

EL TEATRO-CIRCO DE ALBACETE: CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE AMBAS CONFIGURACIONES ESCÉNICAS EN BASE A DIVERSOS PARÁMETROS MEDIDOS SEGÚN LA NORMA ISO-3382

Samuel Quintana¹, José A. Ballesteros¹, Marcos D. Fernández¹,
María Machimbarrena²,

¹Escuela Politécnica de Cuenca

{Samuel.Quintana@uclm.es; JoseA.Ballesteros@uclm.es; Marcos.Fernandez@uclm.es}

²Departamento de Física Aplicada. Universidad de Valladolid
{mariao@opt.uva.es}

Resumen

Los Teatro-Circo son un tipo particular de espacios escénicos que se caracterizan fundamentalmente por la posibilidad de intercambiar la configuración funcional típica como Teatro, donde la caja escénica se acopla a la sala principal de forma cuasi-circular, a una configuración más Circense donde se adapta el patio de butacas para montar mecánicamente un escenario sobre la planta central del recinto. A pesar de que existe abundante literatura tratando de evaluar objetivamente y subjetivamente una gran diversidad de espacios escénicos, los Teatros-Circo no han sido estudiados hasta el momento. Este trabajo pretende ser una primera aproximación al estudio acústico de este tipo de espacios escénicos. Se ha elegido el Teatro-Circo de Albacete como espacio a estudiar por mantener la posibilidad de presentar espectáculos en ambas configuraciones. El trabajo expone un estudio comparativo de los parámetros acústicos más relevantes, medidos en el Teatro de Albacete de acuerdo a la norma ISO-3382, tanto en la configuración Teatro como en la configuración Circo. El objetivo del estudio es analizar si desde el punto de vista acústico se detectan diferencias significativas entre ambas configuraciones a la vista de los resultados experimentales obtenidos.

Palabras clave: Teatro-Circo; parámetros acústicos; ISO 3382, Teatro-Circo de Albacete.

Abstract

The Circus-Theaters are a particular type of scenic spaces which have the possibility of changing the typical Theater functional configuration, where the scenic box is coupled to the main room in a quasi-circular, into a typical Circus configuration where the seating area is adapted and a stage on the central floor of the enclosure can be mounted mechanically. Although there is abundant literature trying to objectively and subjectively evaluate a great diversity of scenic spaces, the Circus-Theaters have not been studied so far. For this study, the Albacete Teatro-Circo has been chosen due to the fact that it is one of the few which still allows presenting shows using both configurations. The work presents a comparative study of the most relevant acoustic parameters, measured in the Teatro de Albacete according to ISO-3382, both in the Theater configuration and in the Circus configuration. The objective of the study is to analyze if there are significant differences between both configurations are to evaluate if either of the two configurations can be classified as “better” than the other based on the experimental results.

Keywords: Circus-Theaters, acoustic parameters, ISO 3382, Teatro-Circo de Albacete

PACS nº. 43.55.Gx

1 Introducción y objetivos

El Teatro-Circo de Albacete se construyó en 1887 y tras la última reforma realizada en 2002, se mantuvo la posibilidad de adaptar dos configuraciones escénicas bien diferenciadas, que permiten utilizar la sala para espectáculos teatrales donde es necesario el uso de una caja escénica que alberga la maquinaria y escenografía típica de estas actuaciones, o pasar a una configuración escénica típica de espectáculos circenses donde se sustituye la primera sección de butacas por un escenario circular conectado a la caja escénica. Este cambio afecta principalmente al aforo del teatro que pasa de las 936 localidades en la configuración como Teatro y donde la escena se sitúa en el proscenio, a las 740 localidades de la configuración como Circo.

Este trabajo se puede considerar continuación de otro también presentado en este Congreso [1] en el que se realiza un estudio comparativo de diversos Teatros-Circo, aunque en este caso el objetivo se centra en estudiar si existen diferencias significativas entre las dos configuraciones escénicas anteriormente mencionadas.

Al igual que en el trabajo previo [1], se ha utilizado la norma ISO 3382-1 como referencia tanto para la elección de parámetros acústicos, como por lo que respecta a los procedimientos de medida de los mismos [2] [3]. Se han seguido las condiciones y procedimientos de medición establecidos en la norma para obtener, a través de cuatro grupos de medida en función de la magnitud a evaluar, los parámetros de calificación seleccionados derivados de las respuestas al impulso [4]. Así mismo se han utilizado las recomendaciones informativas de los tres anexos de la norma, con el fin de poder comparar los resultados con los criterios para los auditorios (anexo A), y poder obtener magnitudes binaurales (anexo B) y magnitudes del escenario (anexo C). Los parámetros acústicos estudiados, agrupados en función del aspecto subjetivo con el que se relacionan, se resumen en la tabla 1:

Tabla 1. Relación entre aspectos subjetivos y magnitudes objetivas, según norma ISO-3382-1.

	Aspecto subjetivo	Magnitud		Rango típico	Unidades
				ISO-3382	
1	Ruido de fondo	Curva de ruido	NC		NC
	Nivel sonoro subjetivo	Fuerza sonora	G_{m_i} (dB)	-2dB ; +10dB	dB
2	Reverberación percibida	Tiempo reverberación inicial	EDT_{m_i} (s)	1,0 ; 3,0	s
		Tempo de reverberación	RT_{m_i} (s)		s
3	Claridad del sonido percibida	Claridad temprana	C_{20m_i} (dB)		dB
		Claridad musical	C_{80m_i} (dB)	-5dB ; +5dB	dB
		Definición	D_{50m}	0,3 ; 0,7	(-)
		Tiempo central	T_{5m_i} (ms)	60ms ; 260ms	ms
4	Ancho aparente fuente-(ASW)	Fracción energía lateral	J_{LFm}	0,05 ; 0,35	(-)
5	Envolvente oyente -(LEV)	Magnitud binaural	$IACC_m(0,50)$		(-)
			$IACC_m(0,80)$		(-)
			$IACC_m(50,+)$		(-)
			$IACC_m(80,+)$		(-)
6	Magnitudes de escenario	Soporte precoz	$ST_m \text{ precoz}$ (dB)	-24dB ; -8dB	dB
		Soporte tardío	$ST_m \text{ tardío}$ (dB)	-24dB ; -10dB	dB

2 Breve descripción de la situación escénica del Teatro-Circo y configuración de puntos de medida

En las imágenes de la figura 1 se pueden observar las diferencias escénicas entre las configuraciones de Teatro y Circo.



Figura 1. Vistas del Teatro-Circo de Albacete en configuración de Teatro (izda.), y Circo (dcha.).

Todas las medidas se han realizado sin público, con el escenario libre de mobiliario y completamente vacío, y con el telón levantado. En la configuración como Teatro no había foso para orquesta. Las condiciones de iluminación eran las mínimas para poder operar en el Teatro-Circo y no se encontraba activo el sistema de climatización. Se monitorizaron las condiciones de temperatura, humedad relativa y presión barométrica, de forma que durante el intervalo de medición no se produjeron variaciones significativas de las condiciones superiores a un 20%.

Las medidas se han realizado en dos campañas distintas, una para cada una de las configuraciones escénicas. Para ambas configuraciones se ha utilizado una fuente sonora omnidireccional (B&K 4292-L), situada en el caso de la configuración Teatral (T-1) en una posición centrada en el proscenio sobre una línea divisoria imaginaria entre la caja escénica y la sala principal y en el centro de la pista para el caso de la configuración Circense (C-1) (ver figura 2). La altura del eje la fuente sonora para ambos casos ha sido de 1,5m sobre la superficie del escenario [5] [6].

Los detalles de la señal de emisión y criterios para la selección de número de posiciones de receptor y distribución de posiciones de receptor son los mismos que los descritos en el artículo [1]. Cabe indicar que, dado que para ambas configuraciones la sala es simétrica respecto al eje longitudinal de la misma, sólo se situaron puntos de receptor en una de las secciones del recinto (impares), lo que permite en definitiva un mejor muestreo espacial. La altura del receptor es siempre la misma (1,25m por encima del suelo en las ubicaciones de las butacas), excepto en la medición de las magnitudes del escenario, que se sitúan a la misma altura de la fuente (1,5m). Para la configuración en modo Teatro se han seleccionado un total de 26 puntos de medida, mientras que para la configuración de Circo se han seleccionado únicamente 11 puntos de medición de entre los 26 evaluados para la configuración como Teatro, dado que en la configuración Circo las posiciones de la 1ª sección del patio de butacas quedan eliminadas. La selección de las posiciones de fuente y receptor siguen tanto las indicaciones de la norma ISO 3382-1, como las utilizadas en estudios similares para salas de concierto y actuaciones musicales [7] [8].

La tabla 2 resume el número de puntos de medida en cada zona, para cada una de las configuraciones. Los puntos de medida se han distribuido proporcionalmente al número de butacas disponibles en cada zona, y el número de puntos siempre es superior al mínimo recomendado por la norma ISO 3382-1 (entre 6 y 8).

Tabla 2. Distribución del número de puntos de medida para cada configuración.

	Aforo: (butacas)					Total butacas	Puntos
	196	140	160	190	250	936	
Teatro-Circo Albacete	Puntos	Puntos	Puntos	Puntos	Puntos	Total	Escenario
	1ª Sección Butacas	2ª Sección Butacas	Palcos	1er. Anfiteatro	2ª Anfiteatro	Receptores	
Configuración CIRCO	n/a	2	2	3	4	11	3
Configuración TEATRO	6	4	4	4	8	26	3
Configuración CIRCO	n/a	18%	18%	27%	36%	100%	
Configuración TEATRO	23%	15%	15%	15%	31%	100%	

La figura 2 muestra la posición relativa de los 11 puntos seleccionados para realizar la comparación entre las dos configuraciones, así como la posición relativa de la fuente sonora para cada caso (T-1 para Teatro, y C-1 para Circo).

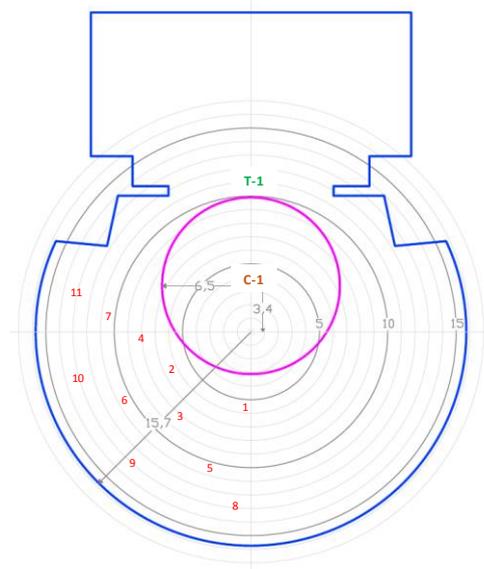


Figura 2. Posiciones de receptores y fuente para las configuraciones como Teatro (T-1) y Circo (C-1).

3 Programación de las medidas y parámetros acústicos calculados

La programación detallada de medidas y parámetros acústicos calculados es idéntica a lo descrito en el epígrafe 5 del estudio comparativo de diversos Teatros-Circo [1] anteriormente citado.

Para cada configuración de la sala se han programado cuatro sesiones de medida diferenciadas por lo que respecta a la instrumentación, procedimientos y objetivos de las mismas. En las tres primeras sesiones de medida las posiciones de los receptores han sido las mismas pero con distintos sistemas de adquisición de datos. En el cuarto grupo las posiciones de los receptores se encontraban sobre el escenario. El primer grupo de medidas tiene como objetivo obtener los datos necesarios para poder calcular los parámetros relacionados con los aspectos subjetivos 1, 2 y 3 (ruido de fondo y nivel sonoro, la reverberación percibida y claridad del sonido percibida). El segundo grupo de mediciones permite determinar el aspecto subjetivo 4 (ancho aparente de la fuente-ASW). El tercer grupo de medidas se realiza con el objetivo de caracterizar el aspecto subjetivo 5 (envolvente del oyente-LEV), y el cuarto grupo de medidas se realiza para caracterizar el escenario (aspecto subjetivo 6); indicar que en este último caso los puntos de medida se sitúan en el escenario, a la misma altura de la fuente sonora (1,5m) y en tres posiciones situadas sobre una circunferencia de 1m de radio, centradas sobre centro acústico de la fuente y con angulación de 90° entre ellas.

4 Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados de todas las magnitudes calculadas en bandas de octava (desde 125Hz a 4kHz), agrupadas según el aspecto subjetivo al que corresponden. Para facilitar la exposición y la discusión de los resultados, estos se presentarán agrupados según el aspecto subjetivo al que corresponden. Se han incluido en las representaciones tanto los resultados obtenidos para los 26 puntos de la configuración Teatro mostrados en línea azul discontinua, como los resultados

obtenidos teniendo sólo en cuenta los 11 puntos mostrados en la figura 2 que se representará en color verde para la configuración Teatro, y en color naranja para los mismos 11 puntos de la configuración Circo. Todos los datos se acompañan de su correspondiente valor de desviación típica en forma de barras verticales.

En el último apartado de esta sección, y a partir de los resultados de los valores frecuenciales promedio calculados para cada una de las dos configuraciones de la sala, se presenta un cuadro resumen con las magnitudes acústicas más representativas de cada una de ellas, con los valores promedio en frecuencia de número único siguiendo el ejemplo de la tabla A.1 del anexo A de la norma ISO 3382-1. En lo sucesivo y en este contexto, se considerará baja frecuencia a las bandas de 125Hz y 250Hz, media frecuencia a las bandas de 500 y 1000Hz y alta frecuencia a las bandas de 2000 y 4000Hz.

4.1 Aspecto subjetivo 1: ruido de fondo y nivel sonoro subjetivo

Se ha evaluado el ruido de fondo para cada configuración, más que para poder asociarlo a un aspecto subjetivo, como identificador de las condiciones de medida y descriptor del valor mínimo de este parámetro, puesto que en condiciones habituales de funcionamiento y uso los valores serían mayores. Previa a la realización de las mediciones y al finalizar las mismas, para ambas configuraciones los niveles de ruido se encontraban por debajo de la curva NC-30.

En cuanto al nivel sonoro subjetivo, éste se evalúa mediante la fuerza sonora (G_{dB}), empleando para ello las ecuaciones A.1 hasta A.6 de la norma. Como se puede observar en la figura 3 la fuerza sonora sigue la misma tendencia en ambas configuraciones, aunque es mayor para la configuración Circo. Este comportamiento puede ser debido a una mayor aproximación geométrica de la fuente sonora a las posiciones de los puntos receptores en la configuración Circo, que se sitúan prácticamente sobre un sector circular con un estrecho diferencial en distancia (menor de 8m entre la posición más lejana y la más cercana). La desviación típica es también más elevada en la configuración Circo, indicando que hay mayores diferencias entre los puntos evaluados en esta configuración, posiblemente debido a la misma razón anteriormente citada. En la banda de 125 Hz sin embargo se observa una fuerte caída del valor de la fuerza sonora en la configuración Circo, lo cual, a priori, no tiene una explicación lógica. Los resultados obtenidos nos invitan a pensar que, por lo que respecta al nivel sonoro subjetivo, hay más diferencia entre las distintas localidades en la configuración Circo, pero que, en general es mejor en dicha configuración que en la configuración Teatro.

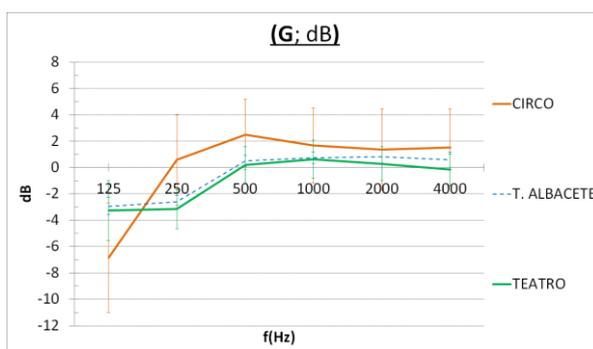


Fig. 3. Variación frecuencial de la fuerza sonora (G), para las dos configuraciones.

4.2 Aspecto subjetivo 2: reverberación percibida

Para la evaluación de la reverberación percibida se han determinado tanto el tiempo de reverberación inicial ($EDT_{;s}$), como el tiempo de reverberación ($RT_{;s}$). Esto permite estimar de forma indirecta si hay

una buena difusión y un proceso de reverberación lineal o no en función del grado de similitud entre ambas magnitudes, ya que, si bien el EDT está asociado al efecto de reverberación subjetiva, una diferencia cuantitativa significativa con los valores de RT podría suponer efectos de falta de linealidad (dobles pendientes) o de difusión del sonido en el proceso de caída. Por tanto, se escogen las magnitudes del tiempo de reverberación inicial ($EDT_{;s}$) y tiempo de reverberación ($RT_{;s}$) para establecer una horquilla de variación numérica significativa entre la que oscilan los valores del proceso de reverberación entre las dos configuraciones.

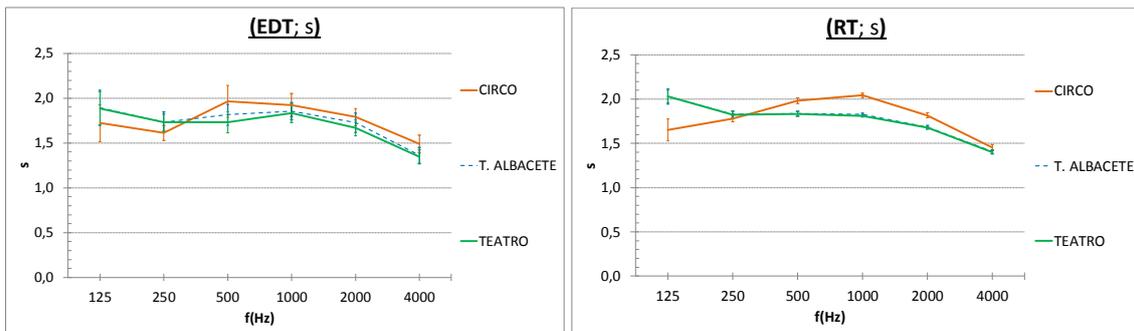


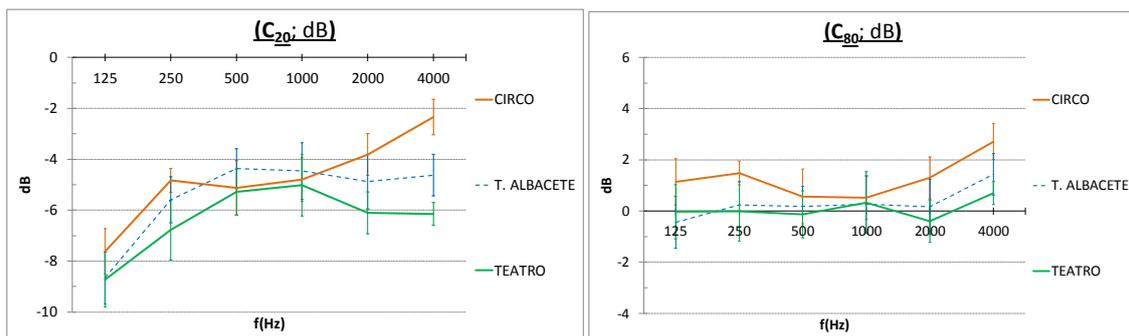
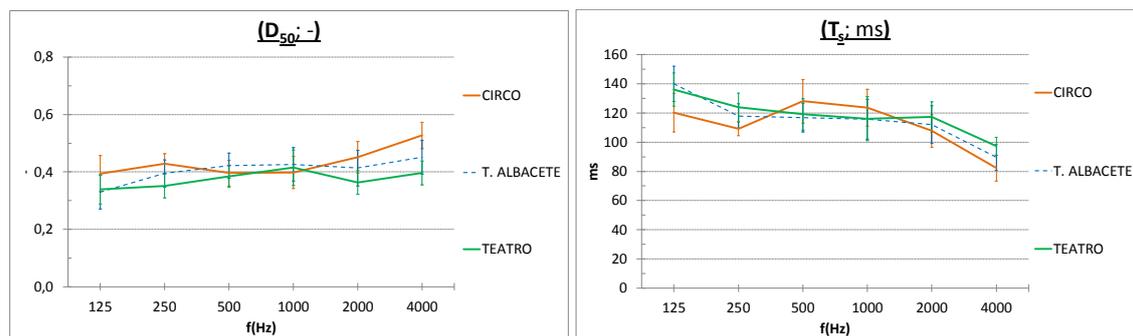
Fig. 4. Comparación entre los parámetros EDT-(izda.), y RT-(dcha.), para ambas configuraciones.

Como se aprecia en la figura 4, la reverberación en la configuración Circo es ligeramente superior en alta y media frecuencia a la configuración como Teatro, invirtiéndose esta tendencia en las bandas de baja frecuencia. El efecto observado a frecuencias medias y altas puede ser debido a la pérdida de absorción que sufre la configuración Circo, al sustituir la 1ª sección de butacas por la superficie reflectante y plana del escenario, sin embargo la disminución del RT en la configuración Circo a bajas frecuencias es difícil de justificar a priori. A la vista de los resultados cabe esperar que en la configuración Circo se produzca una pérdida de calidez (BR) con respecto a la configuración Teatro. Las barras de desviación indican que la dispersión de los valores de reverberación entre los distintos puntos es mayor para el EDT que para el RT, donde las variaciones en las bandas de alta frecuencia son mínimas y debidas tanto a una mayor absorción del aire como de los materiales.

4.3 Aspecto subjetivo 3: Claridad del sonido percibida

Para evaluar la claridad del sonido percibida se escogen las siguientes magnitudes con el objetivo de comparar la respuesta para cada configuración en función de un uso principal: balance energético temprano (C_{20} ; dB) para valorar claridad temprana con la que se percibe la fuente sonora omnidireccional desde su posición de emisión, (C_{80} ; dB) para estimar la claridad musical, (D_{50} ; ...) que permite valorar la definición para la palabra y (T_s ; ms) para considerar la distancia al centro de gravedad del sonido. En las figuras 5 y 6, se representan los valores promedio obtenidos para cada magnitud acústica, en cada una de las dos configuraciones escénicas.

En la figura 5 apreciamos que la configuración Circo ofrece una respuesta más elevada y significativa de los parámetros de balance energético temprano y claridad musical que la configuración Teatro, principalmente en las bandas de baja y alta frecuencia lo que indica que el desplazamiento de la fuente sonora en la configuración Circo a una posición más centrada en la sala, produce una mayor presencia sonora de la fuente respecto de la acústica de la sala.

Fig. 5. Comportamiento frecuencial de los parámetros C_{20} -(izda.), C_{80} -(dcha.).Fig. 6. Variación frecuencial de los parámetros D_{50} -(izda.), y T_s -(dcha.).

En base al comportamiento de la claridad musical y definición, podría considerarse que la configuración Circo resulta más adecuada para uso vocal con una mejor respuesta de la definición, y sin embargo la configuración Teatro obtiene una mejor valoración para uso musical. Las variaciones en la magnitud C_{20} permiten comprobar que las posiciones de la 1ª sección del patio de butacas son las que en la configuración Teatro tienen una mayor presencia de la posición de la fuente sonora sobre el escenario, lo que corrobora como en el caso de la configuración Circo la dependencia de ésta magnitud con la cercanía a la posición relativa de la fuente sonora.

Tanto la claridad musical como la definición tienen un comportamiento espectral relativamente plano, con valores de la definición en torno a 0,4 y dentro de la horquilla típica establecida en la norma ISO 3382-1. Respecto al tiempo central, la configuración Teatro tiene una respuesta frecuencial más plana que la configuración Circo, que obtiene valores más elevados para las bandas de media frecuencia relacionadas con la palabra. Si bien ambas respuestas están dentro del rango típico de la norma para Auditorios, la respuesta plana de la configuración Teatro resulta equilibrada para música y en la configuración Circo se produce un mayor desequilibrio del sonido entre las bandas de media frecuencia relacionadas con la palabra respecto a las de baja y alta frecuencia.

4.4 Aspecto subjetivo 4: ancho aparente de la fuente (ASW)

Para el ancho aparente de la fuente utilizamos los cálculos realizados a partir del segundo grupo de mediciones, obteniendo la magnitud de fracción de energía lateral precoz (J_{LF} ; -).

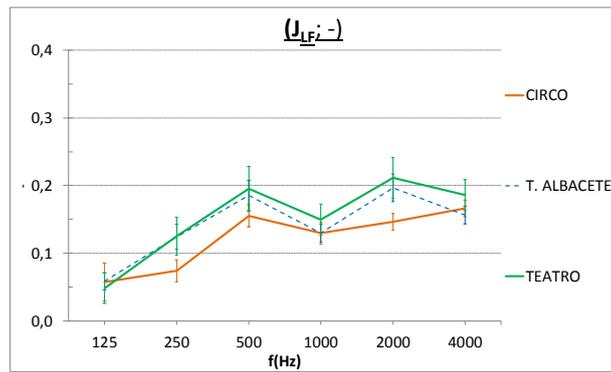


Fig. 7. Variación frecuencial del parámetro J_{LF} , para ambas configuraciones.

En la figura 7 se observa una tendencia frecuencial creciente, donde la configuración como Teatro proporciona valores superiores a la configuración como Circo. Este comportamiento indica que como en la configuración Circo la fuente se sitúa en una posición más centrada sobre la planta de la sala, y los puntos evaluados se encuentran alrededor de la fuente y con un menor gradiente de distancias que en la configuración Teatro, el sonido para la configuración Circo llega menos lateralmente que en la configuración Teatro, dando la impresión subjetiva de que la fuente sonora es menos ancha o de menos tamaño. El incremento de este parámetro con la frecuencia se explica debido a la aparición de una mayor cantidad de superficies reflectantes generadoras de reflexiones laterales asociada al tamaño y forma de las superficies. En definitiva, en la configuración Teatro la misma fuente sonora tendería a provocar la sensación de tener un mayor tamaño que en la configuración Circo, donde por el contrario se podría producir una mejor localización espacial de su posición.

4.5 Aspecto subjetivo 5: envolvente del oyente (LEV)

La sensación de inmersión o de envolvente en el sonido, es decir, envolvente del oyente (LEV), la presentamos mediante las magnitudes acústicas de los coeficientes de correlación interaural segmentados en dos tiempos de integración (t ; 50ms y 80 ms). A su vez, la magnitud del coeficiente de correlación cruzada interaural (IACC), se muestra tanto para las reflexiones tempranas ($_{(0,t)}$) con un intervalo de integración entre la llegada del sonido directo ($_{(0)}$) hasta un tiempo ($_{(t)}$), y que se muestra en la figura 8, como para el sonido reverberante ($_{(t,+)}$) con un intervalo de integración entre el tiempo ($_{(t)}$) y un tiempo superior al tiempo de reverberación de la sala ($_{(+)}$), y que se muestra en la figura 9.

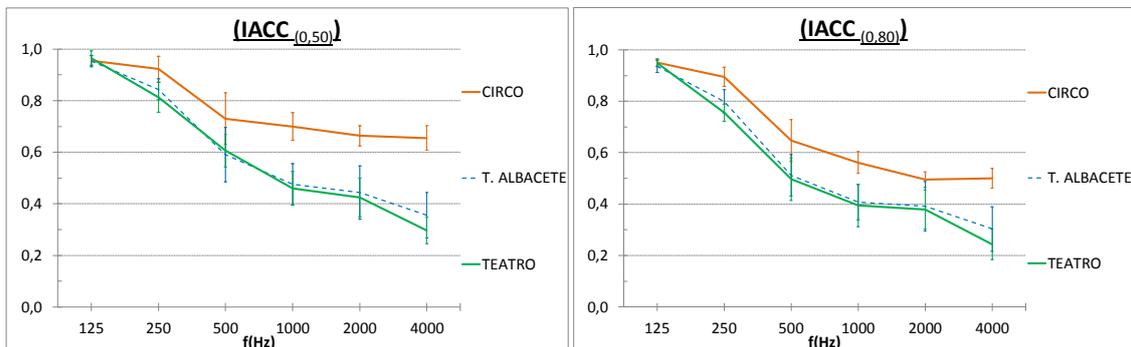


Fig. 8. Magnitudes binaurales para las reflexiones tempranas hasta 50ms. ($IACC_{(0,50)}$)-(izda.), y hasta 80ms. ($IACC_{(0,80)}$)-(dcha.).

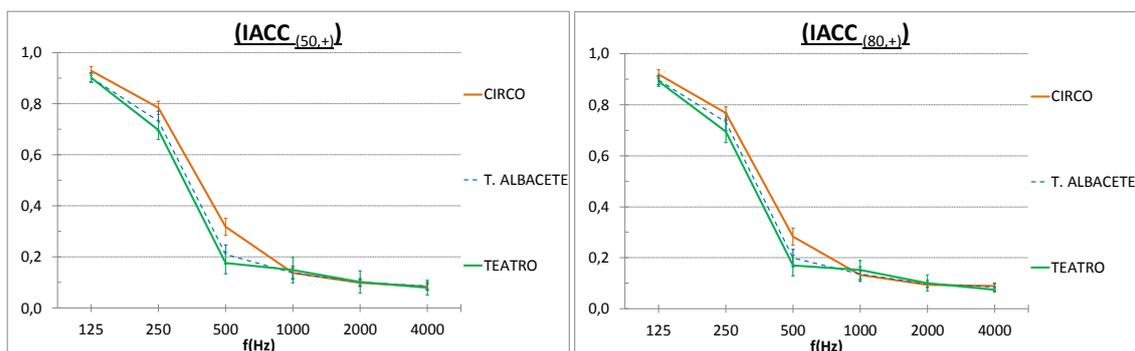


Fig. 9. Magnitudes binaurales del sonido reverberante desde 50ms ($IACC_{50,+}$)-(izda.), y desde 80ms ($IACC_{80,+}$)-(dcha.).

El comportamiento de las magnitudes binaurales, independientemente del intervalo de integración es, como cabe esperar, decreciente en frecuencia, apreciándose las mayores diferencias entre las dos configuraciones escénicas para las magnitudes binaurales de reflexión temprana [9]. Las diferencias frecuenciales que se aprecian entre las figuras 8 y 9 indican que las reflexiones tempranas son las que permiten diferenciar en mayor grado la magnitud de la envolvente del oyente (LEV), donde los valores de IACC son más elevados para la configuración Circo que para la configuración Teatro, independientemente del intervalo temporal escogido. En la figura 9 podemos comprobar que, si bien la configuración Circo queda por encima de la configuración Teatro, las diferencias son menos significativas que para las magnitudes binaurales de reflexión temprana, llegando a resultar prácticamente inapreciables para las bandas de alta frecuencia. En conclusión, podemos establecer que las magnitudes binaurales de reflexiones tempranas y con menor intervalo de integración, permiten diferenciar mejor el comportamiento entre las dos configuraciones escénicas de Teatro y Circo. Dado que la magnitud IACC evalúa la similitud del sonido entre los dos canales del simulador de cabezatorso (HATS), a la vista de los resultados se puede concluir que la configuración Circo produce una sensación menos envolvente sobre el oyente que la configuración Teatro, similar a la percepción de un sonido monofónico generado desde el centro de la pista de Circo, ya que en todos los casos el valor de la magnitud IACC es mayor además en el rango frecuencial.

4.6 Aspecto subjetivo 6: soporte objetivo del escenario

Para evaluar el soporte objetivo del escenario se han determinado, como en otros estudios [10], las magnitudes acústicas de Soporte precoz (ST_{precoz} ; dB) y Soporte tardío ($ST_{tardío}$; dB), que caracterizan respectivamente las capacidad de los músicos de escucharse así mismos y entre sí, y la reverberación percibida de la sala en el escenario tal y como la perciben los músicos.

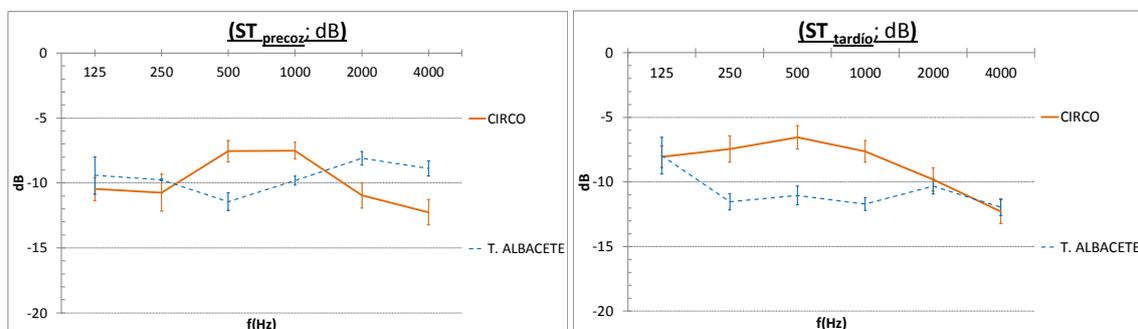


Fig. 10. Variación de la magnitud de escenario de Soporte precoz (ST_{precoz})-(izda.), y de Soporte tardío ($ST_{tardío}$)-(dcha.).

La gráfica de la izquierda en la figura 10 muestra que el Soporte precoz en la configuración Circo es mayor que en la configuración Teatro para las bandas de media frecuencia, invirtiéndose ésta tendencia para las bandas de baja y alta frecuencia. Esto indica que la facilidad para escuchar a los demás músicos en el escenario no es la misma en ambas configuraciones y que esa facilidad dependerá del espectro de la señal emitida. En el caso de la configuración Circo el músico tendrá una mayor sensación de conjunto para las bandas de media frecuencia.

En lo que respecta al Soporte tardío, se observa que la reverberación percibida en el escenario es significativamente mayor en la configuración Circo, lo cual, a priori, daría a los músicos una sensación de estar en una sala más viva en la configuración Circo que cuando están en la configuración Teatro, donde percibirían estar en una sala más seca ó con menor reverberación.

4.7 Valoración general de los distintos aspectos subjetivos:

Si bien, cada una de las magnitudes de caracterización para cada una de las dos configuraciones tiene variaciones más o menos significativas en función de posición que ocupa (butaca, palco, anfiteatro), algunas de ellas derivadas de la posición relativa fuente/receptor, uno de los objetivos que se plantean en este artículo es recoger de forma simplificada un conjunto de valores representativos para cada una de las configuraciones que permita establecer si hay diferencias significativas entre ambas. En base a las referencias recogidas en la norma ISO 3382-1 y sus anexos, y sintetizadas en la tabla 1, se ha elaborado la tabla 3 que resume los valores promedio en frecuencia de número único obtenidos para los 11 puntos coincidentes de medición en ambas configuraciones, así como para el conjunto total de 26 puntos para la configuración Teatro. Esta tabla permite realizar una comparación más sencilla entre ambas configuraciones, sin considerar el comportamiento espectral de los parámetros.

Como se puede observar, por lo que respecta a los valores promedio se observan diferencias superiores al JND entre ambas configuraciones principalmente en los siguientes parámetros de la tabla 3 marcados en color rojo: fuerza sonora (G_m), tiempo de reverberación inicial (EDT_m), envolvente del oyente (LEV) relativa a las magnitudes binaurales tempranas ($IACC_{m,(0,50)}$, $IACC_{m,(0,80)}$), y la magnitud de escenario de soporte tardío ($ST_{mtardío}$). Estas diferencias apuntan a que en la configuración con el escenario en el centro (Circo) se apreciarían subjetivamente una mayor fuerza de la fuente sonora y con algo más de reverberación, pero con una menor sensación de sonido envolvente en las posiciones receptoras. Desde el punto de vista del escenario los músicos apreciarían estar en una sala más viva y con mayor sensación de reverberación en la configuración Circo que cuando actúan en una posición más limítrofe a la caja escénica sobre la embocadura del escenario en una configuración típica como Teatro.

Desde el punto de vista global se puede establecer que los aspectos subjetivos que se mantienen comunes en ambas configuraciones son los de la claridad del sonido percibida y el ancho aparente de la fuente (ASW), no apreciándose por tanto grandes cambios entre una configuración con el escenario en una posición central en la sala (Circo) y el escenario albergado en la caja escénica para la configuración como Teatro. Por otro lado, al comparar los valores del umbral diferencial (JND) respecto de los valores promedio cuando se consideran la totalidad de los puntos (T. Albacete: 26 p.) o únicamente los puntos comunes a ambas configuraciones como Teatro (11 p.) observamos que las diferencias son mínimas para todos los parámetros y en cualquier caso inferiores a los valores JND, excepto para el EDT que se encuentra en el límite, lo que indica que el muestreo y selección de puntos de medida ha sido adecuado y suficiente para caracterizar acústicamente la sala.

Tabla 3. Resumen de valores promediados en frecuencia de número único, obtenidos para cada configuración.

	Aspecto subjetivo	Magnitud		Promediado	Umbral	Rango típico	Unidades	CIRCO	TEATRO	T. ALBACETE
				(Hz)	(JND)	ISO-3382		(11 puntos)		(26 puntos)
1	Ruido de fondo	Curva de ruido	NC				NC	30	30	30
	Nivel sonoro subjetivo	Fuerza sonora	G_m ; (dB)	500 - 1000	1 dB	-2dB ; +10dB	dB	2,1	0,4	0,6
				octavas						
2	Reverberación percibida	Tiempo reverberación inicial	EDT_m ; (s)	500 - 1000	Rel. 5%	1,0 ; 3,0	s	1,94	1,78	1,83
		Tempo de reverberación	RT_m ; (s)	500 - 1000			s	2,01	1,82	1,83
				octavas						
3	Claridad del sonido percibida	Claridad temprana	C_{20m} ; (dB)	500 - 1000			dB	-5,0	-5,2	-4,4
		Claridad musical	C_{80m} ; (dB)	500 - 1000	1 dB	-5dB ; +5dB	dB	0,5	0,1	0,2
		Definición	D_{50m}	500 - 1000	0,05	0,3 ; 0,7	(-)	0,40	0,40	0,42
		Tiempo central	T_{5m} ; (ms)	500 - 1000	10 ms	60ms ; 260ms	ms	126	118	116
				octavas						
4	Ancho aparente fuente-(ASW)	Fracción energía lateral	J_{Lm}	125 - 1000	0,05	0,05 ; 0,35	(-)	0,10	0,13	0,12
				octavas						
5	Envolvente oyente -(LEV)	Magnitud binaural	$IACC_{m(0,50)}$	500 - 2000	0,075		(-)	0,70	0,50	0,50
			$IACC_{m(0,80)}$	500 - 2000	0,075		(-)	0,57	0,42	0,44
			$IACC_{m(50,-)}$	500 - 2000	0,075		(-)	0,18	0,14	0,15
			$IACC_{m(80,+)}$	500 - 2000	0,075		(-)	0,17	0,14	0,14
				octavas						
6	Magnitudes de escenario	Soporte precoz	$ST_{m\text{precoz}}$; (dB)	250 - 2000	Desconocido	-24dB ; -8dB	dB	-9,2	-9,8	-9,8
		Soporte tardío	$ST_{m\text{tardío}}$; (dB)	250 - 2000	Desconocido	-24dB ; -10dB	dB	-7,9	-11,2	-11,2

5 Conclusiones

La singularidad de una sala como el Teatro-Circo de Albacete, en la que actualmente es posible programar cambios en la configuración escénica entre dos opciones, que le otorgan precisamente su doble denominación como Teatro y Circo, ha generado el interés por evaluar y cuantificar mediante este trabajo las diferencias acústicas que se producen. Resulta evidente que cuando se producen cambios de absorción en una sala, o se proyecta el sonido desde otro punto de emisión deberían verse modificados los parámetros y magnitudes con las que se evalúa subjetivamente la acústica de la sala, pero hasta el momento no se habían podido cuantificar dichas diferencias en base a un procedimiento estándar. En este trabajo se analizan y recopilan las diferencias acústicas encontradas cuando una sala como el Teatro-Circo de Albacete opera en su configuración como Circo o en su configuración como Teatro, permitiendo una primera valoración y cuantificación de sus diferencias. La caracterización de esta sala mediante la evaluación de un grupo de parámetros acústicos fundamentados en la norma ISO 3382-1 ha permitido un completo estudio de los mismos en sus dos configuraciones, y plantea la posibilidad de analizar objetivamente sus diferencias a través de las distintas magnitudes acústicas, que a su vez están íntimamente relacionadas con los aspectos subjetivos del oyente.

Se han observado diferencias significativas entre ambas configuraciones principalmente para las magnitudes fuerza sonora (G_m), tiempo de reverberación inicial (EDT_m), envolvente del oyente (LEV) relativa a las magnitudes binaurales tempranas ($IACC_{m(0,50)}$, $IACC_{m(0,80)}$), y para la magnitud de escenario de soporte tardío ($ST_{m\text{tardío}}$). Estas diferencias apuntan, entre otras cosas, a la percepción de la configuración Circo como una sala más algo más viva tanto en las posiciones de audiencia como de escenario.

Además, si se comparan ambas configuraciones con los resultados típicos para auditorios recogidos en los anexos de la norma ISO 3382-1, se puede establecer que las magnitudes acústicas del Teatro-Circo objeto de este trabajo se corresponden con los rangos típicos de un auditorio, y que las diferencias más significativas entre las dos configuraciones y la referencia para auditorios se encuentran principalmente en la fuerza sonora, y en las magnitudes de escenario de soporte tardío y soporte temprano.

Este primer análisis puede servir de base tanto de experimentación de los procedimientos de medida como de obtención de datos característicos, que posibilita alimentar un modelo de comportamiento acústico específico para cada configuración escénica, a la vez que se permite comparar sus valores promedio en frecuencia de número único, con otro tipo de salas de espectáculos como Teatros o Auditorios. Además permite la validación de modelos de simulación, por lo que abre nuevos campos de experimentación, como por ejemplo analizar y valorar de los cambios acústicos que se producen al alterar la configuración de la sala o abordar con garantías acciones de rehabilitación e intervención en las que se producen modificaciones en la geometría y materiales. El disponer de un modelo de simulación permitiría posteriormente llevar a cabo procesos de auralización, con los que se podría verificar perceptualmente la acústica de la sala, o extender su compatibilidad con sistemas inmersivos. Tal y como indica Bradley [11], “*There is so much we need to understand better!*”. Queda mucho camino por recorrer en este campo y este tipo de investigación focalizada sin duda contribuye al mejor entendimiento de la acústica en las distintas salas de espectáculos.

Referencias

- [1] S. Quintana, J. A. Ballesteros, M. D. Fernández, M. Machimbarrena, and R. Johansson, “Caracterización acústica de Teatros-Circo en base a la normativa ISO-3382,” in *Acustica - Tecniacústica*, 2020.
- [2] M. Barren, “Using the standard on objective measures for concert auditoria, ISO 3382, to give reliable results,” in *Acoustical Science and Technology*, 2005, vol. 26, no. 2, pp. 162–169.
- [3] ISO, “ISO 3382-1 - Acoustics—Measurement of Room Acoustic Parameters—Part 1: Performance Spaces,” *Int. Organ. Stand. Brussels, Belgium*, 2009.
- [4] C. C. J. M. Hak, R. H. C. Wenmaekers, and L. C. J. Van Luxemburg, “Measuring room impulse responses: Impact of the decay range on derived room acoustic parameters,” *Acta Acust. united with Acust.*, vol. 98, no. 6, pp. 907–915, Nov. 2012.
- [5] R. San Martín and M. Arana, “Uncertainties caused by source directivity in room-acoustic investigations,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 123, no. 6, pp. EL133–EL138, Jun. 2008.
- [6] R. Pompoli and N. Prodi, “Guidelines for acoustical measurements inside historical opera houses: Procedures and validation,” *J. Sound Vib.*, 2000.
- [7] T. Akama, H. Suzuki, and A. Omoto, “Distribution of selected monaural acoustical parameters in concert halls,” *Appl. Acoust.*, vol. 71, no. 6, pp. 564–577, 2010.
- [8] Y. Kwon and G. W. Siebein, “Chronological analysis of architectural and acoustical indices in halls for music performance,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 121, no. 5, pp. 2691–2699, Apr. 2007.
- [9] J. S. Bradley, “Comparison of concert hall measurements of spatial impression,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 96, no. 6, pp. 3525–3535, 1994.
- [10] A. Christian, “Acoustics for symphony orchestras; Status after three decades of experimental research,” *Build. Acoust.*, vol. 18, no. 3–4, pp. 181–206, 2011.
- [11] J. S. Bradley, “Review of objective room acoustics measures and future needs,” *Applied Acoustics*. 2011.