

ANÁLISIS MEDIANTE ESCALADO MULTIDIMENSIONAL DE LAS CARACTERÍSTICAS MUSICALES Y LOS PARÁMETROS OBJETIVOS EN SALAS VIRTUALES

PACS: 43.55.Cs, 43.55.Gx

Cerdá, Salvador¹; Segura, Jaume²; Barba, Arturo³; Cibrián, Rosa³; Montell, Radha⁴; Giménez Alicia⁴

1 E.T.S.I. del Diseño, Univ. Politècnica de València, Camí de Vera s/n. salcerjo@mat.upv.es

2 IRTIC – Universitat de València, C/ Catedràtic Dr José Beltrán, 2. jsegura@uv.es

3 Facultat de Medicina – Universitat de València. rosa.m.cibrian@uv.es

4 E.T.S.I. Industriales, Univ. Politècnica de València, Camí de Vera s/n. arbarse@doctor.upv.es ,
radmonse@upvnet.upv.es , agimenez@fis.upv.es

ABSTRACT

Multidimensional scaling (MDS) is a group of statistical techniques used for data visualization and exploration. Although is a procedure for taking preferences and perceptions of respondents and representing them in a visual diagram of two dimensions, this study uses MDS to analyze the dimensions that are obtained directly from the values of the variables used to characterize auralizations. The variables used are the room acoustic parameters and music features provided by MIRTtoolbox analysis package. The aim is to observe the relationships from this new point of view between the two sets of objective parameters.

RESUMEN

El escalado multidimensional es un conjunto de técnicas estadísticas utilizado para la visualización y exploración de datos. Aunque es un procedimiento para tomar preferencias y percepciones de los encuestados y representarlos en un diagrama visual de dos dimensiones, en este trabajo se utiliza para analizar las dimensiones que se obtienen directamente de los valores de las variables utilizadas para caracterizar auralizaciones. Las variables utilizadas son los parámetros acústicos de salas y las características musicales que proporciona el paquete de análisis MIRTtoolbox. El objetivo es observar las relaciones existentes desde este novedoso punto de vista entre ambos conjuntos de parámetros objetivos.

1. INTRODUCCIÓN

El escalamiento multidimensional, más conocido como MultiDimensional Scaling (MDS) [1], tiene sus orígenes a principios de siglo XX en el campo de la Psicología. Surge cuando se pretendía estudiar la relación que existía entre la intensidad física de ciertos estímulos con su intensidad subjetiva. El MDS es una técnica de representación espacial que trata de visualizar sobre un mapa un conjunto de estímulos (firmas, productos, candidatos políticos, ideas u otros artículos) cuya posición relativa se desea analizar. El propósito del MDS es transformar los juicios de similitud o preferencia llevados a

cabo por una serie de individuos sobre un conjunto de objetos o estímulos en distancias susceptibles de ser representadas en un espacio multidimensional. El MDS está basado en la comparación de objetos o de estímulos, de forma que si un individuo juzga a los objetos A y B como los más similares entonces las técnicas de MDS colocarán a los objetos A y B en el gráfico de forma que la distancia entre ellos sea más pequeña que la distancia entre cualquier otro par de objetos.

En la actualidad, el MDS puede ser apto para gran cantidad de tipos diferentes de datos de entrada (tablas de contingencia, matrices de proximidad, datos de perfil, correlaciones, etc.).

El MDS puede ayudar a determinar:

- qué dimensiones utilizan los encuestados a la hora de evaluar a los objetos.
- cuántas dimensiones utilizan.
- la importancia relativa de cada dimensión.
- cómo se relacionan perceptualmente los objetos.

Existen otras técnicas multivariantes, como son el análisis factorial y el análisis cluster, que persiguen objetivos muy similares al MDS pero que difieren en una serie de aspectos. Sin embargo, la utilización de alguna de estas técnicas no supone que no se pueda utilizar el escalamiento multidimensional, sino que esta última técnica puede servir como alternativa o bien como complemento a las otras técnicas multivariantes. En definitiva, el MDS es una técnica multivariante que crea un gráfico aproximado a partir de las similitudes o preferencias de un conjunto de objetos [2].

En anteriores trabajos hemos mostrado la utilidad del análisis factorial en su aplicación a la caracterización objetiva y subjetiva de salas [3,4,5,6]. Aunque estas técnicas se han aplicado habitualmente en el análisis subjetivo de salas por numerosos autores [7-15], el MDS no ha sido tan ampliamente utilizado. En un reciente trabajo Lokki et al [16] ha mostrado la potencia del MDS en el estudio de la acústica de salas.

Por otro lado en Departamento de Música de la Universidad Finlandesa de Jyväskylä, ha desarrollado unas rutinas en MATLAB para extraer lo que denominan características musicales [17,18]. El objetivo original de este toolbox era establecer relaciones entre las características del audio y las emociones que produce. En trabajos anteriores hemos estudiado las relaciones entre estas características musicales y los parámetros objetivos de la acústica de salas mediante el uso de auralizaciones de salas reales modelizadas en ODEON [19,20].

En este trabajo seguimos investigando las relaciones entre las características musicales y los parámetros objetivos de salas desde el punto de vista del análisis multidimensional. Es por tanto este trabajo un complemento al trabajo que presentamos en este mismo congreso [21].

2. SALAS MODELIZADAS EN ESTE ESTUDIO

En la Figura 1 se observan las salas modelizadas. Estas salas son las siguientes:

(1) La Llotja de la Seda. Se trata de un edificio de finales del gótico valenciano en Valencia, España. Fue construido entre 1482 y 1548 y es uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad. La UNESCO la nombró Patrimonio de la Humanidad en 1996. Su RT en frecuencias medias es de 3,1 s con un volumen de 12.100 m³. Se midió en 25 puntos. En [22], el modelo virtual se presenta en detalle.

(2) Teatro Principal de Valencia. Es un teatro de estilo italiano, que tiene forma de herradura, con palcos en diferentes plantas. Se utiliza para obras de teatro, orquestas y conciertos con solista, ópera,

coros y baile. Fue construido en 1832 (reformado en 1991) y tiene 1.224 asientos y un volumen de 6.986 m³. El RT en frecuencias medias es de 1,5 s y el V / asiento es de 5,7. Se midió en 53 puntos. Un estudio exhaustivo de este teatro y su modelo se muestra en [23].

(3) Paraninfo UPV. Es una sala rectangular utilizado para conferencias, conciertos solistas, orquestas de cámara y corales. Construido en 1978 con 385 asientos y un volumen de 2.700 m³, tiene un tiempo de retención en las frecuencias medias de 1,3 s y V / sede de 7. Se midió en 24 puntos. En [24], se presenta la sala y un modelo detallado.

(4) Paraninfo modificado. Se ha modificado la sala anterior para tener un RT en frecuencias medias de 0.5 s.

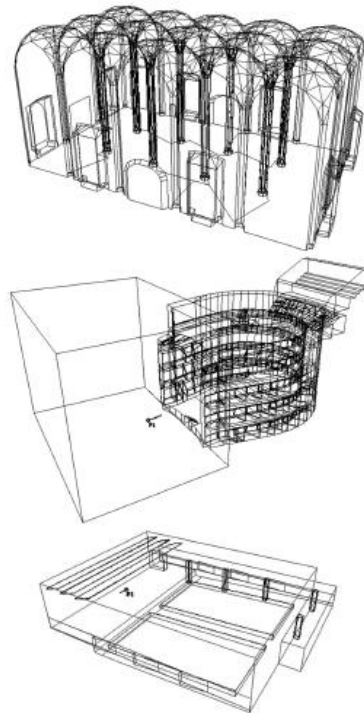


Figura 1. Modelos 3D en ODEON.

Las salas se han modelizado utilizando el software ODEON. Se han utilizado las medidas experimentales para calibrar los modelos. En la Figura 2 se muestra las curvas de RT experimentales y modelizadas. Para obtener mayor variabilidad en los parámetros objetivos y en las características musicales de las auralizaciones, se ha utilizado una fuente extensa de tamaño variable que se muestra en la Figura 3. En la Figura 4 se muestra los diferentes lugares en los que se ha obtenido auralizaciones. Se han auralizado las siguientes piezas musicales:

- (1) Claude Debussy (1862–1918): golliwog's cakewalk, cuarteto para clarinetes.
- (2) Claude Debussy (1862–1918): the little black, cuarteto para clarinetes; (primeros 60 s)
- (3) Johann Sebastian Bach (1685–1750): in dulci jubilo choral prelude para quinteto de vientos, bwv608; (primeros 60 s)
- (4) Alexander Glazunov (1865–1936): oriental reverie para clarinete y cuarteto de cuerda (primeros 60 s)

Siguiendo este procedimiento se han calculado un total de 240 auralizaciones.

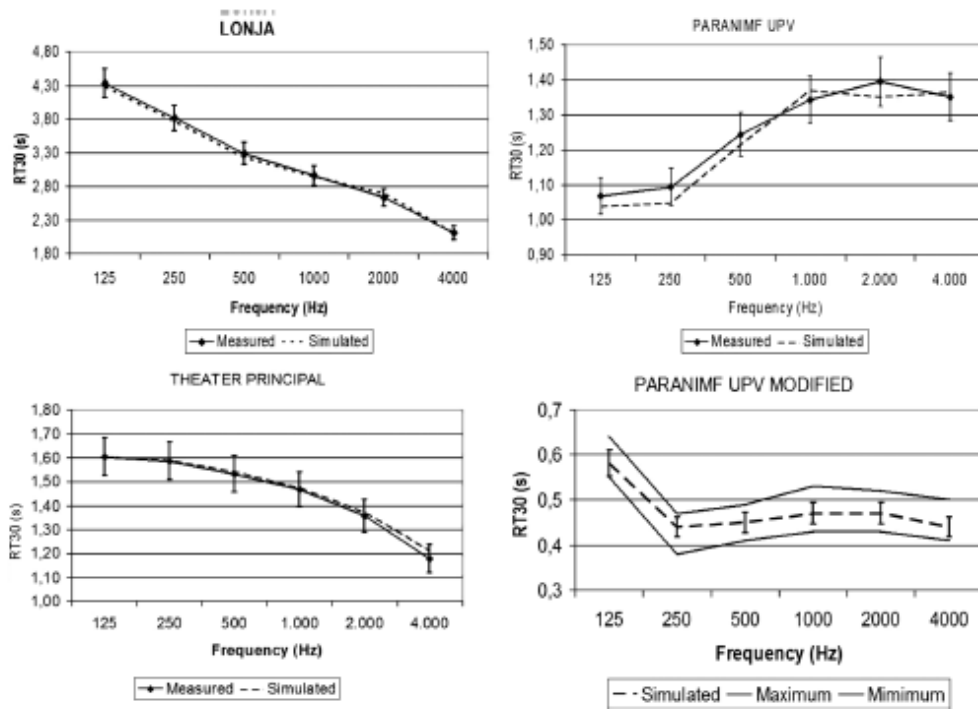


Figura 2. Calibración del RT30 en cada sala.

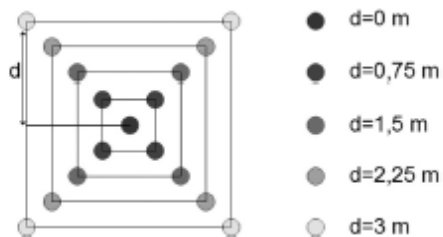


Figura 3. Distribución espacial de las fuentes.

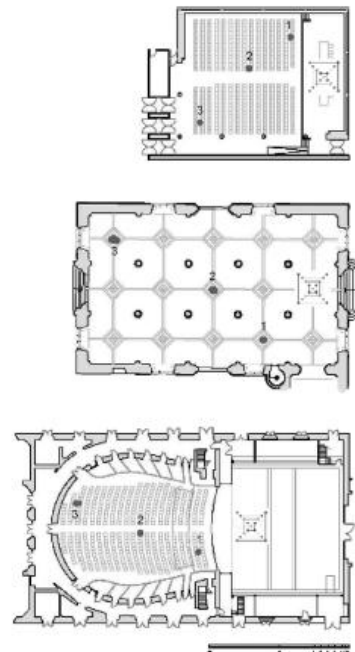


Figura 4. Receptores en donde las auralizaciones se han calculado. De arriba a abajo: Paranimf, Lonja, y Teatro Principal de Valencia.

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (MDS)

Para realizar el análisis MDS y debido a las limitaciones del software utilizado (SPSS software [25]), se ha hecho una reducción inicial de datos mediante análisis factorial de las 194 características musicales representativas en nuestro estudio [20] que proporciona MIR Toolbox. El análisis factorial nos ha proporcionado 27 factores ortogonales [21]. A partir de las puntuaciones de estos factores obtenidas para cada auralización hemos podido hacer un análisis MDS utilizando estos factores y los parámetros objetivos que ODEON proporciona junto a otros derivados de éstos.

En la Figura 5 presentamos la representación obtenida por MDS. Como se puede apreciar aparecen dos agrupaciones principales de factores de características musicales que corresponden a valores positivos y negativos de la Dimensión 2 obtenida en el análisis. En la otra dimensión, se agrupan principalmente los parámetros objetivos con algunas excepciones.

Estas excepciones son las que tienen interés. Por un lado vemos que el Factor 3 obtenido de las características musicales está próximo a los parámetros objetivos C80, D50, STI. Parámetros relacionados con la claridad e inteligibilidad. Esto corrobora los resultados obtenidos en [20, 21]. Se observa que en el mismo eje pero en el lado opuesto aparecen RT, EDT y Ts hecho que corresponde a las correlaciones negativas obtenidas en [21]. Por otro lado vemos que el parámetro LF está próximo a algunos factores de características musicales. Esto podría significar que una agrupación de factores de características musicales adecuada mostraría correlación con el parámetro LF.

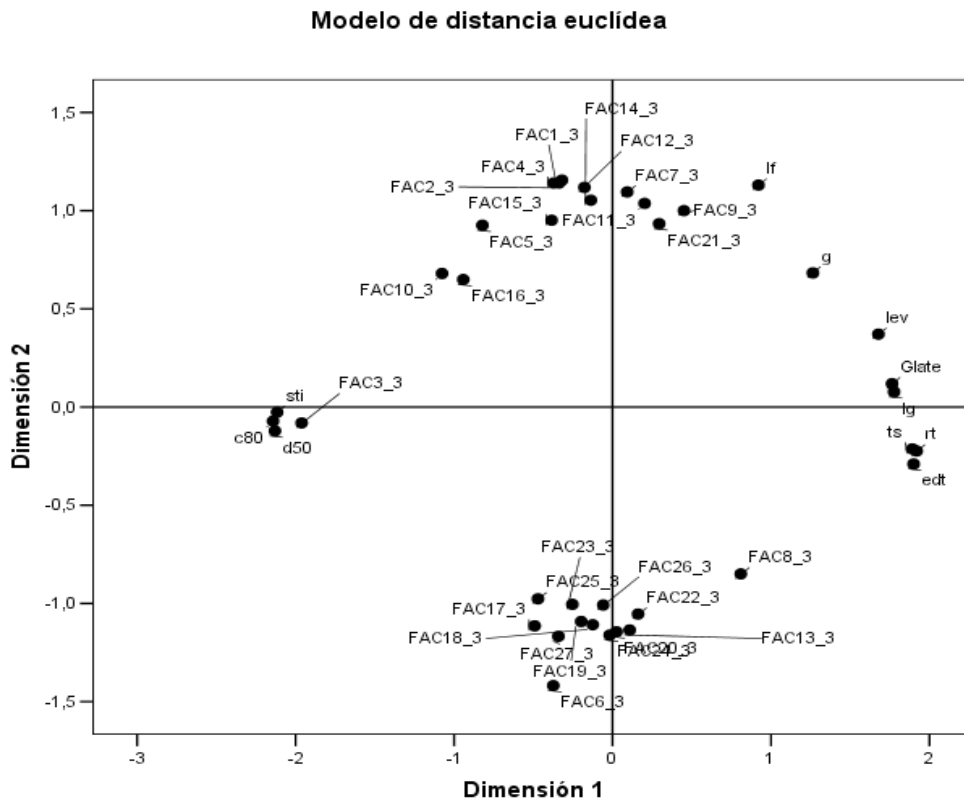


Figura 5. Análisis multidimensional de los factores obtenidos mediante AF de las características musicales del MIRToolbox y de los parámetros objetivos.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo seguimos estudiando las relaciones entre las características musicales obtenidas de auralizaciones mediante el MIRToolbox [17,18] y los parámetros objetivos proporcionados por el software ODEON utilizado para la generación de las auralizaciones. Algunos resultados anteriores se han presentados en [19,20,21]. En esta ocasión se ha hecho una reducción de las características musicales obteniendo 27 factores ortogonales. A partir de esta reducción se ha hecho un análisis de escalado multidimensional (MDS) obteniendo la representación bidimensional de la Figura 5.

En esta figura se observan dos hechos importantes: por un lado una de las dimensiones corresponde a las características musicales y la otra principalmente a los parámetros objetivos. Solo el Factor 3 musical muestra relación con los parámetros objetivos C80, D50 y STI. Hecho que corrobora los resultados de [21]. Por otro lado podría existir una combinación adecuada de factores que correlacionara con el parámetro LF. Este resultado se explotará en futuras investigaciones.

5. AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado con fondos FEDER, el Ministerio de Ciencia e Innovación apoyó este estudio en el marco de los Proyectos de Investigación BIA2003-09306-C04, BIA2008-05485 y BIA2012-36896.

6. REFERENCIAS

- [1] Cox TF, Cox MAA. Multidimensional scaling. 2nd ed. London: Chapman & Hall; 2001
- [2] Guerrero Casas, F.M. y Ramírez Hurtado, J.M. El Análisis De Escalamiento Multidimensional: Una Alternativa Y Un Complemento A Otras Técnicas Multivariantes. La Sociología En Sus Escenarios. No. 25. 2012.
- [3] Cerda, S., Gimenez, A., Romero, J., Cibrian, R., and Miralles, J., 2009, "Room Acoustical Parameters: A Factor Analysis Approach," *Appl. Acoust.*, 70(1), pp. 97–109.
- [4] Cerda, S., Gimenez, A., Romero, J., and Cibrian, R., 2011, "A Factor Analysis Approach to Determining a Small Number of Parameters for Characterising Halls," *Acta Acust. Acust.*, 97, pp. 441–452.
- [5] Giménez A, Cibrián RM, Girón S, Zamarreño T, Sendra JJ, Vela A, Daumal F. Questionnaire survey to qualify the acoustics of Spanish concert halls. *Acta Acustica united Acustica* 2011;97: 949-65.
- [6] Gimenez A, Cibrian RM, Cerdá S. Subjective assessment of concert halls: a common vocabulary for music lovers and acousticians. *Arch Acoust* 2012;37:331-40.
- [7] Schroeder MR, Gottlob D, Siebrasse F. Comparative study of European concert halls-correlation of subjective preference with geometric and acoustic parameters. *J Acoust Soc Am* 1974;56:1195-1201.
- [8] Lokki T, Pätynen J, Kuusinen A, Vertanen H, Tervo S. Concert hall acoustic assessment with individually elicited attributes. *J Acoust Soc Am* 2011;130:835-49
- [9] Sato S, Prodi N. On the Subjective evaluation of the perceived balance between a singer and a piano inside different theatres. *Acta Acustica united Acustica* 2009;95:519–26.
- [10] Sotiropoulou AG, Hawkes RJ, Fleming DB. Concert hall acoustic evaluations by ordinary concert-goers: I. Multidimensional description of the evaluations. *Acustica* 1995;81: 1–9.
- [11] Sotiropoulou, AG, Fleming DB. Concert hall acoustic evaluations by ordinary concert-goers: II. Physical room acoustic criteria subjectively significant. *Acustica* 1995;81;10–9.

- [12] Cox TJ, Shield BM: Audience questionnaire survey of the acoustics of the Royal Festival Hall, London, England. *Acustica* 1999;85:547–59.
- [13] Hidaka T, Beranek LL. Objective and subjective evaluations of twenty-three opera houses in Europe, Japan, and the Americas. *J Acoust Soc Am* 2000;10:368–83.
- [14] Farina A. Acoustic quality of theatres: correlations between experimental measures and subjective evaluations. *Appl Acoust* 3001;62: 889–916.
- [15] Carvalho APO, Morgado AEJ, Henrique L. Relationship between subjective and objective acoustical measures in churches. *Build Acoust* 1997;4:1–20.
- [16] Lokki T, Pätynen J, Kuusinen A, Tervo A. Disentangling preference ratings of concert hall acoustics using subjective sensory profiles. *J Acoust Soc Am* 2012;132:3148–61.
- [17] Lartillot, O., Toiviainen, P., and Eerola, T., 2008, “A MATLAB Toolbox for Music Information Retrieval,” *Data Analysis, Machine Learning and Applications (Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization)*, C. Preisach, H. Burkhardt, L. Schmidt-Thieme, and R. Decker, eds., Springer, Berlin/Heidelberg, pp. 261–268.
- [18] Lartillot, O., 2011, “MIRtoolbox 1.3.4 software,” Finnish Centre of Excellence in Interdisciplinary Music Research, University of Jyväskylä, Finland,
[https:// www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/research/coe/materials/mirtoolbox](https://www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/research/coe/materials/mirtoolbox)
- [19] Cerda, S., Giménez, A., Cibrián, R., Segura, J., Montell, R., and Barba, A., 2012, “Objective Evaluation of the Width of Source Ensemble in Virtual Halls,” *Proceedings of the Internoise 2012/ASME NCAD Meeting*, New York, August 19–22.
- [20] Cerdá, S; Giménez, A; Montell,R; Barba, A; Lacatis, R; Segura, J and Cibrián, R.M. On the Relations Between Audio Features and Room Acoustic Parameters of Auralizations. *J. Vib. Acoust.* 135(6), 064501 (Jun 19, 2013)
- [21] Cerdá, S; Giménez, A; Montell,R; Barba, A; Segura, J and Cibrián, R.M. Objective evaluation in virtual halls using music features and objective parameters. 44º congreso español de acústica encuentro ibérico de acústica eaa simposio europeo de acústica ambiental y mapas de ruido. Valladolid. Spain (2013).
- [22] Montell, R., Gimenez, A., Segura, J., Planells, A., Barba, A., Cerda, S., Cibrián, R., and Lacatis, R., 2011, “Simulación acústica de auditorios y edificios patrimoniales. Integración con entornos de realidad virtual,” *International Seminar on Virtual Acoustics*, Valencia, Spain, November 24–25.
- [23] Barba, A. and Gimenez, A., 2011, *El Teatro Principal de Valencia. Acústica y arquitectura escénica*, Teatros de la Generalitat y Universitat Politècnica de Valencia.
- [24] Lacatis, R., Cerda, S., Gimenez, A., and Romero, J., 2011, “Comparación de los parámetros acústicos obtenidos mediante dos programas de simulación con modelos geométricos de diferente complejidad de una sala,” *Revista de Acústica*, 42(1–2), pp. 33–42.
- [25] “SPSS 16.0, Manual, 2007,” <http://min.webs.upv.es/wp-content/uploads/2011/03/Manual-SPSS16.pdf>