



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

SIMULACIÓN ACÚSTICA DE CUARTOS DE CONTROL DE ESTUDIOS DE GRABACIÓN

PACS: 43.55.KA COMPUTER SIMULATION OF ACOUSTICS IN ENCLOSURES, MODELING

Moscoso Bullón, Richard Alfredo
Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria cdra 18 s/n. Apartado 1761, Lima 32
Perú
(51)1 626-2000 Ext 4121 / móvil (51)1 983487686
(51)1 261-6227 (Fax)
richard.moscoso@pucp.edu.pe

Palabras Clave: simulación acústica, cuartos de control, estudios de grabación, parámetros objetivos acústicos

ABSTRACT

The objective of this research project is to present the results of some computer simulations by means of ray tracing based on the main propositions of design for control rooms in recording studios from the 60's. Although the validity of this technique may be questioned when dealing with low frequency simulations, it does acquaint us with the pattern of early reflections, which helps control the quality and consistency of the hearing conditions in studio control rooms. The simulated impulsive responses allow us a comparative evaluation of objective acoustic parameters. Nevertheless, not all are applicable to rooms of small volume. The characteristics from each design philosophy will be compared and discussed in the light of these results.

RESUMEN

El objetivo de éste trabajo de investigación es presentar los resultados de las simulaciones en computadora mediante trazado de rayos aplicado a las principales propuestas de diseño para cuartos de control de estudios de grabación a partir de los años 60. Aunque la validez de la técnica puede cuestionarse para simulaciones a frecuencias bajas, permite el conocimiento del patrón de reflexiones tempranas, la cual controla la calidad y la consistencia de las condiciones de escucha en cuartos de control de estudios. Las respuestas impulsivas simuladas permiten una evaluación comparativa de parámetros acústicos objetivos. Sin embargo, no todos son aplicables a recintos de volumen pequeño. Se compararán las características de cada filosofía de diseño y serán discutidas a la luz de estos resultados.

INTRODUCCIÓN

El estudio de las propiedades acústicas de recintos de gran volumen, tales como Salas de Concierto y Auditorios constituye una de las áreas de investigación más importantes de la acústica arquitectónica, por lo cual se dispone de diversos parámetros objetivos para su

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

evaluación acústica. Sin embargo, no ocurre lo mismo en el caso de recintos de pequeño volumen (usualmente $<100 \text{ m}^3$). Una categoría muy importante de recintos pequeños está constituida por los cuartos de control y de grabación en estudios. La capacidad de diseño y evaluación objetiva acústica disponible es muy limitada en comparación a los recintos de gran volumen. Muchos parámetros objetivos utilizados en recintos de gran volumen no son válidos para evaluación acústica objetiva de cuartos de control.

Todo recinto de “referencia” debe ser acústicamente neutro, es decir, no debe alterar las características del sonido reproducido. En la práctica todo recinto tiene sus propias características acústicas las cuales afectan la impresión subjetiva del oyente, como por ejemplo es el caso del ingeniero de sonido en un cuarto de control. El patrón de reflexiones determina el timbre y el carácter espacial de los sonidos reproducidos. Muchas investigaciones sobre el estudio de los efectos de las reflexiones en oyentes han sido realizadas con sonidos en vivo en recintos de gran volumen. Mediante la norma ITU-R BS.116 [1] el tiempo de reverberación y el patrón de reflexiones tempranas están controlados dentro de ciertos límites críticos para una forma y volumen dados de un determinado recinto, esto constituye un gran avance en el proceso de diseño objetivo de recintos de “referencia” como lo constituyen los cuartos de control.

1. EL PROBLEMA DE LAS REFLEXIONES TEMPRANAS EN CUARTOS DE CONTROL

La respuesta impulsiva de un recinto se obtiene emitiendo un sonido de muy corta duración (del orden de los milisegundos) pero de energía suficiente para que el sonido original más el sonido reflejado por el recinto sea recibido a través de un micrófono de medición ubicado en una posición específica del recinto. Una respuesta impulsiva genérica está representada en la figura 1.1. Las reflexiones tempranas (early reflections), se consideran aproximadamente dentro de los primeros 100 ms posteriores a la emisión del sonido directo. Las reflexiones tardías (late reflections) se consideran a aquellas que no cumplen esta condición [13].

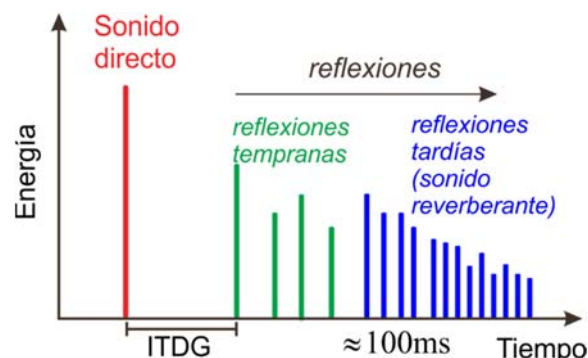


Figura 1.1. respuesta impulsiva genérica

Un parámetro muy importante en la respuesta impulsiva es el intervalo en milisegundos entre el sonido directo y la primera reflexión. Este intervalo se denomina “Tiempo de retardo inicial” o “Initial Time Delay Gap” el cual se denota como ITDG. Generalmente en los cuartos de control las primeras reflexiones son producidas por la consola debido a su ubicación muy cercana a la posición de escucha del ingeniero de sonido. Como consecuencia de esto el ITDG es relativamente corto, del orden de 1 ms [15].

En los recintos de “referencia” o de “escucha crítica” las reflexiones tempranas son muy importantes para la percepción subjetiva del oyente. El efecto de precedencia (Haas effect) produce que el ingeniero de sonido perciba el sonido reproducido a través de los monitores de

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

referencia como grabado en un recinto de las características acústicas del cuarto de control y no con las características acústicas originales[14]. Todo esto debido a que el ITDG es de muy corta duración. Asimismo, un ITDG mayor o igual a 30ms se percibirá como un eco. La solución obvia es la supresión de las reflexiones tempranas hasta antes de los 30ms, lo cual es difícil de lograr y constituye la característica particular de cada filosofía de diseño, la cual es básicamente como se manipulan las reflexiones tempranas.

Según R. Walker [9], luego de sus investigaciones en la BBC y basándose en los estudios de Olive y Toole [5] y resultados de Bech [6],[7],[8] adoptó como regla de diseño que ninguna de las reflexiones tempranas hasta los 20 ms después del sonido directo debía tener una intensidad mayor a -20dB relativos a la amplitud del sonido directo. Walker, luego de realizar mediciones y pruebas en cuartos de control reales, concluyó como regla práctica de diseño que los niveles de las reflexiones antes de los 15 ms relativas al sonido directo deben de tener una amplitud máxima de -15 dB relativa a la del sonido directo.

2.1. Cuarto de Control y filosofías seleccionadas de diseño

Cuartos vivos (live rooms)

Hasta la segunda mitad de los años 50 se realizaba la grabación de orquestas e instrumentos sin amplificación. Se procuraba recrear el ambiente parecido a aquel en el cual la música sería reproducida. Esto implicaba tiempos de reverberación elevados, del orden de 1 segundo.

Dead Rooms

Esta filosofía de diseño apareció y se hizo muy popular en los años 60, el cuarto de control "acústicamente muerto" o "Dead Room" [3]. Con la aparición de nuevos estilos musicales (Rock, Pop) las sonoridades de los nuevos instrumentos exigieron un cambio en el diseño de las salas técnicas. Se eliminaron radicalmente todas las reflexiones, esto se consigue haciéndolo muy absorbente, casi anecoico. De esta forma el ingeniero de sonido percibirá el sonido directo a través de los altavoces de referencia. Los tiempos de reverberación se reducen al orden de menos de 0,2 s como valor típico. Un cuarto de control con estas características presenta varias dificultades: un ambiente muy absorbente es "no-natural" no muy confortable y además la calidad de la imagen estéreo es muy dependiente de la ubicación del ingeniero de sonido respecto a los monitores.

Live End – Dead End (LEDE)

Don Davis [2] propuso una nueva filosofía en los años 80, cuyo objetivo era extender el intervalo de tiempo entre el sonido directo y las reflexiones del cuarto (ITDG). Su propuesta consiste en que la parte frontal sea absorbente y la parte posterior sea reflectiva y difusiva, pero sin causar ecos. Los principales problemas de diseño consisten en evitar las reflexiones en la posición del ingeniero de sonido producidas por la ventana que comunica el cuarto de control con el de grabación y una correcta difusión de la pared posterior. La gran contribución de Davis la constituye el estudio de la respuesta impulsiva del recinto como método para el diseño acústico, además del impulso que dio al estudio de la difusión de superficies.

Reflection Free Zone (RFZ)

El concepto LEDE dio origen a otra filosofía de diseño, la filosofía RFZ D'Antonio [4]. Su principal objetivo es crear un área libre de reflexiones, produciendo una sensación subjetiva de un ambiente cuasi-anecoico para el ingeniero de sonido. Para conseguir esta "zona libre de

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

reflexiones” se deben redireccionar las reflexiones de la ventana y otras superficies reflectivas lo cual implica una modificación de la geometría de un cuarto LEDE.

Early Sound Scattering (ESS)

Su característica es una parte frontal muy difusiva, incluyendo a las paredes en las cuales los monitores de referencia son colocados. El resto es absorbente con la mayor parte de la absorción de baja frecuencia proporcionada por paneles acústicos. [12]

Controlled Image Design (CID)

Propuesto por Walker [10]. Combina las filosofías LEDE y RFZ. Su diseño se basa en el uso de superficies reflectoras para crear una zona libre de reflexiones, en lugar de las superficies absorbentes tradicionalmente utilizadas alrededor del oyente. La pared posterior no es difusora. Walker reporta un incremento natural en la reverberación y una imagen estéreo más clara.

2.2. Cuarto de Control de Referencia

El cuarto de control seleccionado para las simulaciones es rectangular con dimensiones (largo x ancho x altura) 6,70 m x 4,90 m x 3,25 m que corresponden a las dimensiones del recinto construido por Walker como prototipo en los estudios de la BBC.

La aplicación de las filosofías LIVE, DEAD y LEDE no requiere modificación de la geometría del recinto, solamente la distribución de material en su interior. En el caso de las filosofías CID y RFZ se utilizó el diseño propuesto por Walker para modificar la geometría del recinto rectangular como se muestra en la figura 2.1.

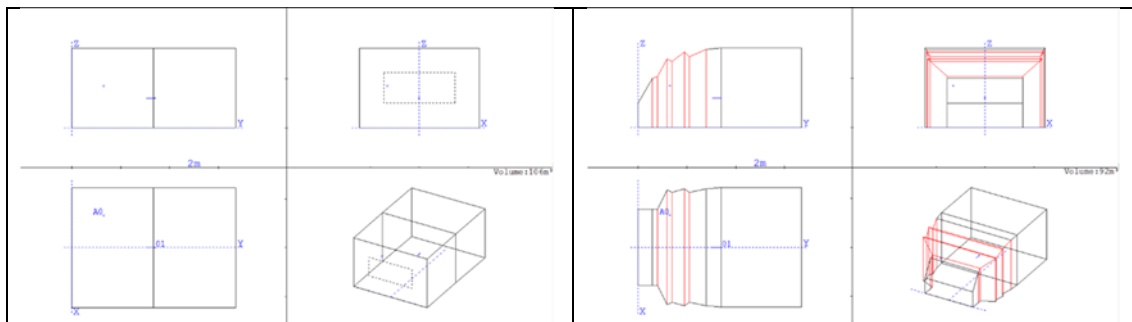


Figura 2.1: Características del recinto base rectangular y geometría CID y RFZ aplicada.

3. Simulación Acústica

3.1 Parámetros objetivos seleccionados

Los parámetros seleccionados en este estudio son: Tiempo de retardo inicial (ITDG). Claridad a 5, 10 y 20 ms. C5, C10 y C20 respectivamente, en dB. Tiempo Central (Ts), en milisegundos. Early decay time (EDT), en segundos. T30 en segundos.

De acuerdo a Furjes [11] el tiempo central (Ts) está correlacionado con la “impresión espacial” y la Claridad a 20 ms (C20) está correlacionada con la calidad de la imagen estéreo y el parámetro “M” definido como C20-C5 está correlacionado con el timbre.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

3.2 Resultados

En las figuras 3.1 se muestran los resultados de las simulaciones.

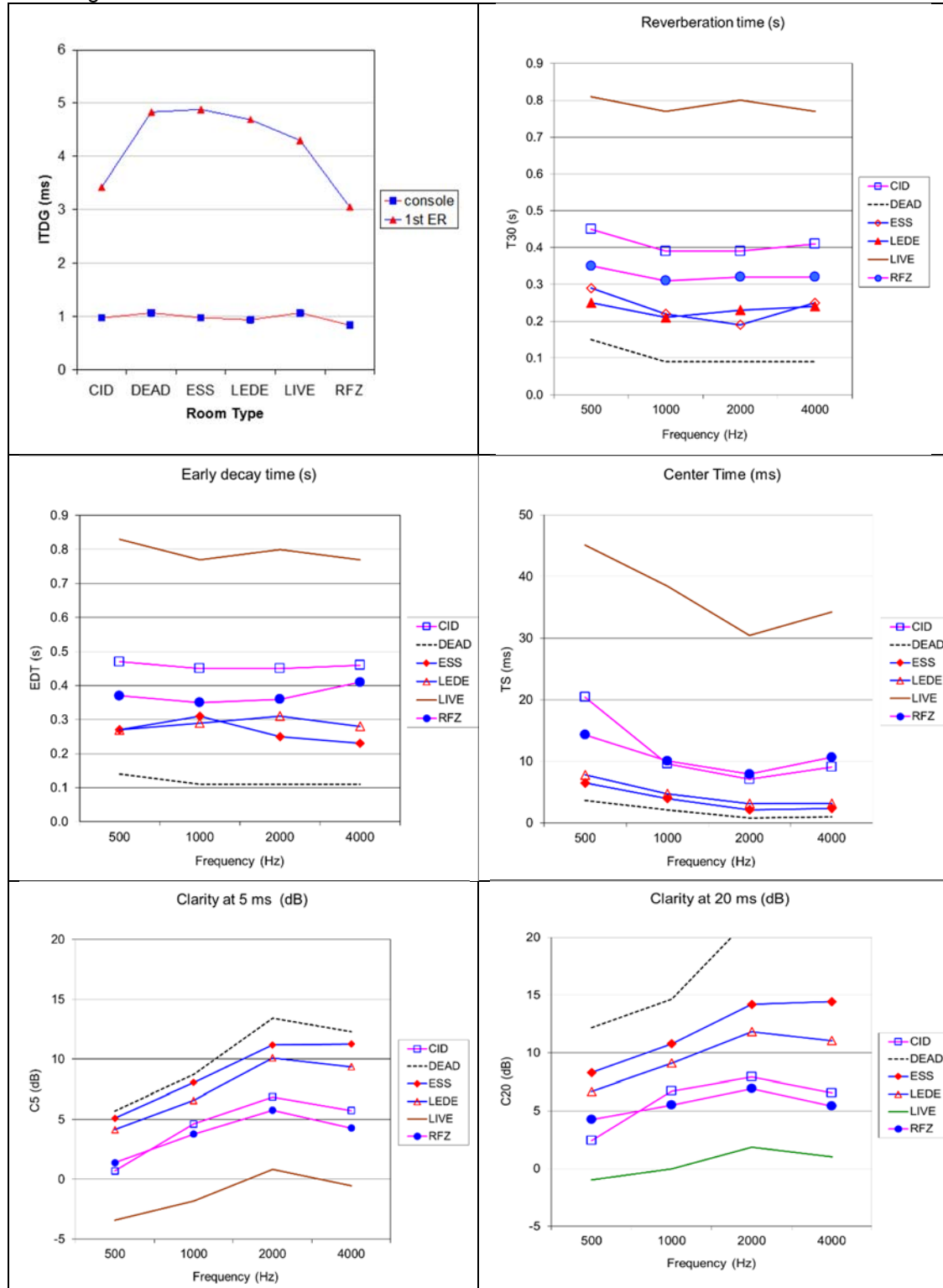


Figura 3.1. Parámetros acústicos objetivos calculados para cada tipo de recinto.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Podemos observar que el tiempo de reverberación promedio es aproximadamente 0,35 s. y el volumen del recinto rectangular base es 106,7 m³ podemos estimar que la frecuencia de Schroeder correspondiente es $f_s = 2000\sqrt{T/V} = 114,4$ Hz. Las frecuencias para las cuales el modelo geométrico es válido [16] son aquellas a partir de $4f_s$; 450 Hz por lo cual los resultados mediante trazado pueden considerarse a partir de la banda de 1/1 octava centrada en 500 Hz.

Conclusiones

La primera reflexión temprana siempre proviene de la consola mezcladora lo cual constituye un problema pues reduce el ITDG. Asimismo, la modificación geométrica requerida por las filosofías RFZ y CID del cuarto rectangular de referencia reduce el ITDG. Las filosofías DEAD, LEDE y ESS tienen un ITDG mayor. Las filosofías RFZ y CID si reducen claramente las reflexiones tempranas en el intervalo [0, 20ms]. Según los parámetros sugeridos por Furges, el EDT parece ser ligeramente más efectivo que el T30 y de acuerdo al análisis de las gráficas de C20 las filosofías RFZ y CID sugieren que tienen una mejor imagen estéreo que las filosofías LEDE y ESS.

Definitivamente se necesita una investigación más exhaustiva en parámetros para calificar objetivamente recintos pequeños. Un siguiente paso en el trabajo de investigación futuro debe consistir en estudios subjetivos en cuartos de control mediante auralizaciones.

Referencias

- [1] ITU-R Rec. BS.1116, "Methods for the Subjective Assessment of Small Impairments in Audio Systems, Including Multi-Channel Sound Systems," International Telecommunications Union, Geneva, Switzerland (1998).
- [2] Davis, Don; Davis, Chips, "The LEDE- Concept for the Control of Acoustic and Psychoacoustic Parameters in Recording Control Rooms," J. Audio Eng. Soc. Vol. 28 (9) p. 585-595; (1980).
- [3] Voelker, E. J. "Proposals for a Standard Control Room," presented at the 75th Convention of the Audio Engineering Society, J. Audio Eng. Soc. preprint 2081, (1984)
- [4] D'Antonio, Peter; Konnert, John H "The RFZ/RPG Approach to Control Room Monitoring," presented at the 76th Convention of the Audio Engineering Society, J. Audio Eng. Soc. preprint 2157, (1984)
- [5] S. E. Olive and F. E. Toole, "The Detection of Reflections in Typical Rooms," presented at the 85th Convention of the Audio Engineering Society, J. Audio Eng. Soc. (Abstracts), vol. 36, p. 1029 (1988), preprint 2719.
- [6] S. Bech, "Timbral Aspect of Reproduced Sound in Small Rooms, I," J. Acoust. Soc. Am., vol. 97, pp. 1717–1726 (1995).
- [7] S. Bech, "Timbral Aspect of Reproduced Sound in Small Rooms, II," J. Acoust. Soc. Am., vol. 99, pp. 3539–3549 (1996).
- [8] S. Bech, "Spatial Aspect of Reproduced Sound in Small Rooms," J. Acoust. Soc. Am., vol. 103, pp. 434–445 (1998).



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

[9] R. Walker, "A New Approach to the Design of Control Room Acoustics for Stereophony," presented at the 94th Convention of the Audio Engineering Society, J. Audio Eng. Soc. (Abstracts), vol. 41, p. 400 (1993), preprint 3543.

[10] R. Walker, "Early Reflections in Studio Control Rooms: The Results from the First Controlled Image Design Installations," presented at the 96th Convention of the Audio Engineering Society, J. Audio Eng. Soc. (Abstracts), vol. 42, p. 408 (1994), preprint 3853.

[11] Andor T. Fürjes, Éva Arató-Borsi and Fülöp Augusztinovicz, "Evaluation and Design of Small Rooms," presented at the 96th Convention of the Audio Engineering Society, Building Acoustics, vol. 7(4), p. 277-296 (2000).

[12] A. Parry, BETTER BY DESIGN Early Sound Scattering and Control Room Design, (1997) http://www.soundonsound.com/sos/1997_articles/jan97/controlrooms.html

[13] Y. Hu and K. Kokkinakis "Effects of early and late reflections on intelligibility of reverberated speech by cochlear implant listeners". JASA Express Letters. J. Acoust. Soc. Am. 135 (1), January 2014. <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.4834455>

[14] Clifton, R.K., Freyman, R.L. & Meo, J. Perception & Psychophysics (2002) 64: 180. <https://doi.org/10.3758/BF03195784>

[15] Moscoso R. and Bistafa S. , Acoustic simulations of studio control rooms J. Acoust. Soc. Am. 112, 2256 (2002) <http://scitation.aip.org/content/asa/journal/jasa/112/5/10.1121/1.4778994>

[16] Sound System Engineering Don Davis-Carolyn Davis - Sams - 1986