestations. One of special interest is the acoustic one. The comprehension of the architectural representation from the soundscape, its assessment hearing its spaces and elements, constitutes one of the objectives of the doctoral thesis "From music to architecture: The soundscape as architectural design tool". In this work some results and first valuations are presented in a first phase in which the valuation of sonorous and musical ambient in the Ancient City of Barcelona are assessed by previous controlled reproduction.

RESUMEN

Los entornos arquitectónicos prestan sus sonidos ordinarios al mundo de la música. Comprender el hecho arquitectónico en su totalidad no sólo debe basarse en el aspecto visual sino que debe abogar también por otras manifestaciones de la arquitectura. Una de especial interés es la acústica. Entender la representación arquitectónica desde el paisaje sonoro, valorándola desde la escucha de sus espacios y elementos, es uno de los objetivos de la tesis doctoral "A la arquitectura desde la música: El paisaje sonoro como herramienta de proyecto arquitectónico". En este trabajo se presentan resultados y primeras valoraciones de una primera fase en la que se pretende valorar ambientes sonoros musicales ya existentes en la Ciutat Vella de Barcelona, mediante reproducción previa controlada.

Introducción

El casco antiguo de Barcelona, también conocido como Barrio Gótico o Ciutat Vella, es uno de los complejos urbanos preferidos para los músicos callejeros de esta ciudad. La ausencia de tráfico rodado, el pintoresquismo de su arquitectura y una acústica particular, hacen que sea el entorno ideal para la interpretación musical al aire libre. En este entorno, cuatro emplazamientos son de particular interés por sus características acústicas: la Plaça de Sant Felip Neri es uno de los rincones más silenciosos de la Ciutat Vella y, aunque no muy concurrido por turistas, presenta un escenario ideal para la música íntima. La Plaça del Rei, en cambio, es un recinto abarrotado por el gentío que presenta una arquitectura y acústica dignos de estudio. La Plaça de Sant Lu por el contrario, hace de su tamaño comedido y situación de paso un lugar idílico para la interpretación camerística. Por último, el final del Carrer de Santa Llúcia es el paradigma del cruce de calles donde un evento musical atrae al público cada sábado al atardecer. Cuatro entornos -una plaza silenciosa, una plaza de grandes dimensiones, un ensanchamiento de calle y un cruce- que muestran la riqueza espacial y acústica de este casco antiguo de Barcelona.

Ante estos cuatro entornos, proponemos realizar un análisis acústico de cada uno de ellos, considerándolos como quasi-recintos cerrados. Dado que los cuatro entornos están casi cerrados en todas las direcciones espaciales, hemos considerado estudiarlos como salas cerradas donde el techo o cielo es el único paramento absorbente. Para el estudio se ha seguido un procedimiento de medición ya explicado en (Llorca et al. 2017). El estudio acústico de cada una de los entornos comprende el análisis de cada uno de los parámetros acústicos que a continuación detallamos.

Descripción de los ensayos

El estudio de los cuatro entornos se realiza montando un sistema de reproducción-grabación de forma que se emite una señal impulsiva que previamente se ha calibrado en la Cámara Anecoica de la Escuela Politécnica Superior de Gandía y que se capta en diferentes posiciones de cada entorno. En las figuras/esquemas siguientes se muestran las posiciones de medida elegidas. Cada uno de los puntos de grabación se subdivide en dos canales correspondientes al izquierdo (L) y al derecho (R). Por lo tanto, la nomenclatura de cada grabación consiste en el número de punto de grabación seguido por un guion bajo y las letras L o R: 1_L, 1_R, 2_L, 2_R, etc. Se muestra también alguna fotografía de los entornos.



1. Equipo de reproducción-grabación en la cámara anecoica de la EPSG y en la Plaça de Sant Felip Neri.

Una vez obtenidas las grabaciones de las diferentes respuestas al impulso en los puntos decididos, se obtienen diferentes parámetros de calidad acústica mediante procesado de la señal. Los parámetros que se estudian son los siguientes:

Tiempo de reverberación (T_s): Cuando se para una fuente sonora que esté radiando en un recinto determinado, un oyente, situado en la sala, seguirá oyendo el sonido durante un lapso de tiempo en el que la energía presente en ésta tarde en ser absorbida por sus superficies límites (Arau Puchades 1999). El T_s corresponde al tiempo de caída del sonido asociado a la pendiente de los primeros 60dB de caída. El T_s de una sala varía con la frecuencia considerada.

Generalmente, para salas destinadas a aplicaciones musicales: música sinfónica, ópera, etc. T_s es mayor a baja frecuencia y va disminuyendo a medida que la frecuencia aumenta. Este espectro típico de reverberación se conoce con el nombre de *curva tonal*.

Tiempo de reverberación inmediato, Early Decay Time (EDT): Es el tiempo de reverberación asociado a la pendiente de los primeros 10 dB de caída. El EDT está más relacionado con la impresión subjetiva de la reverberación de un recinto que el T_s (Arau Puchades 1999). Con el objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala, es preciso que el valor medio de los EDT correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 kHz sea del mismo orden que T_s . (Carrión Isbert 1998) (227).

Claridad para la palabra (C50): Los valores de C50 que se registran varían dependiendo del punto de escucha. Según Carrión Isbert (Carrión Isbert 1998), el valor recomendado de C50 correspondiente a cada punto de una sala ocupada debe verificar que $C50 > 2$ dB. Cuanto más elevado sea dicho valor, mejor será la inteligibilidad de la palabra y la sonoridad en el punto considerado.

Definición (D50): Si la Definición del sonido incrementa, quiere decir que la sala se halla mejor preparada para la expresión hablada, como puede ser el caso de las salas de teatro, o salas de conferencia. Así, cualquier valor de D50 igual o superior a 65% es un valor adecuado para ese tipo de salas. En cambio, una sala dedicada a conciertos que tiene buena acústica, en la zona de las frecuencias centrales de 500 y 1000 Hz, presenta un índice de definición inferior a 50%. En las salas de conciertos, a medida que el Índice de Definición aumenta, subjetivamente tenemos la impresión de que la calidad acústica el recinto empeora (Arau Puchades 1999).

Claridad musical (C80): Los valores de C80 que se registran varían dependiendo del punto de escucha y de la banda de octava. Beranek (Beranek 2004) recomienda para la sala vacía que el valor medio de los C80 correspondientes a las bandas de 500 Hz, 1kHz y 2kHz se sitúe preferentemente entre: $-4 \leq C80 \leq 0$ dB. En todos los casos deben evitarse valores de C80 superiores a +1 dB.

Sonoridad (G): Los valores de la G se mantienen muy similares en cada uno de los puntos de medición. En particular, se corresponden aproximadamente a una recta decreciente desde los graves ($G=30$) hasta los agudos ($G=10$). Si, según la norma UNE-EN ISO 3382 (AENOR n.d.) se recomiendan valores de G entre 4 y 5,5, los cuatro entornos estudiados sobrepasan con exceso esos valores, lo que insinúa que los entornos refuerzan mucho el sonido, sobre todo en los graves.

En el apartado siguiente se muestran los resultados obtenidos.

Parámetros de calidad de los entornos

Estudio de los parámetros acústicos en los distintos entornos.

Tiempo de reverberación (T_s):

En la tabla 1 se muestran los resultados del tiempo de reverberación.

En esa Plaça de Sant Felip Neri (arriba izquierda) se puede observar claramente cómo el tiempo de reverberación aumenta progresivamente a medida que nos alejamos del foco desde valores que corresponden a una sala de conferencias ($T_s = 0,7 - 1,0$: punto 1), un teatro de ópera ($T_s = 1,2 - 1,5$: punto 2), sala de conciertos de música de cámara ($T_s = 1,3 - 1,7$: puntos 3 y 4) y una sala de conciertos de música sinfónica ($T_s = 1,8 - 2,0$: punto 5), según los valores recomendados por Carrión (Carrión 1998).

La Plaça del rei (arriba derecha) presenta valores típicos de una sala de música sinfónica a medida que nos alejamos del foco. La Plaça de Sant Lu (abajo izquierda) tiene una curva típica a una sala de conferencias en todos los puntos interiores a la plaza, con excepción del punto del callejón, que se comporta ya como un salón de música de cámara. El Carrer de Santa Llúcia (abajo derecha) presenta características propias de un teatro de ópera para los puntos 1, 2 y 3, es decir, los puntos frontales al foco, mientras que presenta características propias de una sala sinfónica en los puntos traseros al foco.

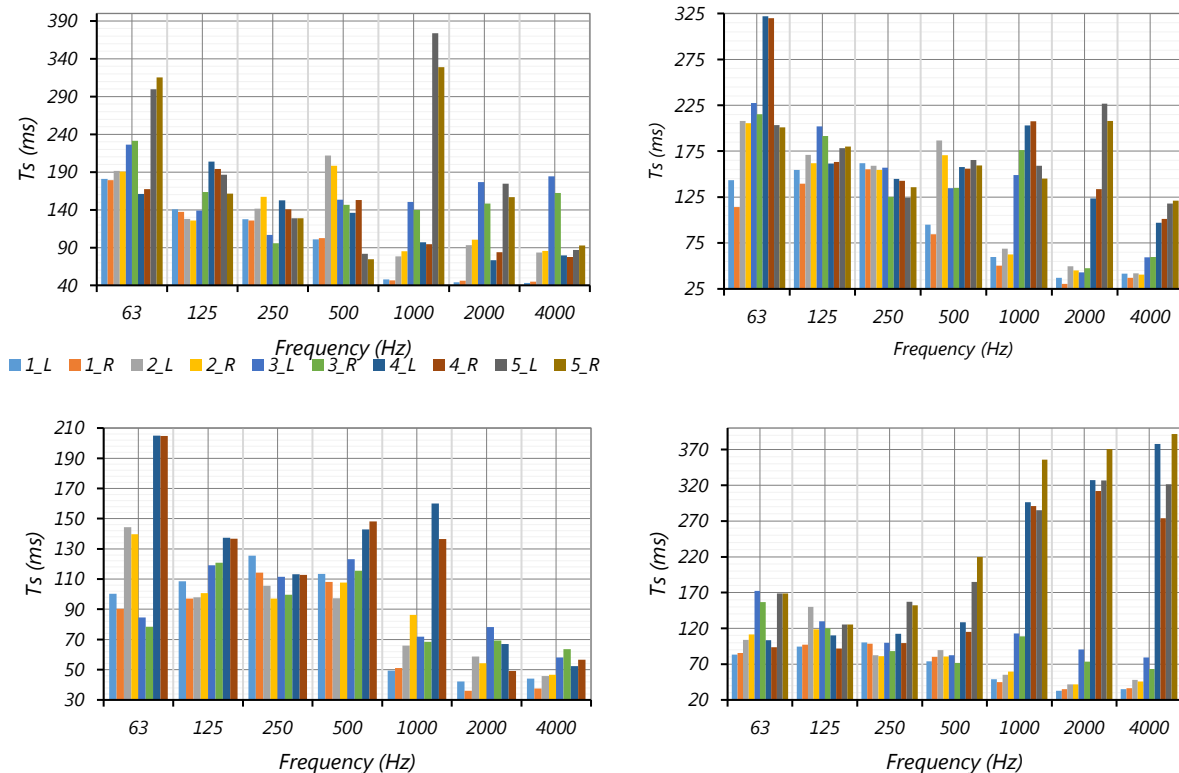


Tabla 1. Tiempo de reverberación (T_s)

Sonoridad (G)

En la tabla 2 se muestran los resultados de la sonoridad.

En la Plaça de Sant Felip Neri (arriba izquierda) sólo superan los 2 dB las grabaciones del punto 1 y 2 (es decir, las más cercanas al foco) en frecuencias agudas, por lo que podemos deducir que la plaza no es clara para la palabra en su mayor parte de puntos y frecuencias. En la Plaça del rei (arriba derecha) nos encontramos a primera vista en una situación similar, aunque se puede ver que en el punto 1 la claridad es muy buena en frecuencias medias-altas y a medida que nos alejamos del foco, pero siempre encarados a él –es decir, en los puntos 1, 2 y 3- la claridad se restringe sólo a las frecuencias altas, mientras que en los puntos de medición laterales, la claridad está por debajo de los niveles admitidos.

La Plaça de Sant Lu (abajo izquierda) presenta un esquema similar al ya visto a las dos salas anteriores, en cuanto a la claridad de la palabra: mala claridad para frecuencias bajas-medias y mejora de la claridad en frecuencias altas. Obsérvese que el punto 4 es el único que no sigue la forma típica de los demás puntos, debido a que es el que se encuentra en el callejón de acceso a la plaza y no dentro de la plaza misma y su comportamiento es distinto.

En el Carrer de Santa Llúcia (abajo derecha) se puede observar una progresiva caída de la claridad de la palabra desde el punto 1 hasta el punto 5 en frecuencias medias-agudas. Este dato indica que Sólo son admisibles los valores de la claridad en los puntos 1 y 2 en frecuencias medias-altas. Considerando que este entorno es usado con mucha frecuencia para la interpretación de ópera y que la mayoría del público se coloca en la zona ocupada por los puntos 1 y 2, podemos decir con propiedad que la adecuación de la acústica del entorno a su uso cotidiano es muy favorable.

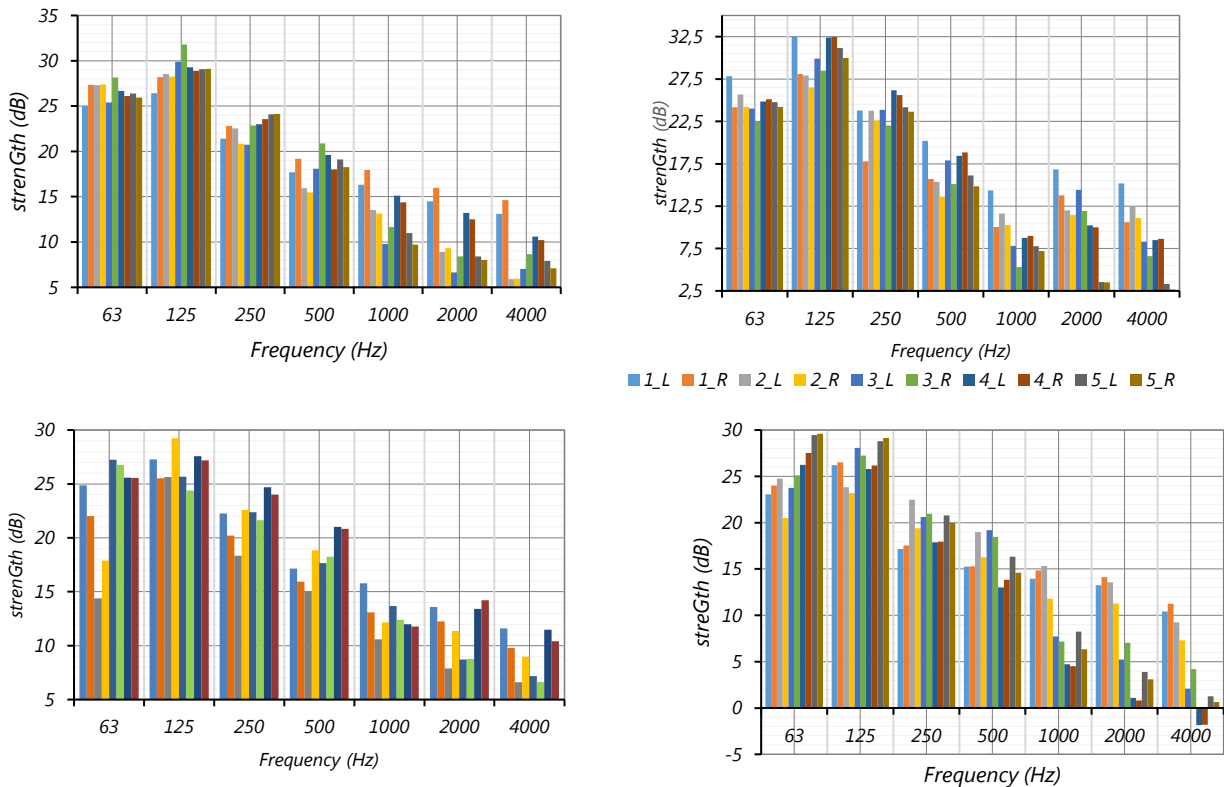


Tabla 2. Sonoridad (G)

Claridad musical (C80)

En la tabla 3 se muestran los resultados de la claridad musical.

En la Plaça de Sant Felip Neri (arriba izquierda) vemos claramente que todos los valores se mantienen por encima de los -4 dB pero son superiores a +1 dB a partir de los 2kHz en los puntos 1, 2 y 4. Comparando los valores de C50 y C80, podemos deducir que la sala es más clara para la música que para la palabra. En la Plaça del rei (arriba derecha) los valores de los puntos 3, 4 y 5 se mantienen en su mayor parte dentro de los límites deseados. En cambio, en los puntos 1 y 2, los valores de claridad suben por encima de +1 dB, por lo que esos puntos no son óptimos para una buena claridad musical. Esta plaza tiene una buena claridad musical en los puntos lejanos al foco, es decir, aquellos que ya se encuentran en campo reverberante y no en campo directo.

En la Plaça de Sant lu (abajo izquierda) tan sólo se encuentran valores dentro de los límites deseados en frecuencias bajas-medias. En cambio, en las bandas de frecuencia recomendadas, los valores superan con creces el criterio del +1 dB. Estos datos, comparados con los de C50, hacen ver que esta plaza se adecúa mejor a la palabra que a la música. Se trata de una plaza en la que la palabra hablada se entiende bien, aunque la música no queda favorecida.

En el Carrer de Santa Llúcia (abajo derecha) se puede observar una mejor claridad musical en los puntos 3, 4 y 5. Curiosamente, son los puntos en que se observó una peor claridad para la palabra C50, lo que nos insinúa que aquellos puntos que son mejores para la palabra no son los óptimos para la música, y viceversa.

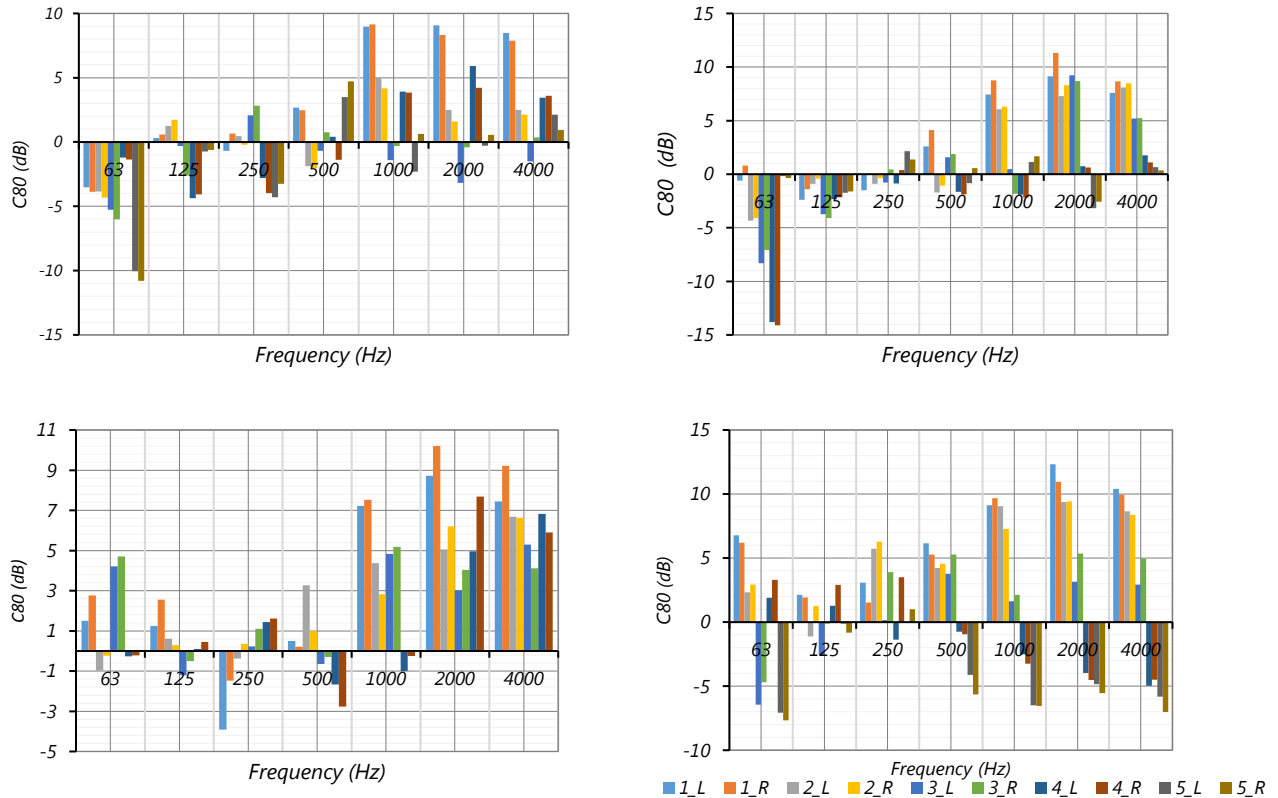


Tabla 3. Claridad musical (C80)

Definición (D50)

En la tabla 4 se muestran los resultados de la definición.

En la Plaça de Sant Felip Neri (arriba izquierda) vemos claramente que los valores de definición se mantienen inferiores a 50% en frecuencias bajas pero comienzan a superar el 50% en las altas (a partir de los 500Hz), sobre todo en los puntos 1,2 y 4. Lo que esto significa es que la sala es idónea para la música en los puntos 3 y 5 (los puntos laterales y lejanos al foco) y mejor para la palabra en los puntos 1, 2 y 4 (los puntos cercanos o centrados con el foco).

En la Plaça del rei (arriba derecha), los puntos 1, 2 y 3, que son los que se encuentran en línea recta frente al foco tienen una definición que supera el 50% en las frecuencias altas, por lo que se puede decir que estos puntos son adecuados para la palabra hablada. Los laterales, en cambio, mantienen sus valores de definición por debajo del 50%, por lo que se puede decir que son adecuados para la música. Estos datos reafirman, junto con los revisados de C50 y C80, que la plaza tiene una buena acústica para la música y no tan buena para la palabra.

La Plaça de Sant lu (abajo izquierda) presenta una tendencia similar para casi todos los puntos de medición, excepto el que se hizo en el callejón de entrada. En particular, la D50 supera el 65 % en frecuencias altas y está por debajo del 50% en frecuencias medias-bajas. Por lo tanto, de nuevo, reafirmamos que esta plaza responde mejor a la palabra y que tiene demasiada definición

para la música. Quizá por esta razón, y dado su tamaño, es ideal para cantantes solistas o acompañados por instrumentos de cámara, como aparece en la fotografía.

El Carrer de Santa Llúcia (abajo derecha) presenta una tendencia a disminuir la definición a medida que nos alejamos de la fuente o estamos por detrás de ella. En particular, los puntos 1 y 2 son más aptos para la palabra o la ópera, mientras que los puntos 3, 4 y 5 presentan características mejores para la música. De nuevo, podemos constatar que la zona donde se coloca el público general pertenece a los puntos 1 y 2.

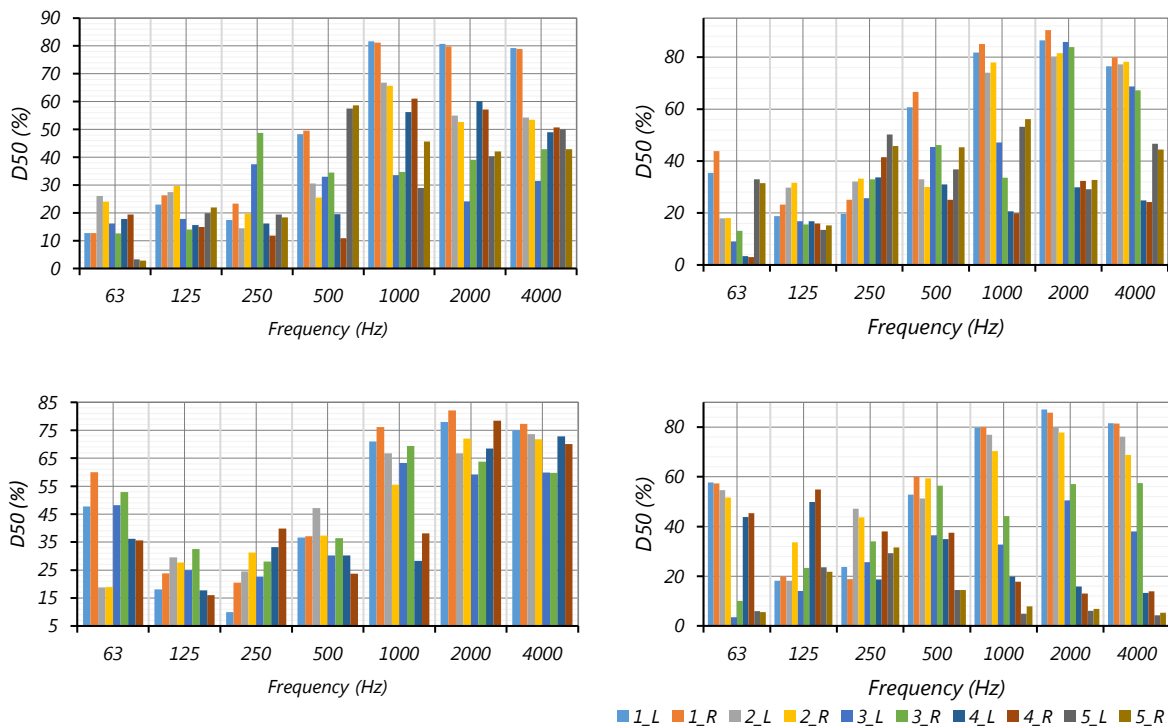


Tabla 4. Definición (D50)

Tiempo de reverberación inmediato. Early Decay Time (EDT)

En la tabla 5 se muestran los resultados del tiempo de reverberación inmediato.

En la Plaça de Sant Felip Neri (arriba izquierda) vemos que los valores de EDT en 500 Hz y 1kHz son similares a los de T_s , excepto el pico de T_s en el punto 5, que debe ser resultado de un error de medición ya que en el momento de la grabación hay mucho ruido de fondo. Los valores de EDT que se registran en los puntos 1, 2, 3, y 4

Tanto en las plazas del rei (arriba derecha), Sant Felip Neri (abajo izquierda) y el Carrer de Santa Llúcia (abajo derecha), las los niveles de EDT se asemejan mucho a las de T_s , lo que hace concluir que hay una buena difusión del sonido en dichos entornos.

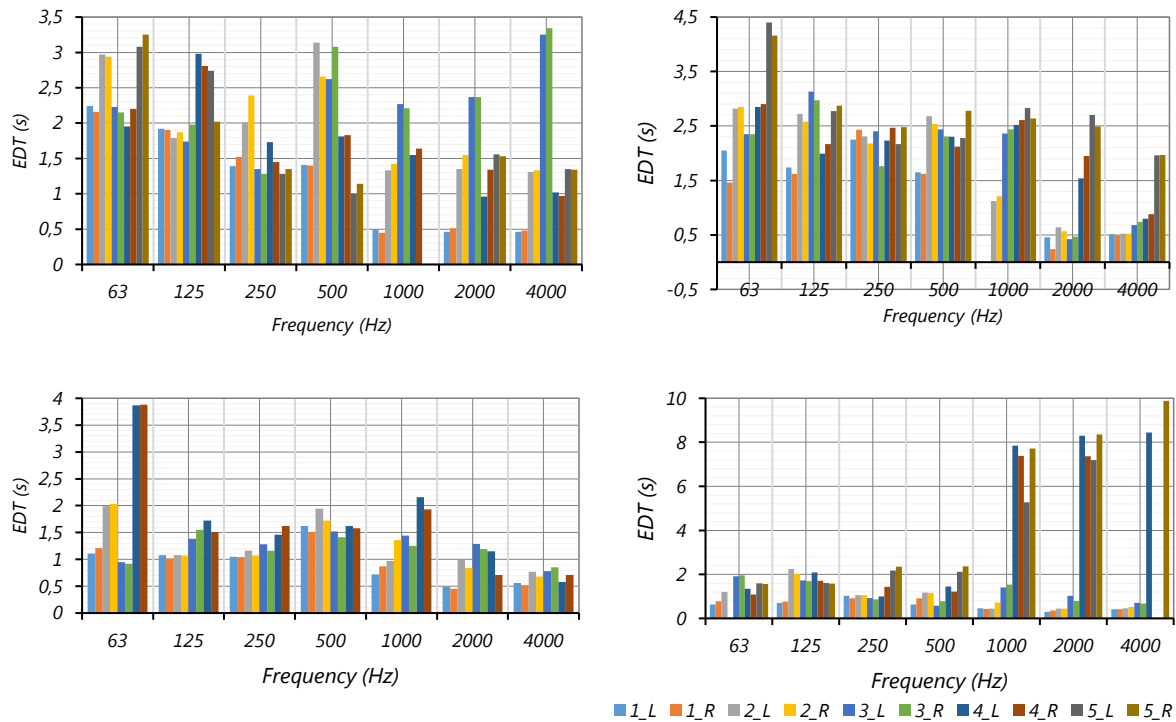


Tabla 5. Tiempo de reverberación inmediato (EDT)

Conclusiones

Tanto la a Plaça de Sant Felip Neri como la Plaça del Rei presentan características más propias de una sala para la música que de una sala para la palabra, según los parámetros de calidad medidos. Este dato las hace particularmente aptas para aplicaciones musicales.

La Plaça de Sant lu presenta características propias de una sala de conferencias o una sala de cámara por lo que la hace particularmente apta para la música de cámara ya sea instrumental o vocal.

El carrer de Santa Llúcia presenta las características propias de una sala de ópera, sobre todo en el punto donde usualmente se coloca el público, lo que se adapta perfectamente a su uso semanal, que consiste en la interpretación callejera de ópera.

De este modo, el estudio acústico de los cuatro entornos confirma el uso cotidiano de éstos.

Bibliografía

AENOR, AENOR: Norma UNE-EN ISO 3382:2001. <http://www.aenor.es/>.

Arau Puchades, H., 1999. *ABC de la acústica arquitectónica*, Ediciones CEAC.

Beranek, L., 2004. *Concert Halls and Opera Houses*, New York, NY: Springer New York.

Carrión Isbert, A., 1998. *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*, Edicions UPC.

Llorca, J. et al., 2017. Acoustic Filter. In Springer, Cham, pp. 22–33.