

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

Carlos Ignacio Gutiérrez Cioni

*Refugios Acústicos: El Bar Hi-Fi Como
Espacio Social Contemporáneo*

REFUGIOS ACÚSTICOS: EL BAR HI-FI COMO ESPACIO SOCIAL CON-
TEMPORÁNEO

Estudiante

Carlos Ignacio Gutiérrez

Expediente 21661

Tutora

María de los Ángeles Navacerrada Saturio

Departamento de Estructuras y Física de la Edificación

Aula TFG 01

Moreno Fernández, Esther. *coordinadora*

Álvarez Rodríguez, Raquel. *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Enero 2026



Carlos Ignacio Gutiérrez Cioni

Índice

RESUMEN

ABSTRACT

1. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición Cultural y Técnica de la Alta Fidelidad

2.2 Los Bares Hi-Fi como programa social contemporáneo

3. ORIGEN HISTÓRICO DE LOS ESPACIOS DE ESCUCHA COLECTIVA

3.1 La Búsqueda del Origen: El Kissaten como Refugio

3.2 El Jazz Kissa

3.2.1 La Figura del Master

3.2.2 El Silencio como norma

3.3 Jazz Kissa Dug en Shinjuku, Tokio

3.4 Evolución y Supervivencia del Concepto: El ADN del Kissaten en el Bar Hi-Fi Global.

4. Casos de Estudio

4.1 El Eco de Japón: La nueva ola de escucha

4.2 Caso de Estudio: La Analógica

4.3 Caso de Estudio: Toma Café 3 / Proper Sound

5. Parámetros Acústicos

5.1 Las Primeras Reflexiones

5.2 Tiempo de Reverberación (TR)

5.3 Claridad Musical (C80)

5.4 Definición de la Palabra (D50)

6. Metodología de las Mediciones Acústicas In-Situ

6.1 Configuración de medidas Caso La Analógica

6.2 Configuración de medidas Caso Toma Café 3 / Proper Sound

7. Análisis de Resultados

7.1 Análisis de Resultados del Caso de estudio: La Analógica

7.2 Análisis de Resultados del Caso de estudio: Toma Café 3

8. CONCLUSIONES

Bibliografía y recursos digitales

Procedencia de las ilustraciones

Anexo

Resumen

Este trabajo de investigación propone un recorrido transversal por el fenómeno de los Bares Hi-Fi, analizando su evolución desde una perspectiva tanto cultural como técnica con especial atención a los aspectos de acústica involucrados. El estudio parte de la búsqueda del origen en Japón, identificando el Kissaten y, más específicamente, el Jazz Kissa como el germen de estos espacios. Se explora la concepción de estos locales como "refugios" urbanos, donde la figura del "Master" y la norma del silencio establecieron un código de escucha colectiva único que ha dejado su impronta en el ADN de la nueva ola global de bares de escucha.

En la segunda parte del trabajo, la investigación se traslada al análisis empírico mediante el estudio de dos casos contemporáneos: La Analógica y Toma Café 3 / Proper Sound. Para evaluar si estos espacios cumplen con los estándares de alta fidelidad, se desarrolla una metodología de medición in-situ utilizando dispositivos de grabación binaural. Este enfoque permite capturar la respuesta espacial de la sala de forma fiel a la percepción humana. El procesamiento de estas señales se realiza mediante el software DIRAC. A través del cálculo de parámetros críticos como el Tiempo de Reverberación (RT), la Claridad Musical (C80) y la Definición (D50), el trabajo ofrece una radiografía técnica que permite concluir cómo el diseño acústico soporta la función social y cultural de estos nuevos templos del sonido

PALABRAS CLAVE

Bares Hi-Fi - Jazz Kissa, Kissaten - Alta Fidelidad - Grabación Binaural - Acústica Arquitectónica

Abstract

This research paper presents a transversal analysis of the Hi-Fi Bar phenomenon, examining its evolution from both cultural and technical perspectives. The study begins by tracing its origins to Japan, identifying the Kissaten and, more specifically, the Jazz Kissa as the seeds of these spaces. It explores the conception of these venues as urban "refugios" (refuges), where the figure of the "Master" and the norm of silence established a unique collective listening code that has imprinted its DNA on the global new wave of listening bars.

In the second part of the paper, the research moves into empirical analysis through the study of two contemporary case studies: La Analógica and Toma Café 3 / Proper Sound. To evaluate whether these spaces meet high-fidelity standards, an in-situ measurement methodology is developed using binaural recording devices. This approach captures the room's spatial response accurately, mimicking human perception. The processing of these signals is conducted using DIRAC software, following the theoretical criteria of Antoni Carrión Isbert. By calculating critical parameters such as Reverberation Time (RT), Musical Clarity (C80), and Definition (D50), the work provides a technical radiography that demonstrates how acoustic design supports the social and cultural function of these new temples of sound.

KEY WORDS

Hi-Fi bars - Jazz Kissa, Kissaten - Hi-Fi - High Fidelity - Architectural Acoustics

1. Motivación y Objetivos

Mi interés por la relación entre arquitectura y acústica nace desde que profundice en esta área en el año 2024 en la asignatura llamada Taller Experimental II de Acústica donde despertó en mi un interés por la relación con la arquitectura. El sonido tiene el poder de moldear nuestras experiencias, más profundas y su calidad depende no solo de los equipos electrónicos, sino fundamentalmente del propio diseño del espacio.

La geometría de una sala, los materiales escogidos o su volumetría son los que definen el carácter acústico de un lugar mucho antes de que se encienda cualquier equipo, convirtiendo al sonido en un material de construcción tan tangible y esencial como el ladrillo o la luz para crear una atmósfera.

Mi curiosidad sobre los bares Hi-Fi surge a raíz de leer una noticia. Esto me animo a visitarlo para experimentar como funcionaban. Mi percepción fue que en estos espacios no solo el equipo de sonido, sino la geometría del espacio y sus materiales influían en la experiencia. Por esta razón, el estudio de estos espacios respondía a mi interés por la relación entre diseño arquitectónico y acústica.

Considero que este estudio es especialmente relevante en el contexto urbano actual por varias razones. Vivimos en ciudades cada vez más ruidosas y saturadas de estímulos. La contaminación acústica es un problema real que afecta a nuestra salud y bienestar. En este entorno, crear espacios que ofrezcan confort acústico y experiencias sonoras de calidad ya no es un lujo, sino una necesidad. Estudiar la relación entre la acústica y la arquitectura nos da las herramientas para diseñar refugios sonoros dentro de la ciudad, lugares que nos permitan reconectar con el placer de escuchar y que mejoren nuestra calidad de vida urbana. Se trata, en definitiva, de recuperar el valor del silencio y del sonido bien diseñado en un mundo que a menudo olvida la importancia de escuchar.

El objetivo principal de este trabajo es analizar una selección de espacios de escucha, los bares Hi-Fi. Para verificar si su diseño arquitectónico responde eficazmente a los requisitos de la alta fidelidad, y a partir de ello, identificar estrategias de diseño efectivas.

En el panorama actual, existe un interés creciente por entornos que ofrezcan una experiencia sonora de calidad, lejos de la saturación de ruido de la vida urbana. Sin embargo, la creación de estos ambientes implica retos importantes, ya que la calidad sonora final no depende solo del equipo de audio, sino fundamentalmente de la propia arquitectura del lugar.

Esto conduce a problemas claves, como la necesidad de controlar la reverberación excesiva, un eco indeseado que se produce a menudo por el volumen de los espacios y el uso de materiales que reflejan el sonido. Este fenómeno puede afectar negativamente la nitidez y el detalle de la música, comprometiendo así la experiencia para la que el espacio fue concebido.

Este trabajo analizará en profundidad algunos locales Hi-Fi ubicados en la Comunidad de Madrid a través de un análisis colectivo. Se evaluará cómo la forma, la elección de los materiales y la distribución del mobiliario entre otros factores juegan un papel decisivo en la calidad acústica final. Por último, se examinará el papel de estos locales como nuevos espacios culturales en la ciudad, entendiendo su diseño como una respuesta directa a la búsqueda de entornos de bienestar sonoro.

2. Marco Teórico

2.1 Definición Cultural y Técnica de la Alta Fidelidad

Hi-fi es la abreviatura anglosajona del término “High Fidelity”, que en español significa Alta Fidelidad. Se refiere a un ideal en la reproducción del sonido, específicamente la capacidad de un sistema de audio para recrear una grabación de manera tan precisa y fiel al original que la experiencia del oyente sea lo más cercana posible a lo que sería una interpretación en vivo. Por tanto, no se trata de un estándar técnico único e inamovible, sino de una filosofía de diseño y un objetivo de calidad que representa un ideal cultural y filosófico en la reproducción sonora debido a la ambición de recrear una grabación con tal grado de precisión que la barrera entre la interpretación original y la escucha doméstica se disuelva. Esta búsqueda de un «sonido transparente» no surgió de la nada, sino que fue el resultado de una combinación de avances tecnológicos y profundos cambios sociales en la era de la posguerra.

El Origen del Término

El concepto de «alta fidelidad» comenzó a gestarse en la década de 1930, pero fue en los años 50 cuando se empezó a reconocer en la conciencia pública. El catalizador fue la introducción del disco de vinilo microsurco de Larga Duración (LP) por Columbia Records en 1948. Este nuevo formato no solo permitía grabaciones más largas, sino que ofrecía un rango dinámico y una respuesta en frecuencia muy superiores a los frágiles discos de 78 revoluciones por minuto (rpm). De repente, existía un medio capaz de contener un sonido de gran calidad, pero los gramófonos y radios de la época eran incapaces de reproducirlo fielmente.¹

Esto dio origen a una nueva figura llamada el «audiófilo», un aficionado a menudo con conocimientos de ingeniería, que buscaba construir su propio sistema de sonido por componentes para exprimir al máximo la calidad de los nuevos LPs. El término «high fidelity» se convirtió en su estandarte, una forma de diferenciar sus equipos compuestos por un tocadiscos, un amplificador y altavoces cuidadosamente seleccionados, de los electrodomésticos de consumo convencional.

1. Novak, D. (2008). 256 metres of space: Japanese music coffeehouses and experimental practices of listening. *Popular Music*, Cambridge University Press (Uc Santa Barbara).

La escucha de música en casa dejó de ser un mero pasatiempo para convertirse en una afición seria, un ritual centrado en la apreciación de la calidad sonora.

Los equipos de esta «edad de oro» del Hi-Fi, aproximadamente entre los años 1950 y 1970 no eran solo aparatos funcionales, sino también objetos de un cuidado diseño industrial, a menudo con acabados en madera y metal que como se puede observar en las figuras 1 y 2, reflejaban optimismo y modernidad. Se convirtieron en el centro del salón, piezas de mobiliario que comunicaban estatus y sofisticación cultural.



Figura 1

*Amplificador de potencia
McIntosh MC275 . 1961.*



Figura 2

*Pre amplificador Marantz
Model 7 . 1958.*

Principios fundamentales de la Alta Fidelidad

Conceptualmente, la alta fidelidad se fundamenta en la minimización de cualquier alteración que el sistema de reproducción pueda introducir en la señal de audio original. Basandonos en la información que recopila la Audio Engineering Society podemos describir este ideal en tres características técnicas medibles y fundamentales ²:

- **Mínima Distorsión:** La distorsión es cualquier cambio no deseado en la forma de la onda de sonido. Un sistema Hi-Fi debe tener un nivel de Distorsión Armónica Total (THD, Total Harmonic Distortion) extremadamente bajo. El THD es un parámetro clave que cuantifica la «pureza» de un sistema de audio, midiendo la contaminación sonora que el equipo añade a la señal original. Esta distorsión se produce cuando las imperfecciones de los circuitos electrónicos generan armónicos, que son frecuencias múltiplos de una nota pura original o «frecuencia fundamental» y que no estaban en la grabación. La THD expresa en un porcentaje el nivel de estos sonidos indeseados; por tanto, un valor extremadamente bajo es un requisito indispensable para la alta fidelidad, pues garantiza una reproducción transparente y fiel, libre de las «coloraciones» que la propia electrónica puede añadir al sonido.
- **Respuesta en Frecuencia Plana y Amplia:** El oído humano puede percibir, en condiciones ideales, un rango de frecuencias que va desde los 20 hercios (Hz) hasta los 20.000 Hz (20 kHz). Un sistema de alta fidelidad debe ser capaz de reproducir este espectro completo de manera uniforme, sin atenuar ni enfatizar ninguna frecuencia. Esta "respuesta plana" asegura que se escuchen tanto los graves más profundos como los agudos más sutiles con el mismo equilibrio con el que fueron grabados.
- **Bajo Nivel de Ruido:** La profundidad de la experiencia auditiva se define por la relación entre la señal musical y su ruido de fondo. El "Noise Floor" o suelo de ruido puede entenderse como la "contaminación lumínica" de un sistema de audio; un velo constante que oculta los detalles más sutiles. Para medir esta claridad se utiliza la Relación Señal/Ruido (S/N Ratio), un valor que cuantifica cuánto más potente es el sonido de la música frente a ese ruido de fondo. Al igual que solo un cielo nocturno verdaderamente oscuro permite ver las estrellas más tenues, únicamente un S/N Ratio alto garantiza que emerjan las micro informaciones de una grabación, como la textura de un instrumento o el aire entre las notas. Este bajo nivel de ruido es lo que posibilita un amplio rango dinámico, dotando a la música de su capacidad para el realismo, la tridimensionalidad y el impacto emocional.

2. Audio Engineering Society. (2025). Pro Audio Reference. AES Technical Council, Audio Engineering Society.

En resumen, la alta fidelidad no es simplemente "buen sonido", sino un compromiso con la pureza y la autenticidad de la reproducción. Es la búsqueda de una transparencia acústica tal que el sistema de audio "desaparece", dejando al oyente a solas con la música tal y como fue creada por el artista. Este concepto es la piedra angular sobre la que se construyen los bares Hi-Fi.

2.2 Los Bares Hi-Fi como Programas Sociales

En el panorama contemporáneo de la hostelería y los espacios culturales, ha surgido con fuerza una nueva tipología: el bar Hi-Fi. Lejos de ser una simple tendencia para audiófilos, estos locales representan un programa arquitectónico híbrido que fusiona la función social de un bar con la precisión técnica de una sala de escucha o un estudio de grabación. Son espacios concebidos con un objetivo primordial: ofrecer una experiencia de escucha musical colectiva de la más alta fidelidad.

La principal característica que los define es una inversión radical de las prioridades tradicionales. Si en un bar convencional la música es un elemento de fondo, un mero complemento ambiental, en el bar Hi-Fi la música y la calidad de su reproducción son el elemento central y protagonista. Todo el diseño, desde la distribución espacial hasta la elección del último material, debería subordinarse a este fin.

En estos locales, la arquitectura y la tecnología convergen de manera inseparable. El sistema de audio de alta gama no es un mero accesorio, sino el corazón funcional y estético que dicta la organización del espacio. A su vez, el diseño arquitectónico se convierte en una herramienta activa para la acústica, utilizando la geometría y una cuidada selección de materiales para crear un entorno de escucha controlado y una atmósfera que invita a una inmersión atenta y colectiva.

3. Orígenes Históricos de los Espacios de Escucha Colectiva

3.1 La Búsqueda del Origen: El *Kissaten* como Refugio

La intuición inicial al analizar el programa del bar Hi-Fi podría señalar una simple evolución de la cultura de club o de la hostelería especializada. Sin embargo, en mi investigación, el rastreo de fuentes periodísticas contemporáneas que analizan este fenómeno global reveló una referencia recurrente que apuntaba en una dirección completamente distinta: los jazz kissa japoneses.³ Esta pista me llevó a indagar en el significado y la historia de estos locales, descubriendo un linaje mucho más específico y culturalmente rico que el esperado.

Este rastro nos transporta de manera inequívoca al Japón de la posguerra. En un país marcado por la reconstrucción y una rápida urbanización, Según Novak¹, las estructuras sociales y espaciales se vieron profundamente alteradas. Las viviendas en las grandes ciudades eran en esa época usualmente pequeñas y congestionadas, limitando las oportunidades para el ocio, el estudio o la simple introspección. Fue en respuesta a esta necesidad colectiva que proliferó el *kissaten*, un tipo de espacio que se convertiría en una institución de la vida urbana japonesa.

Figura 3

Satei Hato Kissaten
(kissaten retro)



1. Novak, D. (2008). 256 metres of space: Japanese music coffeehouses and experimental practices of listening. Popular Music, Cambridge University Press (Uc Santa Barbara).

3. El País. (2025). Ir al bar a escuchar música: la nueva moda de los hi-fi bars.



Figura 4

*Tajimaya Kissaten.
(kissaten retro)*

Antes de especializarse en música, el kissaten debe ser entendido en su forma más pura. Inspirados en los salones de té y cafés europeos, pero profundamente adaptados a la sensibilidad local, estos locales eran mucho más que simples cafeterías. Funcionaban como un microcosmos de calma en medio del caos de la metrópoli, un refugio sensorial. Eran una extensión de la sala de estar que muchos no tenían, donde por el precio de una taza de café se podía permanecer durante horas. El diseño de estos espacios solía favorecer esta atmósfera de introspección: predominaba la madera oscura, la iluminación era tenue y focalizada, y el mobiliario se disponía para crear pequeñas burbujas de privacidad.

El "Master" o dueño del local como podemos observar en la *Figura 5*, actuaba como un anfitrión silencioso al que también se le podría llamar Sensei ya que es un honorífico que se usa para mostrar respeto a expertos en su campo. La presencia de estos garantizaba el orden y la tranquilidad del ambiente. De esta forma, el kissaten se consolidó como un "tercer espacio" fundamental, dando lugar a una cultura de ocio que era simultáneamente pública en su localización e íntima en su experiencia.



Figura 5

Kissaten original y su master efectuando la acción principal de brindar servicio a su manera.

3.2 El Jazz Kissa

Si el kissaten generalista fue la respuesta a una necesidad espacial en el Japón de la posguerra, su evolución hacia el jazz kissa representa una sofisticación mucho más profunda: la creación de un espacio diseñado no solo para estar, sino para escuchar. Esta nueva tipología no fue una simple cafetería con música de fondo, sino una singularidad arquitectónica y social, un lugar cuyo programa entero se subordinaba a la reproducción de sonido de alta fidelidad, anticipando en más de medio siglo el fenómeno de los bares Hi-Fi contemporáneos.

El surgimiento de estos "templos de la escucha" fue una respuesta directa y casi inevitable a un conjunto de condiciones económicas y culturales muy específicas. Como detalla extensamente el historiador E. Taylor Atkins ⁴, en su trabajo sobre el jazz en Japón, la fascinación de la juventud por esta música, percibida como un vehículo de modernidad e individualismo, chocaba frontalmente con la realidad material. Los discos de vinilo importados eran un lujo exorbitante, a menudo costando una fracción significativa del salario mensual de un joven. A esto se sumaba el prohibitivo coste de los componentes de audio de alta fidelidad (tocadiscos, amplificadores de válvulas, altavoces de gran tamaño), que los convertía en objetos de deseo inalcanzables. El jazz kissa nació para resolver esta paradoja, socializando el acceso a un bien cultural escaso y ofreciendo una experiencia sonora que era, en esencia, imposible de replicar en el ámbito doméstico.

4. Atkins, E. T. (2003). *Oto no geni: 'Sound-Experience' in a Japanese music coffeehouse*. Perfect Beat.

La experiencia que proponían era, para la época, revolucionaria. En un mundo dominado por el sonido monofónico y de baja fidelidad de las radios de transistores, entrar en un jazz kissa era una inmersión sensorial. Fue la primera vez que muchos oyentes pudieron experimentar la música en estéreo, con una claridad, un rango dinámico y una presencia física que revelaba capas de complejidad instrumental hasta entonces inaudibles. El formato de escucha, además, era radicalmente distinto al consumo fragmentado. Se reproducían álbumes completos, respetando la integridad de la obra y permitiendo a los oyentes comprender la narrativa musical que el artista había concebido. Viñuela señala en su estudio que esto convertía a los kissa en auténticos centros de pedagogía musical, donde se aprendía a escuchar de una manera activa y analítica.⁵



Figura 6

Yokohama Jazz Kissa 02

5. Viñuela, E. (2011). Kissaten: el café como espacio de escucha en el Japón contemporáneo. *Revista de Etnomusicología*.

3.2.1 La Figura del "Master" en el Jazz Kissa

En el centro del universo del jazz kissa se erigía la figura del "Master". Su rol, como explica Atkins,⁴ trascendía con creces el de un simple propietario para convertirse en el de un guardián de la cultura (gatekeeper) y un mediador fundamental entre la música y el oyente. Su autoridad emanaba de una erudición musical casi enciclopédica, manifestada en una vasta colección de discos que a menudo superaba la de las emisoras de radio locales. Pero su legitimidad no era solo musicológica, sino también técnica. Muchos eran expertos en electrónica, capaces de montar, reparar y modificar sus propios sistemas de sonido para optimizar la acústica de sus locales. El equipo de audio era su santuario personal y su instrumento de trabajo, un altar tecnológico exhibido con orgullo que se convertía en el foco visual y gravitacional del espacio.

Más allá de su función técnica, el "Master" era el director de una ceremonia silenciosa. Su selección musical no era aleatoria ni complaciente; era una declaración de intenciones, una lección magistral que podía durar horas. No solía aceptar peticiones, pues se entendía que el cliente no acudía a escuchar lo que quería, sino a descubrir lo que el encargado consideraba esencial. De esta forma, moldeaba activamente el gusto de generaciones enteras, convirtiendo su pequeño local en un influyente nodo cultural dentro de la ciudad.



Figura 7

*Master en su Jazz Kissa
compartiendo sus
ideales musicales*

4. Atkins, E. T. (2003). Oto no geni: 'Sound-Experience' in a Japanese music coffeehouse. Perfect Beat.

3.2.2 El Silencio como Norma: La Escucha Atenta

La característica más definitoria del jazz kissa era una atmósfera de silencio casi absoluto, una condición que iba más allá de una simple norma de cortesía para convertirse en el elemento central del diseño de la experiencia. Este silencio no era un vacío, sino un componente activo, un "espacio negativo" conscientemente creado para maximizar la percepción del objeto sonoro. La propia arquitectura del lugar estaba diseñada para inducir y proteger este estado de concentración.

La iluminación solía ser tenue, indirecta y focalizada, minimizando las distracciones visuales y creando un ambiente íntimo que favorecía la introspección. El mobiliario, a menudo compuesto por sillas individuales o bancos orientados hacia los altavoces, reforzaba una disposición de escucha similar a la de un auditorio, desalentando la conversación cara a cara. Como apunta Viñuela, la experiencia resultante era una fascinante paradoja: una actividad profundamente individual (la inmersión en la música) que tenía lugar en un espacio densamente colectivo. El silencio compartido, lejos de ser alienante, forjaba un poderoso vínculo tácito entre los presentes, una comunidad unida no por la palabra, sino por la experiencia compartida de una escucha atenta y reverencial.

3.3 "Jazz Kissa Dug" en Shinjuku, Tokio

Para materializar los conceptos explicados anteriormente, resulta fundamental analizar uno de los jazz kissa más icónicos y longevos, para ello no solo me baso en el estudio elaborado por Novak sino en medios relevantes de este ámbito como revistas de vanguardia que enlistan los sitios más icónicos de la época como la revista Japan Nakama.⁶

Dug, fundado por el fotógrafo Hozumi Nakadaira en 1967. En su narrativa David Novak¹ describe este establecimiento nace como la evolución natural del local Dig, su hermano mayor. Fundado en 1961 y recordado como uno de los templos originales de la escucha seria o shikin en el barrio de Shinjuku. Mientras que Dig representaba el arquetipo del kissa rígido, caracterizado por la estricta prohibición de hablar conocida como Shigo Kinshi, Dug surgió con un espíritu ligeramente más flexible y permeable a la contracultura artística de la época.

Ubicado en un sótano, el acceso como podemos observar en la figura 8 a Dug supone una transición sensorial que comienza con un descenso por una escalera estrecha que aísla al visitante del caos urbano de la capital japonesa. Las paredes de este acceso están densamente cubiertas por una amalgama de carteles, anuncios y recortes de prensa que funcionan como un

1. Novak, D. (2008). *256 metres of space: Japanese music coffeehouses and experimental practices of listening*. Popular Music, Cambridge University Press (Uc Santa Barbara).

6. Japan Nakama. *Vanishing World of Japanese Jazz Culture*.

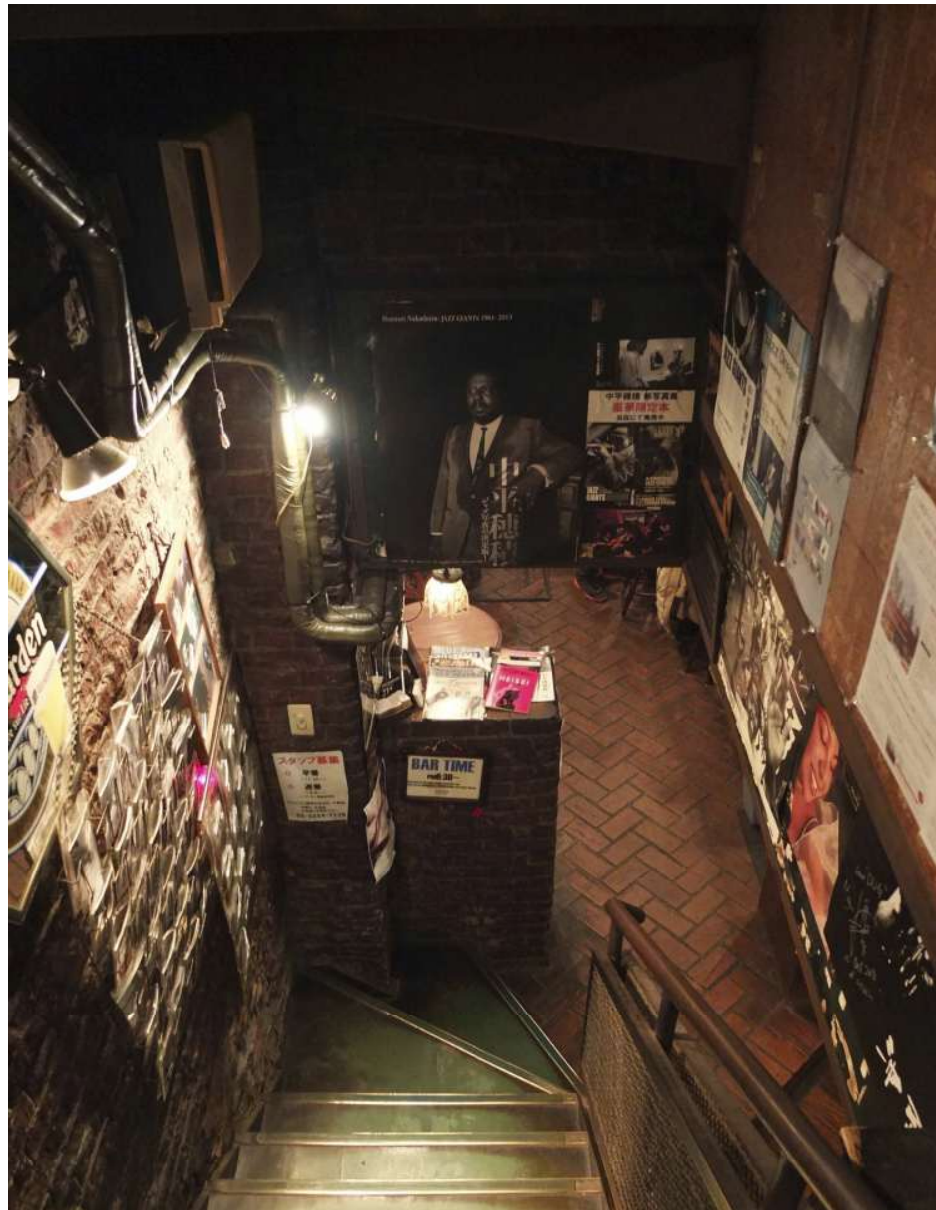


Figura 8

*Fotografía desde el acceso
a el Jazz Kissa Dug*

preámbulo visual a la atmósfera protegida del interior. Una vez dentro del local, el espacio se define por su carácter cavernoso, con paredes de ladrillo visto y una iluminación tenue que dirige la atención hacia los elementos centrales: la música y el equipo de alta fidelidad.

Desde una perspectiva acústica, el uso de materiales duros y reflectantes como el ladrillo y el hormigón es compensado por la complejidad del mobiliario y la decoración. En lugar de carátulas de vinilo, las paredes de Dug exhiben las fotografías originales en blanco y negro de Nakadaira, las cuales, junto con las estanterías de madera cargadas de libros y discos, actúan

como superficies difusoras pasivas que fragmentan las ondas sonoras de manera no uniforme. Esta disposición, sumada a la absorción proporcionada por el mobiliario y la propia ocupación del espacio, crea una calidez sonora que facilita la escucha activa y analítica que describe Novak.¹

El diseño de Dug no busca la perfección acústica de un estudio, sino la creación de una atmósfera densa y envolvente. El sistema de sonido, con sus grandes altavoces ocupa un lugar de honor, visible desde casi cualquier punto. La iluminación es mínima, lo que genera un efecto clave en el usuario: se anula el sentido de la vista para forzar una agudización del oído.

Al no tener distracciones visuales, y con el murmullo social silenciado por la música, el visitante se ve obligado a centrar toda su atención en el sonido, facilitando un estado de escucha profunda (deep listening). Es un entorno que altera la percepción sensorial; la música deja de ser un fondo sonoro para convertirse en el único evento que está ocurriendo, permitiendo al oyente perderse en los detalles de la grabación.



Figura 9

Fotografía del interior de Dug Jazz Kissa

1. Novak, D. (2008). 256 metres of space: Japanese music coffeehouses and experimental practices of listening. Popular Music, Cambridge University Press (Uc Santa Barbara).

3.4 Evolución y Supervivencia del Concepto: El ADN del Kissaten en el Bar Hi-Fi Global

Con la llegada de formatos de música portátiles y asequibles, la necesidad original de los jazz kissa disminuyó. Sin embargo, el concepto no ha muerto; se ha transformado. Hoy, los kissaten que sobreviven son instituciones de culto, y han surgido nuevas interpretaciones que, aunque relajen las reglas de silencio, mantienen la filosofía central: la primacía de un sistema de sonido de alta calidad y una cuidada curaduría musical.

Al analizar la historia y la forma del jazz kissa japonés, se revela de manera evidente el ADN del bar Hi-Fi contemporáneo. La figura del "Master" evoluciona en el DJ. El culto al equipo de audio de alta gama permanece. Y, sobre todo, la idea de que la arquitectura y el diseño no son meros contenedores, sino herramientas activas para modelar una experiencia sonora colectiva, es una herencia directa de estos humildes sótanos de Tokio.

Esta transición del modelo japonés al contexto global plantea una pregunta fundamental que motiva el análisis posterior de este trabajo: ¿es posible que la arquitectura contemporánea de ocio recupere esa función de "instrumento"? La intuición que guía esta investigación, y que buscaremos verificar a través de los casos de estudio de nuestra ciudad, es que el diseño espacial no es un elemento neutro. Por el contrario, la arquitectura se proyecta como el mediador necesario para que la tecnología de audio alcance su propósito sensorial.

Bajo esta premisa, el estudio se encamina a explorar cómo la manipulación de la forma y la materia en locales actuales intenta replicar esa "pedagogía de la escucha" de los antiguos Kissa, adaptándola a las necesidades sociales de la ciudad moderna. Lo que se propone es, en definitiva, comprobar si el diseño arquitectónico de estos nuevos refugios sonoros actúa realmente como una herramienta de bienestar y no solo como una cáscara estética.

4. Casos de Estudio

4.1 El Eco de Japón: La nueva ola de escucha

A medida que profundizaba en los orígenes japoneses, mi investigación giró hacia una pregunta clave: ¿había trascendido este fenómeno más allá de sus fronteras? La respuesta fue reveladora. Descubrí que, lejos de ser una reliquia histórica, la cultura del bar Hi-Fi estaba resurgiendo con fuerza en capitales europeas.

Identifiqué una constelación de locales que, aunque con identidades propias, compartían ese mismo enfoque holístico del sonido. A nivel internacional destacan referentes como Spiritland y Brilliant Corners en Londres, Maloot en Lille, o Bird en Copenhague, entre otros como los que se pueden observar en las figuras 10, 11, 12 y 13 a continuación⁷. A esta lista se suman también ejemplos clave en Madrid como Tempo y La Analógica. Este descubrimiento transformó el alcance del trabajo, desplazándolo de un análisis puramente histórico a uno contemporáneo y global.

No obstante, la metodología de estudio se ha adaptado a la accesibilidad de cada caso. Si bien la investigación profundizará en los locales de Madrid, cuya proximidad permite realizar visitas técnicas y mediciones acústicas in situ, se ha considerado fundamental contrastar esta realidad con la experiencia internacional. Para ello, contacté vía correo electrónico con los responsables de algunos de los espacios europeos, planteándoles una serie de preguntas concretas. El objetivo principal de estas consultas fue confirmar si el acondicionamiento acústico fue una premisa central tenida en cuenta durante el diseño del local arquitectónico. La información recabada permite incorporar estos ejemplos foráneos como casos de estudio cualitativos que complementan el análisis técnico realizado en España.



Figura 10

*Fotografía del interior de
Neiro en Berlin, Alemania*



Figura 11

*Fotografía del interior
de Spiritland en
Londres, Inglaterra*



Figura 12

Fotografía del interior de Brilliant Corners, Londres, Inglaterra



Figura 13

Fotografía del interior de Maloot en Bélgica

7. Listado de enlaces de acceso a los portales web de los locales mencionados y contactados

Para entender si la acústica era un pilar de diseño consciente, tal como lo fue en sus orígenes, procedí a contactar a los fundadores de estos espacios. Mi objetivo era obtener la perspectiva directa de los propietarios sobre los retos y decisiones de diseño que tomaron para lograr el confort sonoro. Uno de los testimonios más claros y que mejor ejemplifica esta filosofía fue el de Bird.

Actualmente son dos locales comerciales ubicados en Copenhague, Dinamarca. Los cuales se describen a sí mismos en su sitio web como “Tu pequeño bar de barrio donde la suave música de vinilos crujientes llena la sala gracias a altavoces hechos a mano y hardware a medida. Nos encanta la música y, sin duda, adoramos el hardware vintage, pero no somos audiófilos adinerados. Disfruta de un sonido bueno, limpio e inspirador.”, lo que representa una auténtica representación de lo que estos locales representan. Este espacio fue concebido desde su origen con la acústica como pilar fundamental, contando con la colaboración de un diseñador acústico desde la primera fase. El diseño busca un minimalismo inspirado en la Bauhaus de Dieter Rams, utilizando materiales como el yeso perforado que evocan esa era. Como explica su propietario⁸, se tomaron decisiones muy concretas para favorecer la calidad sonora, como el uso extensivo de aislantes Rockwool y paneles acústicos para amortiguar los recorridos sonoros no deseados y las voces agudas de las conversaciones, manteniendo así el confort acústico general. La estética y la técnica se combinan en elementos como un muro acústico completo que define el carácter del lugar, demostrando que la experiencia sensorial fue la prioridad absoluta del proyecto. El propietario Peter Altenburg resume la intención fundamental de la siguiente manera:

"We wanted to create a space where sound and acoustics were fundamental to the experience. A place where people could relax and surrender themselves completely to the music and the company they came with."⁸

Peter Altenbourg

“Queríamos crear un espacio donde el sonido y la acústica fueran fundamentales para la experiencia. Un lugar donde la gente pudiera relajarse y entregarse por completo a la música y a la compañía con la que vinieron.”

Cita traducida del inglés

8. Peter Altenbourg, (2025). Entrevista personal sobre el diseño arquitectónico y la filosofía sonora de Bird. Entrevista de elaboración propia



Figura 14

*Fotografía del catálogo
de Bird Uptown en
Copenhage, Dinamarca*

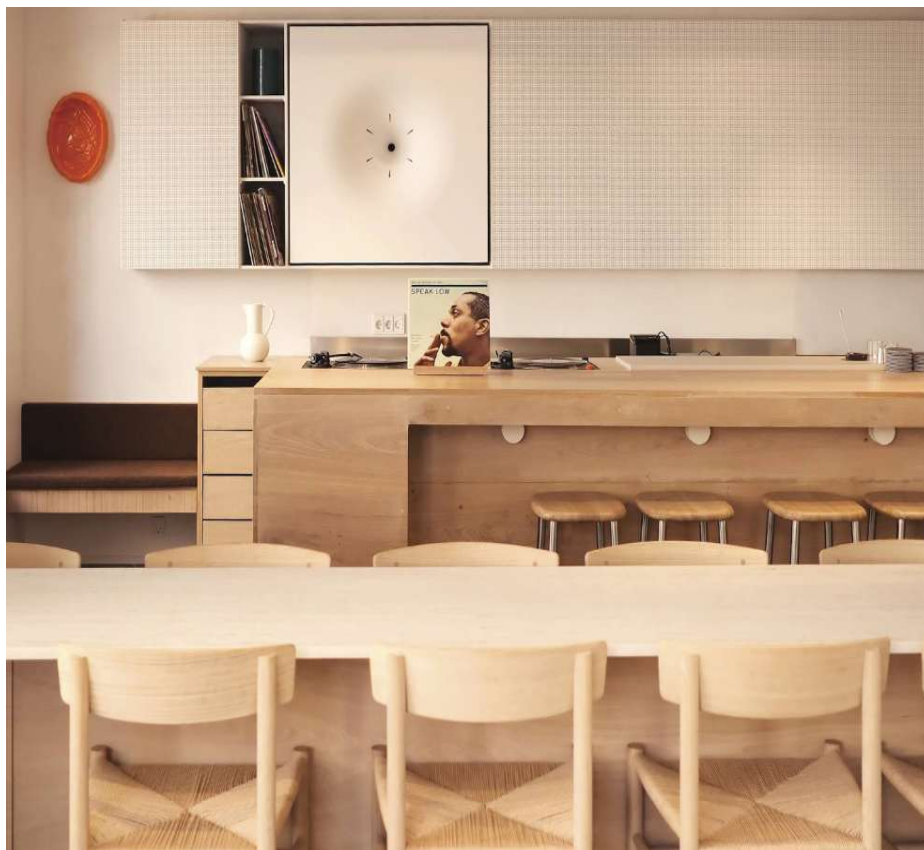


Figura 15

*Fotografía del catálogo
de Bird Downtown en
Copenhage, Dinamarca*

A diferencia de los casos internacionales, el estudio en España se centra en el análisis presencial. La accesibilidad a los locales en Madrid permitió no solo la visita y la experiencia sensorial directa, sino también la realización de mediciones acústicas para comprobar objetivamente factores como el tiempo de reverberación. Esto proporciona una capa de análisis empírico fundamental para este trabajo.

Este enfoque empírico permite trascender la interpretación subjetiva o puramente estética que a menudo domina el análisis de los espacios de ocio. Mientras que el estudio de los referentes internacionales se apoya necesariamente en fuentes bibliográficas y registros documentales, un análisis del "discurso" del diseño, la investigación en los locales de Madrid introduce el dato técnico como árbitro de la experiencia sonora. Al contrastar las sensaciones espaciales con parámetros acústicos cuantificables, es posible determinar si las decisiones de diseño, tales como la elección de un revestimiento de madera o la geometría del mobiliario, cumplen una función acústica real o si se limitan a una intención formal. Esta transición de lo cualitativo a lo cuantitativo es lo que permite verificar la hipótesis central de este trabajo: que la arquitectura del bar Hi-Fi en la ciudad actual no solo intenta emular un estilo, sino que además se proyecta como un sistema de control acústico capaz de aislar y optimizar la narrativa musical frente al entorno urbano.

4.2 Caso de Estudio: "La Analógica"



Figura 16

*Logo enmarcado de
La Analógica*

La Analógica se ubica en el Barrio de las Huertas 65, en Madrid Centro, ocupando un bajo comercial típico de una zona con alta concentración de hostelería y ocio. A pesar de sus dimensiones reducidas, la entrada resalta inmediatamente como podemos observar en la **figura 17** gracias al uso distintivo del color rojo que la recubre, sirviendo como un claro identificador de la marca.

Al acceder, observe una decisión de diseño fundamental. El local no tiene una entrada directa desde la calle; en su lugar, se accede a un pequeño vestíbulo que precede a una segunda puerta. Esta secuencia de acceso cumple una doble función: por un lado, genera una transición espacial clara entre el exterior y el interior. Por otro, y más importante para este estudio, actúa como un vestíbulo de independencia acústica eficaz, atenuando el ruido de la calle y protegiendo el ambiente sonoro del local de interferencias externas.



Figura 17

Entrada a pie de calle de La Analógica



Figura 18

Zona de vinilos y equipos de La Analógica.

Al superar el vestíbulo de acceso, se revela inmediatamente a la derecha lo que en acústica sería la fuente sonora principal del local y que podemos observar en la figura 19; un mostrador de madera que alberga el equipo de música analógico. Este conjunto está compuesto por dos giradiscos Reloop RP7000MK2 (un dispositivo de tracción directa de alta precisión para la reproducción de vinilos) conectados a un controlador, y flanqueado por una extensa colección de discos. Esta exhibición de la discografía evoca directamente a los jazz kissa japoneses, donde el master compartía su colección personal.

Este rincón cumple la función de "altar tecnológico", convirtiéndose en el foco visual y gravitacional del espacio. Funciona como una declaración de intenciones; las herramientas que generarán la experiencia sonora se exhiben con orgullo, creando en el visitante una expectativa de calidad acústica.

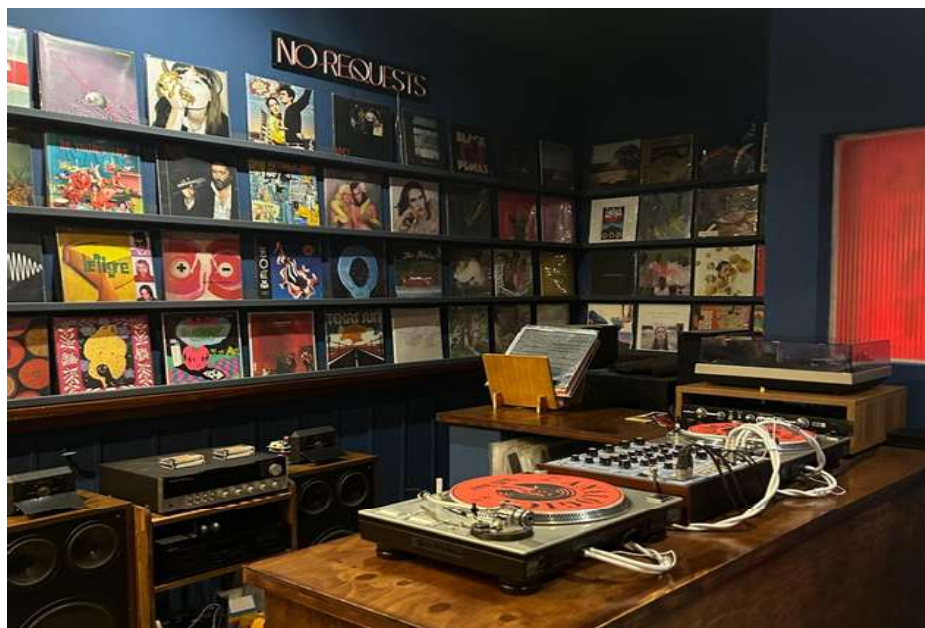


Figura 19

*Fuente Principal "Altar",
en la entrada del local.*

En un segundo orden visual, y siguiendo el recorrido, se despliega la barra principal. Se trata de un elemento robusto y macizo, con un frontal de acabados cerámicos y un sobre mesa oscuro. La barra integra también elementos de madera, un material frecuente en estos locales por su calidez y sus propiedades acústicas. Su diseño no solo atiende a la función evidente de punto de venta y servicio de bebidas, sino que se concibe como un espacio de interacción social entre el personal y los visitantes.

Antes de atravesar esta zona inicial por completo, la geometría del local se hace notar. Se trata de un espacio marcadamente longitudinal, una sala angosta de aproximadamente 4 metros de ancho por 21 metros de profundidad. Esta proporción tan alargada genera una experiencia espacial particular. La perspectiva desde la entrada no es completa; la disposición de la barra y otros elementos obstruye parcialmente la visión del fondo del local. Esta geometría fraccionada genera una sensación de descubrimiento, invitando al visitante a adentrarse para explorar el resto del espacio.

Esta marcada proporción longitudinal define el resto de las decisiones de diseño. El mobiliario se distribuye para optimizar la circulación en este pasillo, combinando mesas pequeñas con asientos alargados de cuero adosados a la pared, especialmente en la zona del fondo, donde un menor flujo de personas ya que no hay efecto pasillo permite una estancia más relajada. La elección de materiales, con una predominancia de madera y tapizados en cuero, no es solo estética. Al igual que en los kissa japoneses, que utilizaban la madera por su calidez y las colecciones de vinilos como difusores naturales, aquí el mobiliario quizás actúa como un elemento pasivo de control acústico o puede que causen el efecto contrario.

Más allá del mobiliario, se observa un tratamiento acústico intencional. Dispuestos rítmicamente a lo largo del techo, se identifican paneles de absorción acústica (de aproximadamente 60 x 140 cm²). Estos elementos son cruciales en un espacio tan angosto, ya que interceptan las primeras reflexiones entre el techo y el suelo. Complementariamente, se aprecian elementos panelados en las esquinas del local, diseñados para tratar las reflexiones laterales y, posiblemente, controlar la acumulación de ondas estacionarias de bajas frecuencias, un problema común en geometrías rectangulares y alargadas en el que se profundizará más adelante.

Esta combinación de tratamiento acústico y mobiliario define la experiencia del usuario. Al visitar el local vacío, la sensación es de un espacio denso e íntimo, dominado por los tonos oscuros de las paredes (un azul profundo) y el mobiliario de estilo vintage. La propia geometría, al ser tan angosta, genera una sensación de recogimiento. Sin embargo, esta percepción cambia por completo durante las horas de servicio. Con el local lleno, el visitante queda envuelto en un sonido claro y de buen gusto. Emerge un murmullo inevitable de las conversaciones grupales, pero gracias al control acústico del recinto, este ruido de fondo no ahoga la música. La música sigue siendo la protagonista. El ambiente se transforma en un espacio cálido y de confianza, donde es posible socializar y, simultáneamente, apreciar la música.



Figura 20

Fotografía del fondo, se observan parte del mobiliario, fuentes de altavoces y elementos reflectantes en paredes y techos



Figura 21

Fotografía de paneles acústicos en el interior del local



Figura 22

Fotografía de la barra y continuación del local

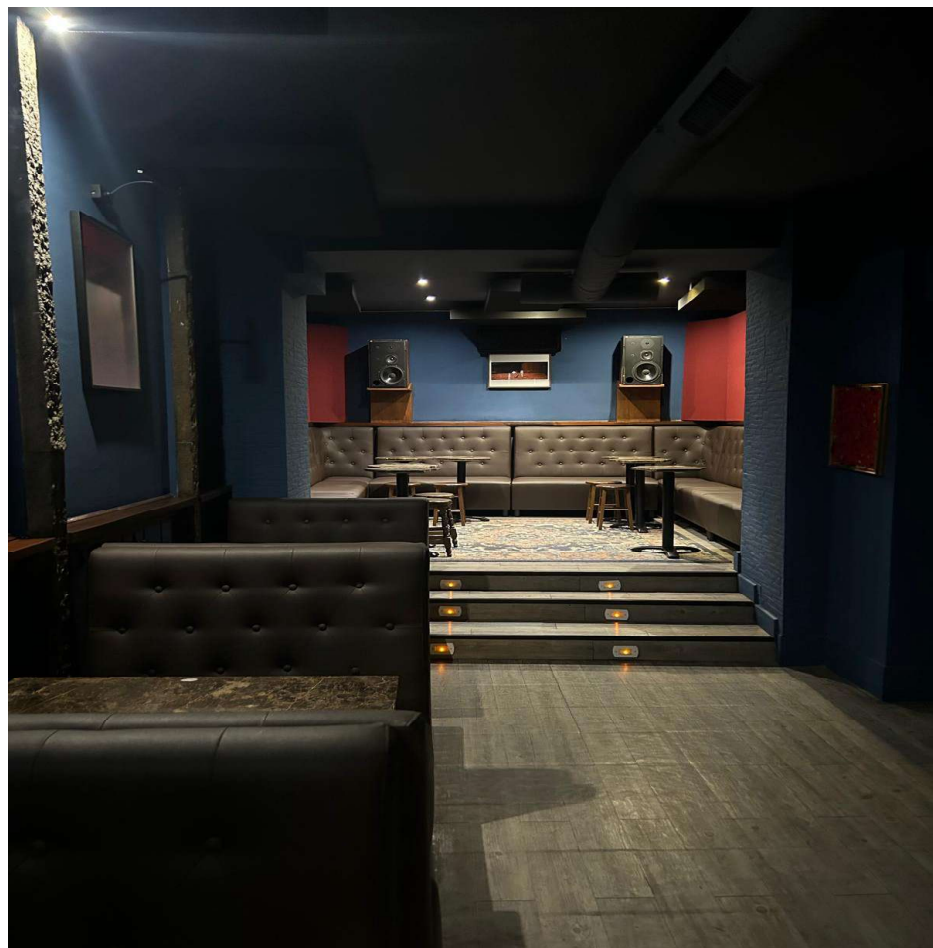


Figura 23

Fotografía del local

Lograr esta calidad sonora en un espacio geoméricamente complejo requirió una solución técnica específica. Según explica el propietario Nick, el equipo musical que constituye el foco sonoro principal de la sala ubicada en la entrada era insuficiente para cubrir los 21 metros de profundidad. Una única fuente habría provocado un nivel de presión sonora excesivo en la entrada y deficiente en el fondo. Para solucionarlo, se optó por un sistema de sonido distribuido. Además del "altar principal", se instalaron dos pares de altavoces adicionales; un par a 3,65 metros de distancia en la zona del pasillo y otro par en la zona del fondo para satisfacer ese espacio. A efectos de las mediciones acústicas de este trabajo, cada uno de estos pares de altavoces se considerará como una única fuente de sonido para simplificar el análisis de los resultados.

4.3 Caso de Estudio: "Toma Café 3/Proper sound"

Toma Café 3, conocido bajo el sobrenombre de Proper Sound, representa la tercera iteración de la pionera cadena de café de especialidad en Madrid. Sin embargo, este local trasciende la función de mera cafetería para presentarse como un híbrido cultural. El espacio opera con una dinámica dual. Durante el día, funciona como una cafetería tranquila respaldada por un área de producción y tostador de café en la parte posterior donde elaboran sus propios productos para su marca comercial; al caer la noche, el espacio se transforma. La dinámica cambia radicalmente para convertirse en un Hi-Fi Bar, un santuario dedicado a la escucha activa de vinilos, un catálogo de vinos y una atmósfera íntima.

El local presenta un desafío acústico inicial: una fachada completamente acristalada como se puede observar en la *Figura 24*. Situado en el barrio de Chamberí, el local goza de una "protección urbana" natural. A pesar de su cercanía a la calle Santa Engracia una arteria de tráfico denso y ruidoso, su ubicación en la calle Raimundo Lulio, mucho más residencial y estrecha, actúa como un filtro pasivo contra la trama activa y sonora de la ciudad.

Arquitectónicamente, la fachada de vidrio que por naturaleza es una superficie reflectante y poco aislante, se gestiona mediante un elemento clave observado en las visitas nocturnas: cortinas de alto gramaje. Durante el día, el vidrio conecta el interior con la calle; de noche, el despliegue de estas cortinas negras no solo privatiza el evento, impidiendo la visión desde el exterior, sino que cumple una función acústica. Actúan como absorbentes porosos, mitigando las reflexiones de altas frecuencias contra el vidrio y ayudando a reducir el nivel de presión sonora dentro del local, evitando molestias vecinales y controlando el tiempo de reverberación interno.



Figura 24

Fotografía de la fachada de Toma café 3/Proper sound

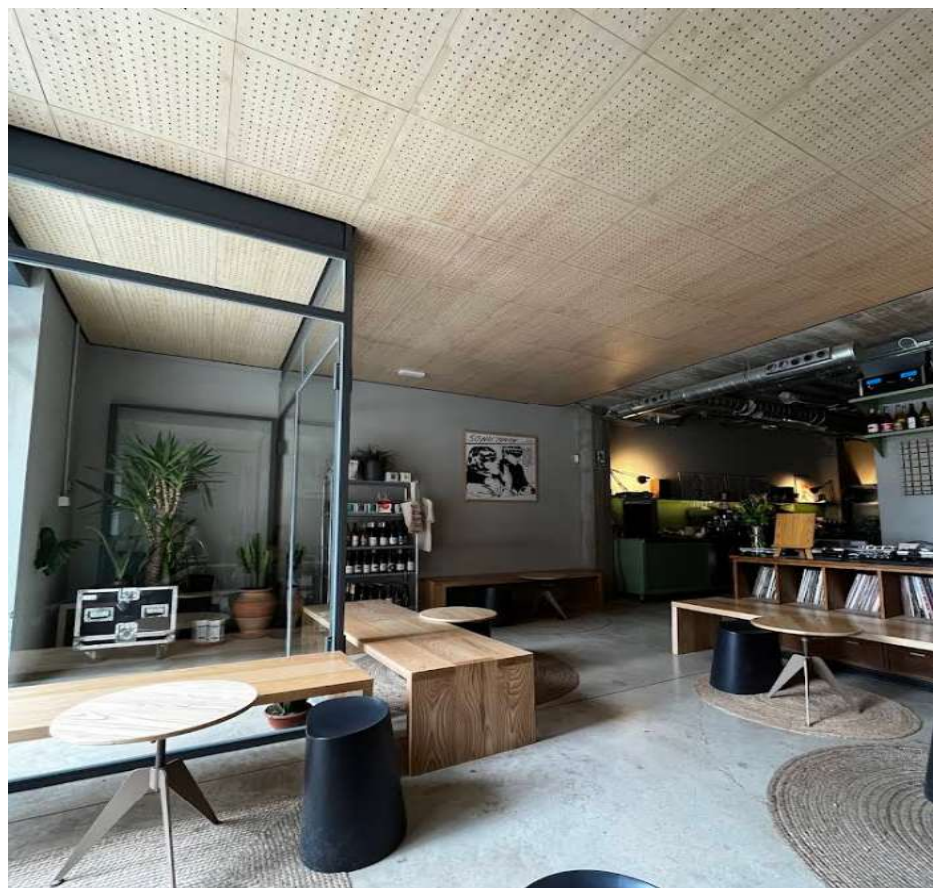


Figura 25

Interior de Toma café 3/Proper sound (01)

Al acceder al interior del local, nos encontramos con un espacio de escucha compacto que abarca aproximadamente 35 m² de proporciones aparentemente cuadradas, excluyendo las zonas de servicio. La envolvente arquitectónica se define por una estética industrial y modesta, donde predomina el hormigón visto en la estructura de pilares y vigas, complementado con acabados de cemento pulido o microcemento gris en los paramentos verticales. Si bien este material rígido aporta un fuerte carácter visual, acústicamente se comporta como una superficie reflectante y reverberante. Para contrarrestar la frialdad del hormigón, el diseño introduce elementos de madera en tonos cálidos a través de bancos corridos bajos, mesas auxiliares circulares y estanterías, logrando un equilibrio tanto estético como sensorial tal y como se ve en la figura 26.

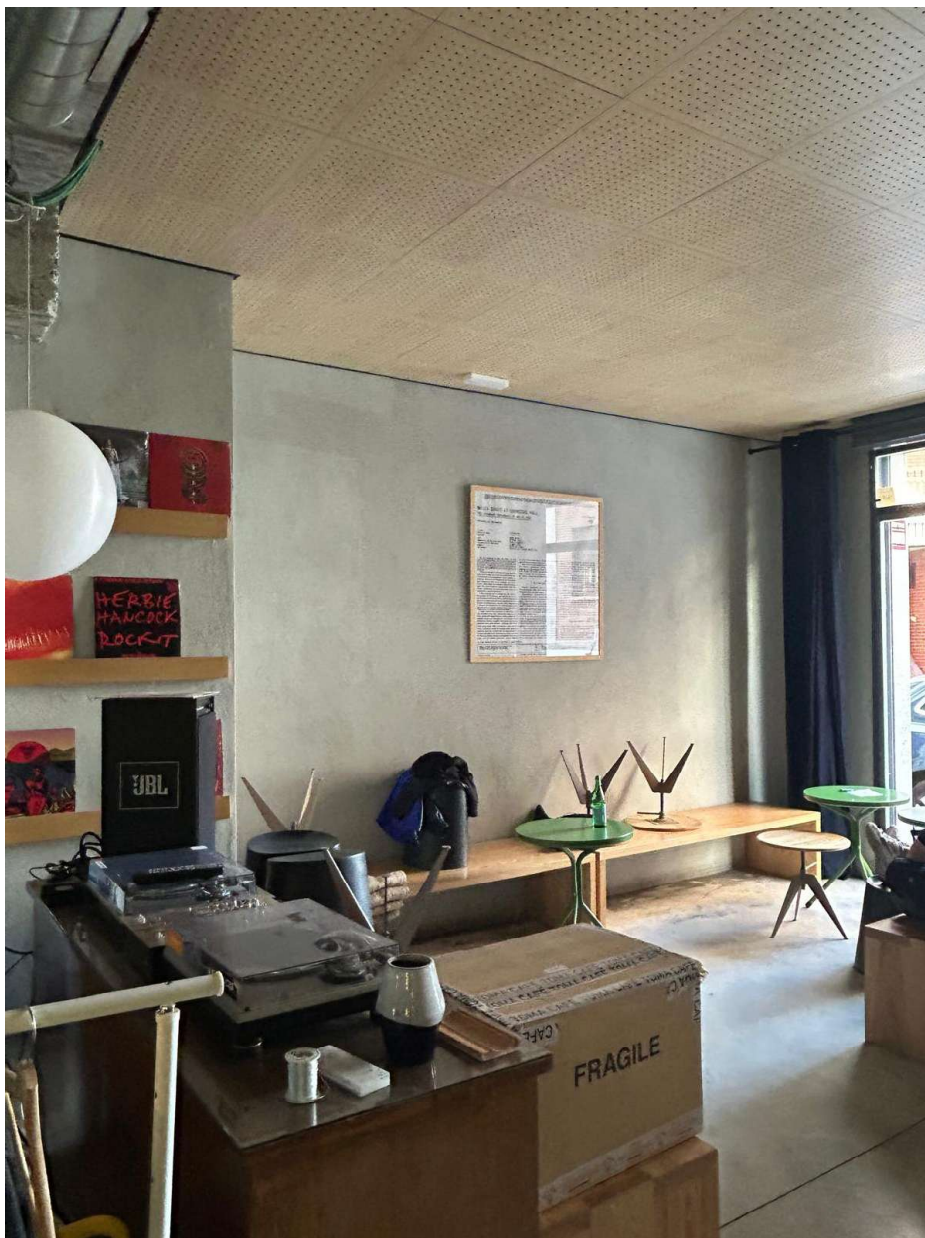


Figura 26

*Interior de Toma café 3/
Proper sound (02)*

El punto focal que organiza la mirada de los asistentes es la estación de DJ, configurada casi como un altar doméstico que rompe con la jerarquía tradicional de las cabinas de club. Aquí, el equipo compuesto por giradiscos y un mixer rotatorio descansa sobre un aparador de madera de estilo mid-century, eliminando barreras físicas y fomentando una experiencia de escucha comunitaria y horizontal. A ambos extremos de este mueble se sitúan las fuentes sonoras principales: unos monitores de estudio JBL vintage. Su posicionamiento estratégico, a la altura del oído de los asistentes que permanecen sentados, genera un punto importante amplio que aparentemente podría priorizar la claridad y la calidez de escucha.



Figura 27

Fotografía del espacio del DJ de noche transformado en Hi-fi Toma café 3/Proper sound

Observando la figura 27 desde la perspectiva del DJ, la mutación del espacio se hace tangible y completa. Lo que durante el día se percibe como un entorno diáfano de tránsito rápido y luz natural, se transforma al caer la noche en una escena densa y estática. Desde esta posición de control, se aprecia cómo la audiencia colma los bancos perimetrales y las mesas bajas, cambiando radicalmente la física del lugar. Los propios cuerpos de los asistentes actúan como "absorbentes" que, sumados a la iluminación tenue de las velas y el globo difusor, amortiguan la reverberación del recinto. Esta densidad humana convierte la frialdad del hormigón diurno en una calidez envolvente, donde la escucha deja de ser un acto individual para convertirse en un ritual colectivo y cercano.

Desde el punto de vista técnico, a primera vista parece que el local ha implementado soluciones específicas para domar la acústica del recinto de hormigón. La intervención más crítica se encuentra en el plano superior y se puede apreciar en la figura 28, donde un falso techo de paneles de madera perforada posiblemente actúa como el principal elemento de acondicionamiento del sonido; sus perforaciones permiten que el sonido atraviese la superficie para disiparse en el material absorbente que está detrás oculto en el techo, reduciendo el ruido ambiente diurno y aumentando la claridad de la música nocturna.

Simultáneamente, en las paredes traseras y cercanas al área de mezcla, se observan planchas acústicas de microfibra con diseño reticular. Estos elementos tienen la función precisa de romper las ondas estacionarias y evitar el eco flotante que podría generarse entre las paredes paralelas, un fenómeno que describiré en un apartado más adelante en la investigación, controlando las reflexiones sin "secar" excesivamente el sonido y manteniendo la viveza necesaria para la música.

La narrativa del espacio concluye con una atmósfera cuidadosamente curada mediante la iluminación y la decoración. Estantes flotantes exhiben portadas de vinilos como piezas de arte, reforzando la identidad musical del lugar, mientras que la luz cálida de lámparas difusoras y velas en las mesas completa la transformación nocturna. Proper Sound demuestra, así como la integración inteligente de materiales absorbentes como la madera perforada y los textiles, junto a un sistema Hi-Fi bien posicionado, puede convertir una caja de hormigón en una sala de escucha cálida e íntima.

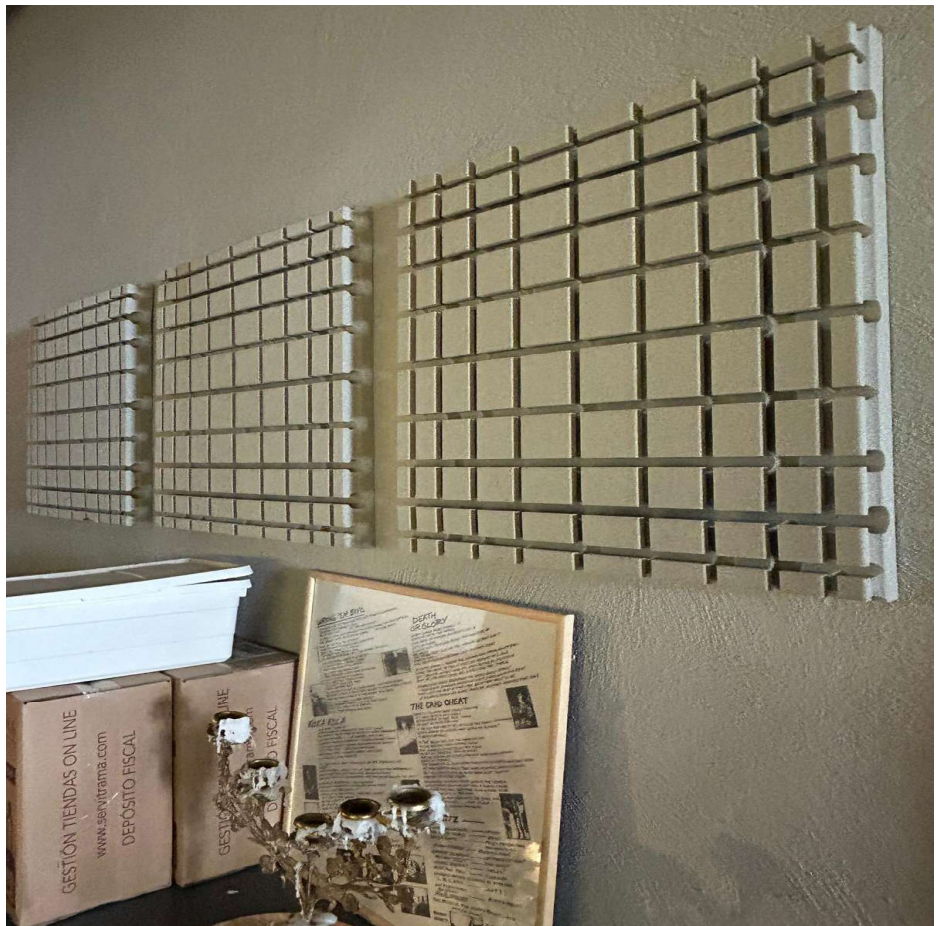
Figura 28

Fotografía del techo de Toma café 3/Proper sound



Figura 29

Fotografía de los recubrimientos en pared de Toma café 3/Proper sound



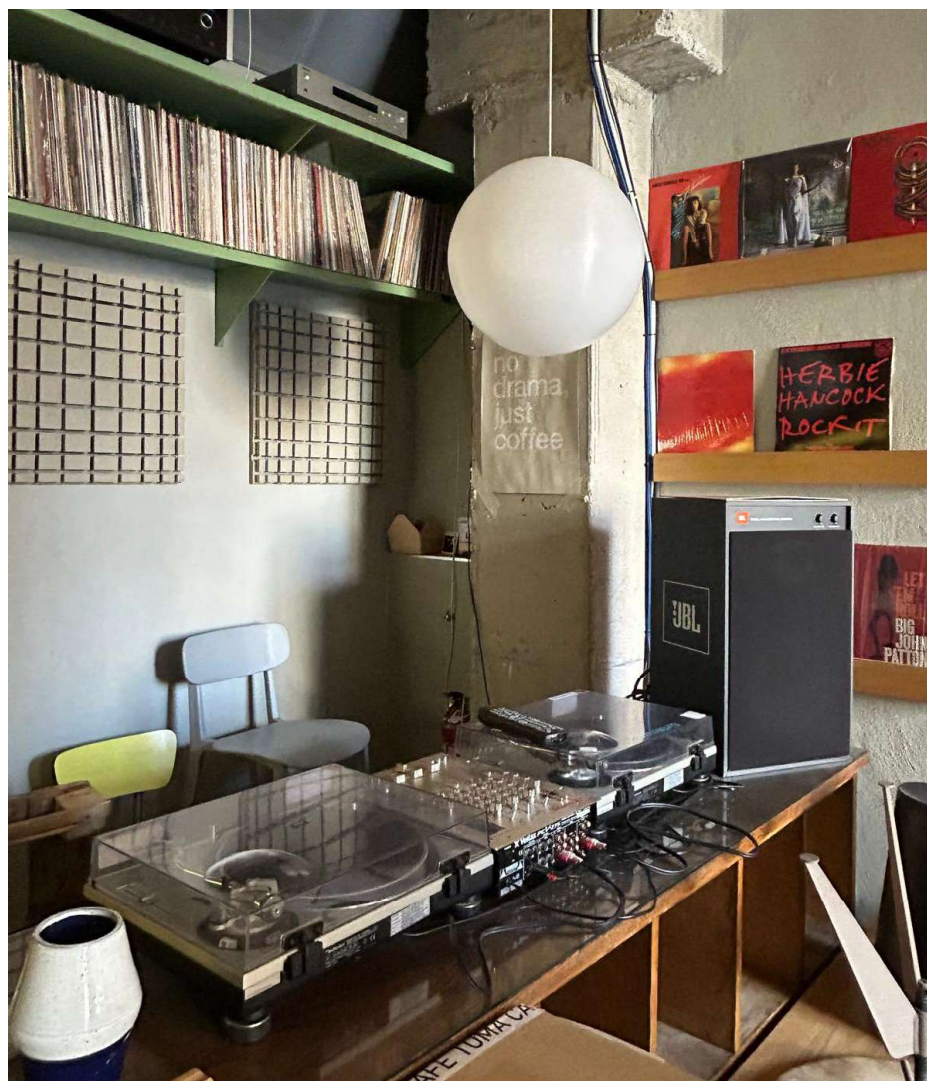


Figura 30

Altar de sonido de Toma Café 3



Figura 31

Fuentes de sonido adicionales del local

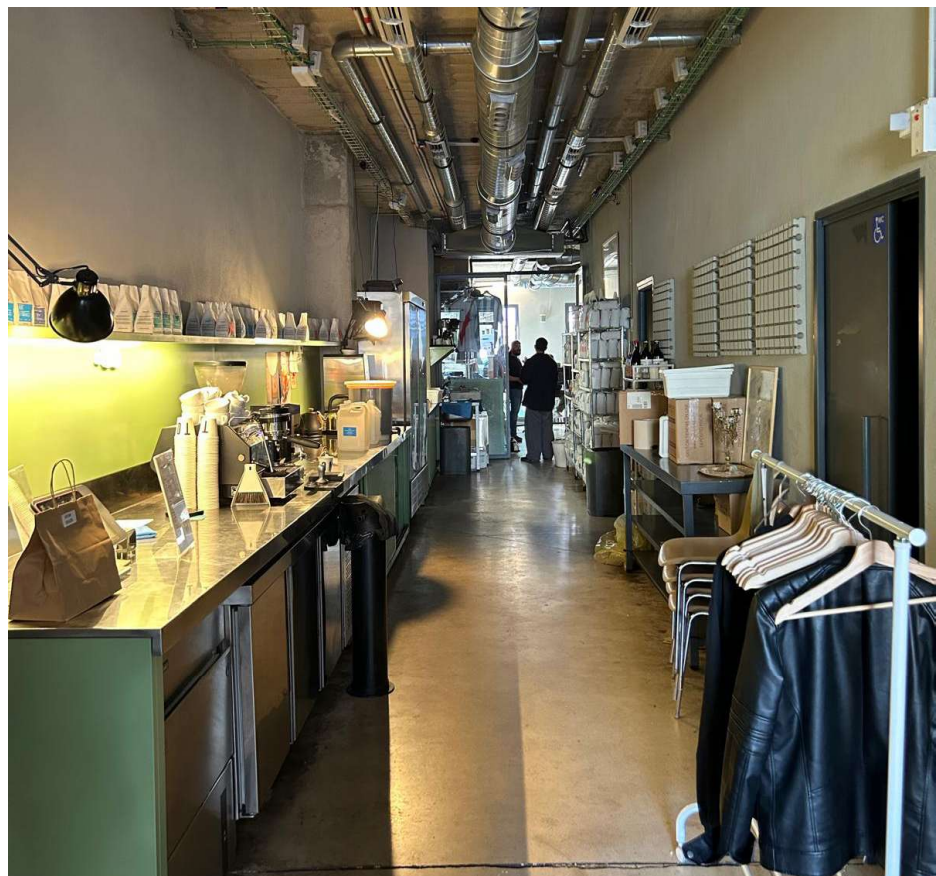


Figura 32

Zona independiente del local para la producción de café (fuera del estudio acústico)

5. Parámetros Acústicos

Antes de profundizar en los cálculos específicos, es imperativo señalar que los conceptos y criterios técnicos desarrollados en este apartado han sido analizados y extraídos de la obra del profesor Antoni Carrión Isbert, específicamente de su texto fundamental "Diseño acústico de espacios", editado por la Universidad Politécnica de Cataluña. Este manual es considerado una pieza angular en la acústica arquitectónica moderna, pues combina con precisión la física ondulatoria con las necesidades prácticas del diseño de recintos. A continuación, se sintetizan sus enseñanzas aplicadas a la fenomenología del sonido en espacios cerrados.⁹

5.1 La propagación del sonido: Las Primeras Reflexiones

Cuando una fuente sonora emite energía en un espacio, el sonido no llega al receptor de una sola forma. Carrión Isbert nos explica que el fenómeno se divide temporalmente. El primero en llegar es el sonido directo, aquel que viaja en línea recta desde la fuente sin interactuar con ninguna superficie. Este es vital para la localización de la fuente, pero su intensidad disminuye con la distancia siguiendo la ley de la divergencia esférica.

Sin embargo, en un recinto cerrado, la mayor parte de la energía sonora que percibimos es sonido reflejado. Al chocar con las paredes, techo y suelo, las ondas cambian de dirección, perdiendo parte de su energía por absorción y llegando al oyente con un ligero retraso temporal respecto al sonido directo.

Dentro del conjunto de reflexiones, Carrión Isbert otorga una importancia crítica a las denominadas primeras reflexiones. Estas son las ondas que llegan al receptor tras haber impactado en una o máximo dos superficies, y su intervalo de llegada es crucial para la calidad acústica:

Refuerzo sonoro: Si estas reflexiones llegan en un intervalo de entre 50 y 80 milisegundos respecto al sonido directo, el cerebro humano no las percibe como ecos separados, sino que las integra con el sonido original. Esto aumenta la claridad y la sonoridad de la fuente (Efecto Haas).

9. Carrión Isbert, A. (1998).
Diseño acústico de espacios
arquitectónicos. Edicions UPC.

Impresión espacial: Según el autor, las reflexiones laterales son las que nos permiten "sentir" las dimensiones del espacio, aportando una sensación de "envolvencia" necesaria tanto en salas de conferencias como en auditorios y locales.

Si estas reflexiones tardan demasiado o son excesivamente intensas, se convierten en perturbaciones que empañan la inteligibilidad del mensaje, convirtiéndose en el enemigo principal del diseño acústico que aquí se analiza.

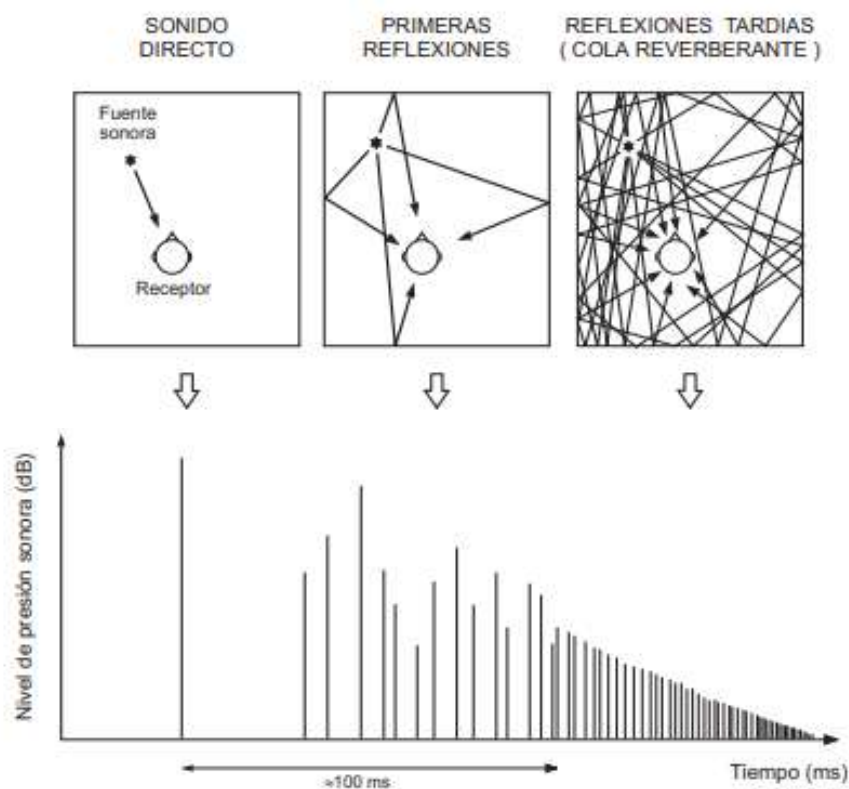


Figura 33

Fig. 1.28 del Carrión Isbert. Ecograma asociado a un receptor con indicación del sonido directo, las primeras reflexiones y la cola reverberante

5.2 Tiempo de Reverberación (TR)

El tiempo de reverberación (TR) es el parámetro fundamental para cuantificar el comportamiento del sonido en un recinto. Siguiendo la definición técnica de Carrión Isbert, se define a una frecuencia determinada como "el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora (SPL) cae 60 dB con respecto a su valor inicial"⁹

Este parámetro permite caracterizar acústicamente la naturaleza del espacio. Según Carrión Isbert, un recinto con un RT elevado se denomina "vivo" típico de iglesias o naves industriales, mientras que, si el RT es pequeño, el recinto recibe el nombre de "apagado" o "sordo" como un estudio de grabación⁹. Es crucial considerar que el RT no es uniforme en todo el espectro; generalmente varía con la frecuencia, "tendiendo a disminuir a medida que ésta aumenta" debido a la mayor absorción de los materiales y del aire a altas frecuencias.

Valores de Referencia

El valor de tiempo de reverberación (TR) recomendado para un recinto depende tanto de su volumen como de la actividad principal a la que esté destinado. Mientras que la palabra hablada requiere tiempos cortos para garantizar la inteligibilidad, la música se beneficia de tiempos más largos que aporten riqueza sonora.

En el contexto normativo español aplicable a los casos de estudio (bares y restaurantes), el marco de referencia es el Código Técnico de la Edificación (CTE), específicamente el Documento Básico de Protección frente al Ruido (DB-HR). Este documento establece un valor límite para garantizar el confort acústico y controlar el ruido reverberante: en comedores y restaurantes, el tiempo de reverberación promedio de las frecuencias 500, 1000 y 2000 Hz no debe superar los 0,9 segundos. En este trabajo, este valor se tomará como referencia de confort acústico y servirá para evaluar la calidad sonora de los espacios Hi-Fi.

La relación física que determina este tiempo se explica a través de la fórmula de Sabine. Esta expresión matemática establece que el tiempo de reverberación (RT) es directamente proporcional al volumen del recinto (V) e inversamente proporcional a la absorción total (A) del mismo. Esto implica que, desde el diseño arquitectónico, las dos herramientas principales para controlar la reverberación son la manipulación de la geometría (volumen) y, fundamentalmente, la elección de materiales y mobiliario que aporten la absorción necesaria.

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}} \text{ (en segundos)}$$

Fórmula del tiempo de reverberación:

A: absorción, V: volumen

9. Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Edicions UPC.

Antes de continuar con el TR, es fundamental diferenciar dos conceptos clave para el control del campo sonoro. En primer lugar, se debe introducir el coeficiente de absorción acústica (α), una propiedad intrínseca de cada material que representa la relación entre la energía sonora absorbida y la energía incidente sobre su superficie.

Sin embargo, para determinar el efecto real dentro del recinto, es necesario considerar la cantidad de superficie tratada. A partir de la interacción entre las propiedades del material y su dimensión física, definimos la **Absorción Acústica Total (A)**. Esta magnitud se calcula como el producto del coeficiente de absorción del material por el área que este ocupa en el espacio.

Aunque no es una medida de calidad del sonido en sí misma, la absorción total (A) es la herramienta física que permite al diseñador modificar el comportamiento acústico de la sala. Esta disipación de energía, que ocurre fundamentalmente en forma de calor al incidir las ondas sobre las superficies límite, es la variable que permite ajustar tanto el tiempo de reverberación como otros parámetros acústicos.

Si bien el tiempo de reverberación es el indicador global del comportamiento acústico de una sala, el análisis de un bar Hi-Fi requiere profundizar en la percepción del sonido musical y en la facilidad de comunicación entre las personas que ocupan el espacio. Estos espacios presentan una dualidad funcional crítica: deben ofrecer una reproducción musical rica y detallada, propia de la alta fidelidad, y simultáneamente permitir la comunicación verbal cómoda entre los usuarios. Para evaluar esta doble exigencia, se analizarán dos parámetros energéticos fundamentales: la Claridad Musical (C (80)) y la Definición de la palabra (D (50)). Su relevancia en este trabajo radica en que permiten discriminar si la energía sonora temprana, esa que ayuda a entender y disfrutar, es suficiente respecto a la energía tardía o reverberante, que es la que podría enturbiar tanto la música como la conversación en un entorno social.

5.3 Claridad Musical C (80)

Este parámetro es el indicador principal para evaluar la claridad de la música. Según Cremer¹⁰, la Claridad Musical "indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical". Físicamente, se define como la relación logarítmica entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80 milisegundos (ms) desde la llegada del sonido directo y la energía que llega con posterioridad a ese instante.

$$C_{80} = \frac{\text{Energía hasta 80 ms}}{\text{Energía a partir de 80 ms}} \quad (\text{en dB})$$

Fórmula de la Claridad Musical

El límite de los 80 ms se selecciona porque, en la audición musical, el oído integra las reflexiones que llegan antes de este tiempo junto con el sonido directo, contribuyendo a la claridad, mientras que las posteriores constituyen la reverberación. Un valor adecuado de C_{80} asegura que los detalles rápidos de la música no queden enmascarados por la reverberación excesiva.

Valores de Referencia

Para evaluar este parámetro en condiciones de sala vacía, Beranek en su estudio llamado "Music, Acoustics and Architecture"¹¹, propone un rango específico para el promedio de las frecuencias de 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz conocido como "music average". Se considera óptimo que este valor medio se encuentre entre -4 y 0 dB. Mantenerse dentro de estos márgenes es indicativo de un equilibrio adecuado antes de la presencia de público, evitando valores excesivamente positivos que denotarían una sala demasiado "seca" o negativos que indicarían una falta de definición.

Es importante destacar que la Claridad Musical (C_{80}) no funciona como un parámetro aislado, sino que presenta una fuerte dependencia estadística con el (RT). Ambos conceptos están relacionados, a medida que el RT aumenta haciendo la sala más "viva" y reverberante, el valor de (C_{80}) tiende a disminuir. Esto se debe a que una mayor reverberación implica una mayor cantidad de energía tardía (el denominador de la fórmula), lo que reduce el ratio de claridad. Por tanto, controlar la reverberación es indirectamente la vía principal para ajustar la claridad musical.

10. Cremer, L., & Mueller, H. (1982). Principles and Applications of Room Acoustics, Vols. 1 y 2. Applied Science Publishers Ltd.

11. Beranek, L. L. (Ed.). (1989). Noise and Vibration Control. Institute of Noise Control Engineering.

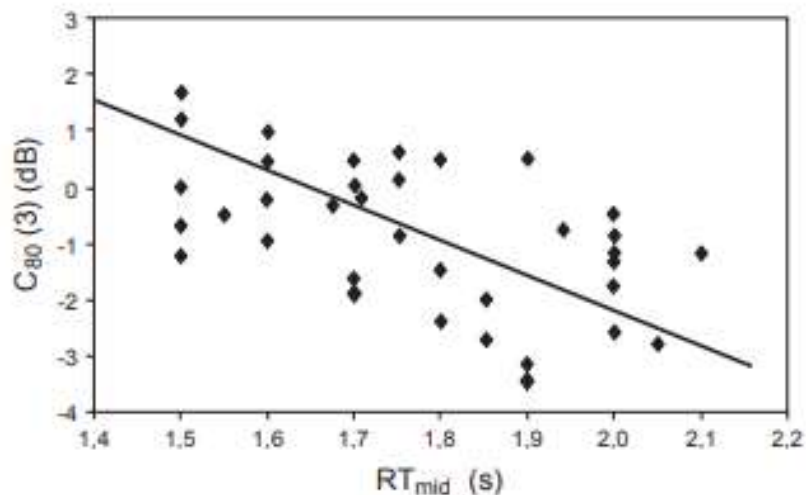


Figura 34

Fig. 5.6 del Carrión Isbert. Valores de C_{80} (sala vacía) y de RT_{mid} (sala ocupada) medidos en 36 salas de conciertos (según Beranek)

5.4 Definición de la palabra (D50)

Para evaluar la inteligibilidad de la palabra, aspecto vital en la zona de barra y mesas de un bar, se utiliza el parámetro de Definición, comúnmente denotado como D o D50. Carrión Isbert lo define como "la relación entre la energía que llega al oyente dentro de los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo... y la energía total recibida por el mismo"⁹

$$D = \frac{\text{Energía hasta 50 ms}}{\text{Energía total}}$$

Fórmula de la Definición de la Palabra

A diferencia del (C_{80}), la Definición se expresa como un tanto por uno (entre 0 y 1). Para garantizar que la palabra se entienda correctamente en un recinto ocupado, Carrión Isbert señala que el valor de este parámetro debe ser superior a 0,50 ($D > 0,50$). Esto implica que la energía temprana útil debe ser superior a la energía tardía que es perjudicial para el habla y la escucha.

9. Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Edicions UPC.

6. Metodología de las Mediciones Acústicas In-Situ

Para llevar a cabo la caracterización acústica de los locales, se estableció un protocolo experimental in situ basado en la obtención de la respuesta al impulso de energía sonora del recinto. El primer paso de este procedimiento consistió en la selección espacial del volumen a través de puntos estratégicos para la medición. Por un lado, se definieron las posiciones de fuente, denominadas F1, F2, y así sucesivamente, las cuales se ubicaron coincidiendo con los focos de emisión reales del local, como los altavoces del sistema de sonido o la cabina del DJ, para simular la propagación efectiva de la energía sonora. Por otro lado, se distribuyeron las posiciones de receptor (R1, R2, etc.) a lo largo de la zona de audiencia, asegurando una separación mínima de 2 metros entre ellas para evitar la redundancia de datos y garantizar una muestra representativa de la variabilidad del campo sonoro.

Una vez definidos los puntos, el objetivo fue excitar el recinto acústicamente para registrar su respuesta temporal. Para ello, se utilizó una fuente de ruido impulsivo mediante la explosión de globos. Este método, sencillo en su ejecución, pero técnicamente eficaz, permite generar un impulso breve y de gran energía capaz de excitar el recinto en un amplio espectro de frecuencias, proporcionando el nivel necesario para medir el decaimiento del sonido.

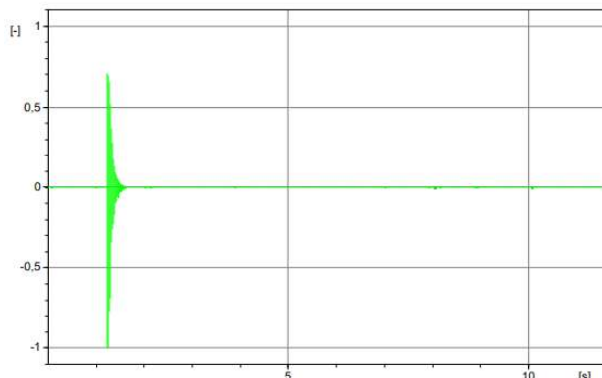
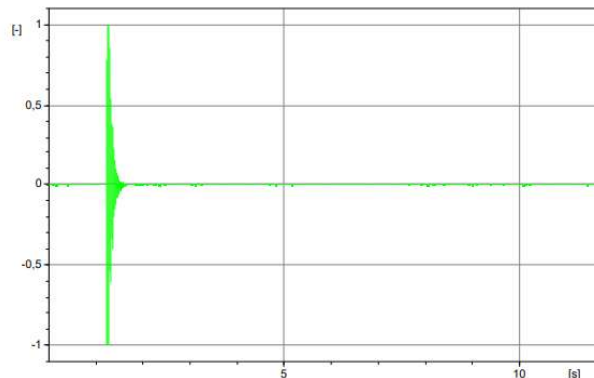


Figura 35

Gráficas de la respuesta impulsiva sonora obtenida en una posición de fuente mediante un dispositivo binaural y el programa DIRAC

La captura de la respuesta de la sala a este estímulo se realizó en cada posición de receptor mediante un dispositivo de grabación binaural. Este equipo consta de dos micrófonos que se colocan en los oídos de la persona situada en la posición de receptor para precisamente captar con precisión cómo se propagaría el sonido desde la posición de la fuente a un receptor en esa posición, lo que permite reproducir con gran precisión la sensación de escucha en el punto donde se sitúa. De esta forma, se registra no solo la presión sonora, sino también las diferencias temporales y de nivel que percibe un oyente real, aportando una dimensión espacial al análisis.

Finalmente, a partir del procesamiento digital de las respuestas impulsivas binaurales registradas, se procedió a la obtención de los indicadores o parámetros calidad de acústica descritos en la anterior sección mediante el software DIRAC. Una vez descargadas las respuestas captadas por el dispositivo binaural e introducidas en el programa, este realizó un procesamiento avanzado que permitió obtener no solo las gráficas de comportamiento, sino también tablas detalladas con los datos desglosados por frecuencias. Este análisis facilitó el cálculo preciso del Tiempo de Reverberación (RT), la Claridad Musical (C80) y la Definición (D50) para cada combinación de fuente y receptor, proporcionando una radiografía detallada del comportamiento acústico del espacio en sus condiciones reales de uso.



Figura 36

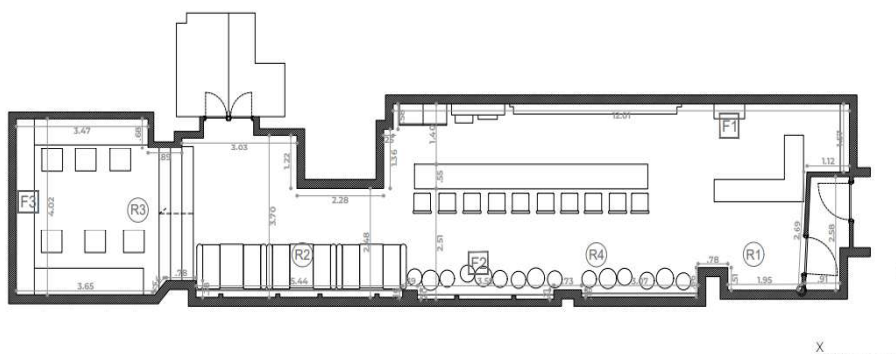
*Dispositivo binaural
Tascam DR-40, utilizado
para las mediciones*

6.1 Configuración de medidas: Caso de Estudio "La Analógica"

Dada la particular morfología de "La Analógica", definida por su marcada esbeltez y su distribución longitudinal, se diseñó una configuración de medida específica que permitiera caracterizar la respuesta acústica en toda su profundidad. El planteamiento se basó en la discretización del espacio mediante la selección de tres posiciones de fuente y cuatro posiciones de receptor, distribuidas estratégicamente para cubrir las distintas zonas de audiencia y emisión.

Posiciones de Fuente (F)

La disposición exacta de todas las posiciones, así como su relación con los elementos arquitectónicos y el mobiliario fijo del caso de estudio La Analógica se detalla en la planimetría adjunta en la Figura 37.



LEYENDA GRÁFICA

- F0 FUENTES SONORAS (SALIDA DE AUDIO)
- R0 PUNTO DE MEDICIÓN (RECEPTOR)
- O ORIGEN DE COORDENADAS

POSICIÓN DE FUENTE		
RECEPTOR	EJE X(m)	EJE Y(m)
RECEPTOR 01	1,26	0,80
RECEPTOR 02	13,14	1,80
RECEPTOR 03	16,80	1,27
RECEPTOR 04	5,40	0,80

Figura 37

Plano de Planta de La Analógica y distribución de puntos de Fuentes y receptores

Se establecieron tres puntos de emisión (F1, F2, F3) que replican la ubicación real de los focos sonoros del local, permitiendo evaluar la interacción del sonido con la arquitectura en cada tramo del recorrido.

- **Posición F1:** Esta fuente se situó en la zona de entrada, coincidiendo espacialmente con la ubicación del equipo de reproducción principal. Físicamente, este punto corresponde al "altar tecnológico": el mostrador de madera que alberga los giradiscos y el mezclador. Al ser el primer foco de emisión que percibe el usuario y el que define la primera impresión sonora, su caracterización es crítica. Acústicamente, esta posición evalúa cómo se propaga la energía desde el vestíbulo hacia el resto de la nave longitudinal.
- **Posición F2:** Para cubrir la zona intermedia del local, se definió una segunda posición de fuente en el centro del pasillo de circulación. Esta ubicación asimila la posición de los altavoces de refuerzo instalados en los paramentos laterales. Su función en la medición es analizar la cobertura en la zona más angosta del local, donde la interacción con las paredes laterales es más intensa y la absorción del mobiliario y el público juega un papel determinante.
- **Posición F3:** La tercera fuente se ubicó en el espacio final de la sala, una zona de estancia elevada sobre una tarima y delimitada por asientos perimetrales. En esta área, el sistema de sonido real consta de dos altavoces separados 3,8 metros entre sí. Se estableció el punto F3 en el centro geométrico equidistante entre ambos altavoces. Esta simplificación permite considerar el par estéreo como una única unidad emisora virtual, facilitando el análisis de la respuesta en esta zona de mayor intimidad acústica.

Posiciones de Receptor (R)

La selección de los puntos de recepción (R₁ a R₄) respondió directamente a la geometría rectangular del recinto (4 x 21 metros). Se optó por una distribución lineal a lo largo del eje longitudinal, alineada con el recorrido natural de los usuarios.

- **Distribución Secuencial:** Los cuatro posiciones de receptor se dispusieron sucesivamente desde la entrada hacia el fondo, permitiendo mapear el decaimiento de la energía sonora a medida que aumenta la distancia respecto a la fuente principal (F₁) y se entra en la zona de cobertura de las fuentes secundarias (F₂, F₃).
- **Separación Espacial:** Se escogieron varios puntos para tener una representación de cómo varía el campo sonoro en el espacio y que en esa situación la distancia entre los puntos de receptor escogido fue superior a 2 m.

6.2 Configuración de medidas: Caso de Estudio "Toma Café 3/Proper Sound"

La disposición exacta de todas las posiciones, así como su relación con los elementos arquitectónicos y el mobiliario fijo del caso de estudio La Analógica se detalla en la planimetría adjunta en la Figura 38.

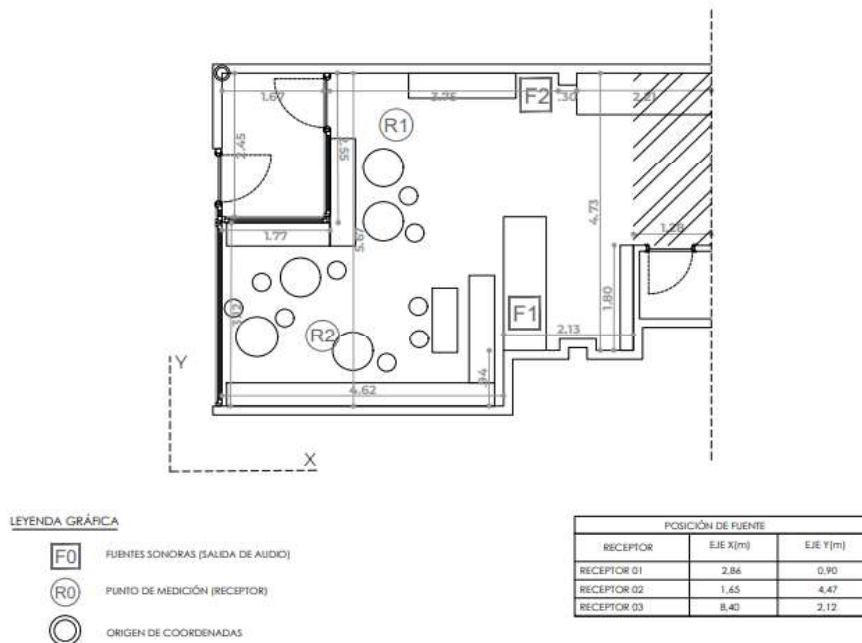


Figura 38

Plano de planta de La Analógica y distribución de puntos de fuentes y receptores

A diferencia de la marcada longitudinalidad del caso anterior, el espacio de "Toma Café / Proper Sound" presenta una morfología mucho más compacta y de proporciones cuadrangulares. La configuración experimental se definió seleccionando dos posiciones de fuente y dos posiciones de receptor, suficientes para caracterizar la respuesta de la sala dada su menor complejidad volumétrica.

Posiciones de Fuente (F)

Para la excitación del recinto, se aprovecharon las ubicaciones reales del sistema de sonorización existente, estableciendo dos puntos de emisión (F1 y F2) que se corresponden con los altavoces instalados en los extremos opuestos de la sala.

- Posiciones F1 y F2: Se situaron las fuentes sonoras coincidiendo con la posición física de cada uno de los altavoces principales. Al activar estos puntos de manera individual mediante la fuente impulsiva, se evalúa la cobertura desde cada extremo hacia el centro y se analiza cómo interactúan las reflexiones primarias de las paredes opuestas en un recinto de proporciones más cuadradas.

Posiciones de Receptor (R)

La definición de los puntos de recepción (R1 y R2) se centró en la zona de ocupación principal, buscando representar la experiencia auditiva real de los clientes.

- Distribución Central: Los micrófonos se ubicaron en el área central de la sala, asimilando su posición a la altura y localización de los asientos y zonas de estancia donde se distribuye el público.
- Separación Espacial: Siguiendo el protocolo metodológico establecido, se garantizó una separación superior a los 2 metros entre ambas posiciones de receptor. Esta distancia asegura que las mediciones recojan variaciones espaciales significativas en la respuesta de la sala, evitando la toma de datos redundantes en un área reducida.

7. Análisis de Resultados

7.1 Análisis de Resultados del Caso de estudio "La Analógica"

Análisis de Resultados: Tiempo de Reverberación (TR)

El análisis del Tiempo de Reverberación se ha realizado evaluando el parámetro $T(20)$ en las bandas de octava comprendidas entre 125 Hz y 4000 Hz, A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada posición de fuente, examinando la uniformidad del campo sonoro y el comportamiento espectral de la sala.

Evaluación por Fuente Sonora

Fuente F1

Para la fuente ubicada en la entrada el espacio donde se encuentra el DJ, los resultados muestran un comportamiento notablemente uniforme y controlado a lo largo de todo el espectro de frecuencias. Como se observa en la Figura 39, el tiempo de reverberación promedio oscila entre 0,47 s en 125 Hz y 0,59 s en 4000 Hz.

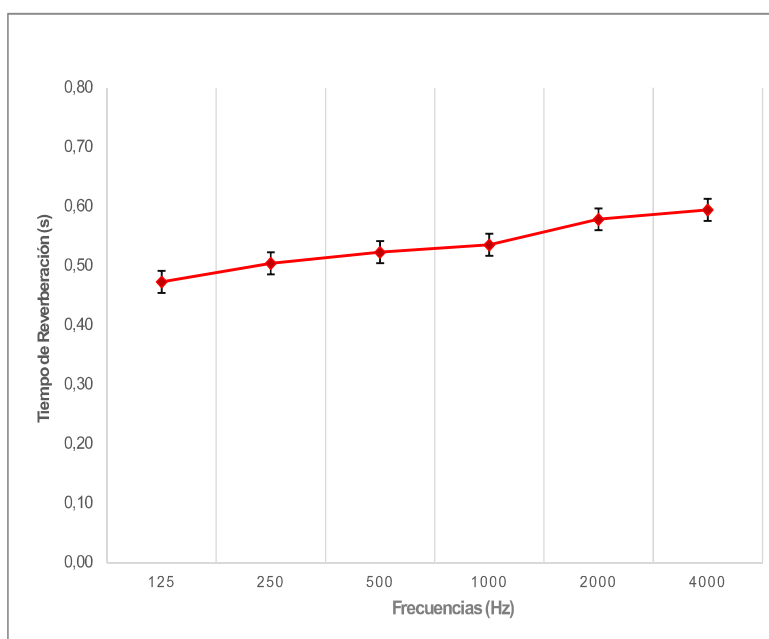


Figura 39

Gráfica Tiempo de reverberación promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F1. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

La desviación estándar aumenta con la frecuencia; no obstante, los valores no son muy altos, lo que indica que, a pesar de la geometría alargada del local, el campo sonoro generado desde la entrada se distribuye de manera homogénea entre las posiciones receptoras evaluadas.

Fuente F₂ (Zona Central)

Los valores promedios se mantienen en un rango muy estrecho, desde un mínimo de 0,46 s en bajas frecuencias hasta un máximo de 0,59 s en agudos.

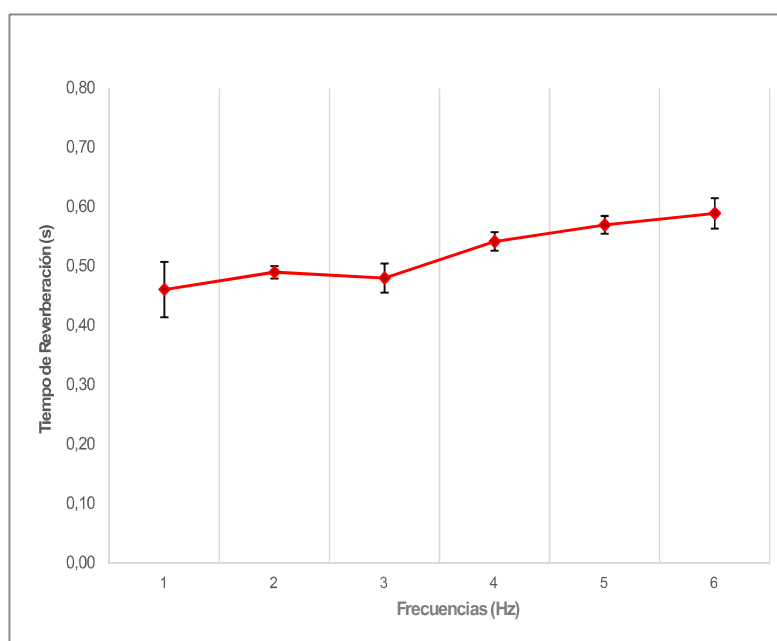


Figura 40

Gráfica Tiempo de reverberación promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F₂. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

La curva resultante (Figura 40) muestra una ligera pendiente ascendente hacia las altas frecuencias, un comportamiento atípico en recintos no tratados donde el aire suele absorber los agudos, pero que aquí denota un control de la absorción en medias y bajas frecuencias, posiblemente debido al mobiliario y los paneles instalados.

Fuente F₃ (Zona de Fondo)

En el área de estancia del fondo, considerada como una unidad emisora única para el par estéreo existente, los valores de (TR) son muy similares con respecto a las otras posiciones de fuente y mantienen la coherencia con el resto de la sala, con promedios que fluctúan entre 0,45 s y 0,58 s.

Sin embargo, son más altos, respecto a F₁ y F₂ los valores de la desviación estándar. A pesar de que los valores promedio son parecidos a los obtenidos para las posiciones F₁ y F₂, llama la atención que las diferencias entre las posiciones individuales de receptor son más grandes como se refleja en el gráfico que presenta valores más altos de la desviación estándar.

Esto sugiere que la geometría local de esta zona elevada o la proximidad de superficies reflectantes específicas (como las esquinas del fondo) generan pequeñas variaciones espaciales en la percepción de los agudos.

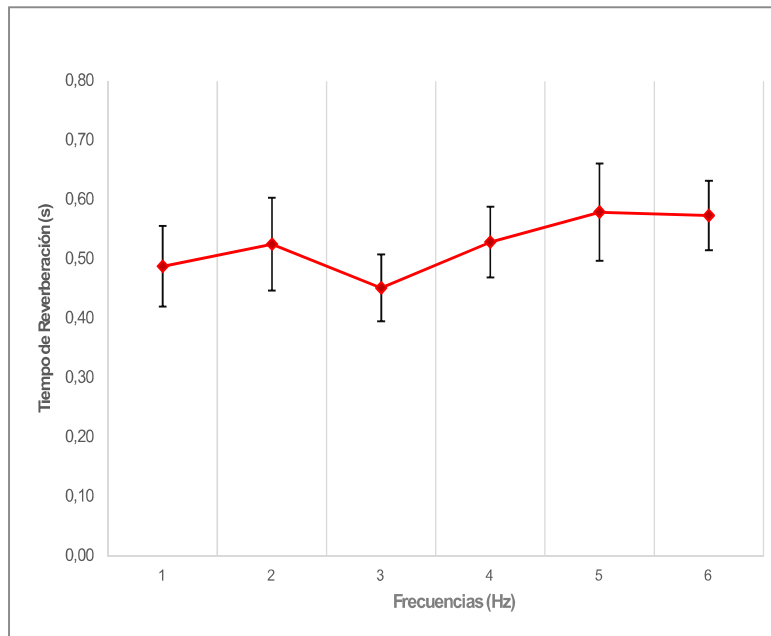


Figura 41

Gráfica Tiempo de reverberación promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F3. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Evaluación Global

Una vez desglosados los datos por fuente, se procede a la valoración global del recinto contrastando los resultados con los valores de TR que se han escogido como referencia.

El DBHR (Documento Básico de Protección frente al Ruido) indica que el tiempo de reverberación en comedores y restaurantes no debe estar por encima de los 0,9s, para hacer la comparación con esta referencia se debe calcular el valor promedio del TR medido a 500, 1000 y 2000 Hz.

Al analizar los datos de "La Analógica", el valor medio global del local se sitúa aproximadamente en 0,5 segundos. Este resultado se sitúa por debajo del valor establecido por el CTE. Aunque sugiere la existencia de cierto control acústico en el local, debe considerarse también el efecto del volumen del recinto, que influye en el valor final del tiempo de reverberación según la expresión de Sabine. La confirmación de una buena calidad acústica se evaluará mediante el análisis de los parámetros C80 y D50, que describen la percepción subjetiva del oyente.

Desde la perspectiva de la teoría acústica expuesta por Carrión Isbert, los valores obtenidos permiten clasificar "La Analógica" claramente como un recinto "apagado" o "sordo". Mientras que un restaurante convencional suele presentar tiempos más elevados que favorecen el "efecto cocktail party", este local presenta valores propios de un entorno de producción crítica, como un estudio de grabación o un locutorio (típicamente entre 0,2 y 0,4 s para locutorios según la Tabla 1.5 de Carrión Isbert).⁹

Este carácter "seco" resulta, en principio, coherente con el concepto Hi-Fi, ya que minimizar la energía reverberante es fundamental para percibir el sonido directo sin coloración. Los valores obtenidos, incluso con el local vacío, sugieren un control acústico que debería mantenerse en condiciones de ocupación. Sin embargo, atribuir este resultado exclusivamente a la eficiencia de los materiales absorbentes sería prematuro. Para comprender la verdadera naturaleza acústica de la sala, es necesario contrastar estos datos temporales con el análisis energético de la Claridad Musical (C80) y la definición de la palabra (D50), cuyos resultados revelan una realidad más compleja sobre la interacción entre la arquitectura y el sonido.

Claridad Musical (C80)

El parámetro como se explicó antes evalúa la transparencia de la música mediante la relación entre la energía sonora temprana (útil) y la tardía (reverberante). Según los criterios de diseño de salas de conciertos y espacios de escucha crítica referenciados por Beranek, el valor óptimo para una sala vacía debería situarse en el rango de -4 dB a 0 dB. Los resultados obtenidos en "La Analógica", detallados a continuación, muestran una desviación significativa respecto a este criterio.

Evaluación por Fuente Sonora

Fuente F1

Como se aprecia en la Figura 42, los valores de C (80) para la fuente ubicada en la entrada son muy altos. El promedio global se dispara hasta 6,8 dB en bajas frecuencias (125 Hz), descendiendo progresivamente hasta 2,6 dB en 4000 Hz.

9. Carrión Isbert, A. (1998).
Diseño acústico de espacios
arquitectónicos. Edicions UPC.

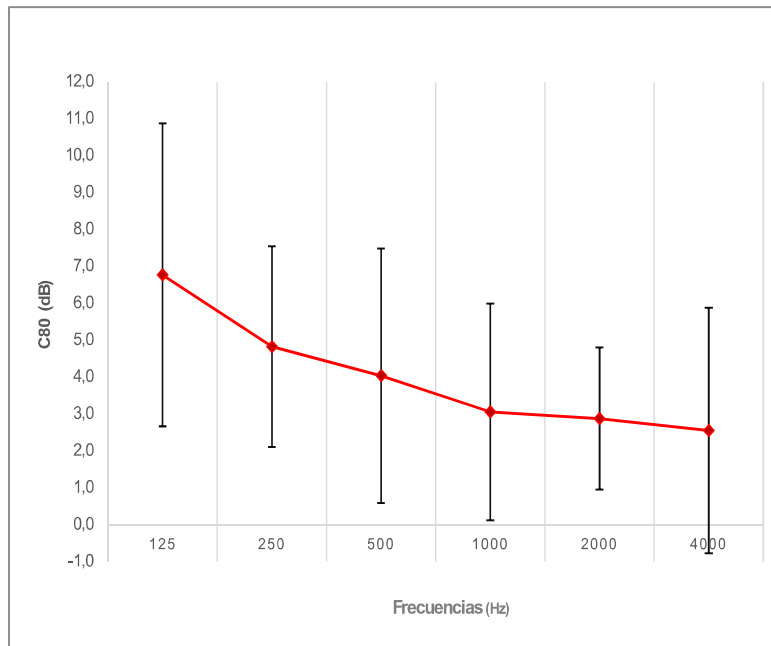


Figura 42

Gráfica Claridad Musical (C80) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F1. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Es notable la elevada desviación estándar en bajas frecuencias (4,1 dB en 125 Hz), lo que indica una irregularidad extrema en la percepción de los graves según la posición del oyente. Ninguna frecuencia se sitúa dentro del rango recomendado de -4 a 0 dB; todas presentan un exceso de energía directa o temprana muy superior a la reverberante.

Fuente F2 (Zona Central)

La fuente central muestra una tendencia similar, aunque con un comportamiento más estable en medias frecuencias. Los valores promedio oscilan entre 6,3 dB (125 Hz) y 3,5 dB (1000 Hz), manteniéndose siempre en valores positivos muy elevados.

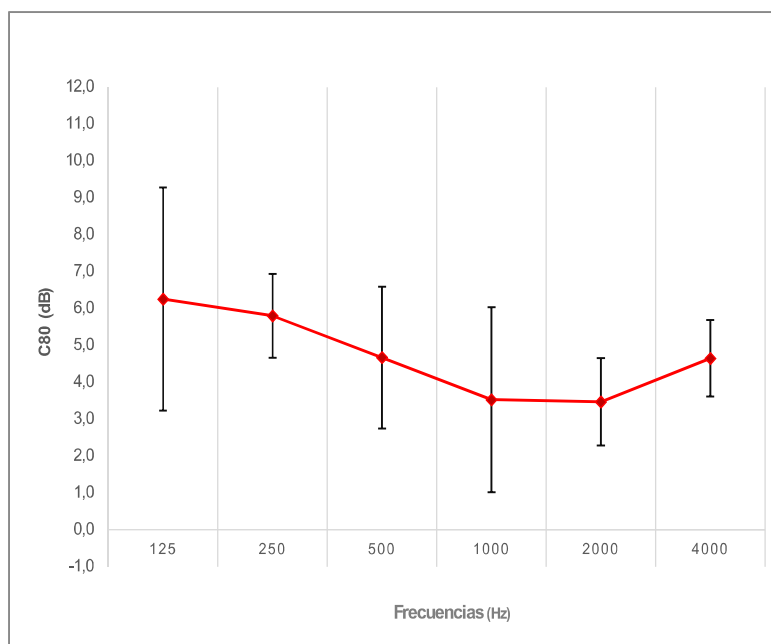


Figura 43

Gráfica Claridad Musical (C80) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F2. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

La desviación estándar se reduce respecto a F₁, sugiriendo que en la zona central del pasillo la claridad es consistentemente alta (excesiva según el valor de referencia) en todas las posiciones receptoras.

Fuente F₃ (Zona de Fondo)

En la zona del fondo, los valores de claridad se mantienen igualmente elevados, con promedios que no bajan de 3,7 dB (1000 Hz) y alcanzan picos de 6,4 dB en 250 Hz. Nuevamente, la desviación estándar es considerable en bajas frecuencias, reforzando la idea de un comportamiento modal irregular en la distribución de la energía sonora en el recinto

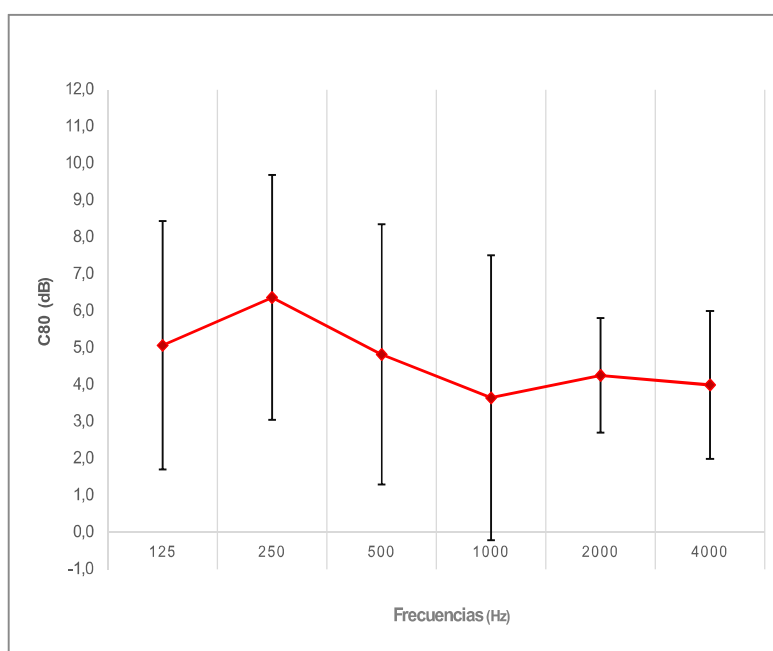


Figura 44

Gráfica Claridad Musical (C80) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F₃. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Análisis de Resultados: Definición de la Palabra D₅₀

El parámetro de Definición (D (50)) evalúa la calidad del recinto para la inteligibilidad de la palabra, analizando la fracción de energía que llega en los primeros 50 milisegundos. Según el criterio establecido en el Carrión Isbert, para garantizar una correcta comprensión del mensaje oral en un recinto ocupado, El parámetro acústico D₅₀ se considera adecuado cuando toma un valor próximo a 0,5, es decir, cuando aproximadamente el 50 % de la energía sonora llega al oyente en los primeros 50 ms respecto del total recibido. Los valores cercanos a 0,5 suelen asociarse a una buena definición e inteligibilidad de la palabra en recintos destinados principalmente a la comunicación oral.

Evaluación por Fuente Sonora

Fuente F1

Los resultados para la fuente situada en la entrada muestran niveles de definición excepcionalmente altos. Como se aprecia en la gráfica de la Figura 45, el promedio inicia en valores cercanos a 0,81 en bajas frecuencias (125 Hz) y descendiendo suavemente hasta estabilizarse en torno a 0,61 - 0,63 en medias y altas frecuencias.

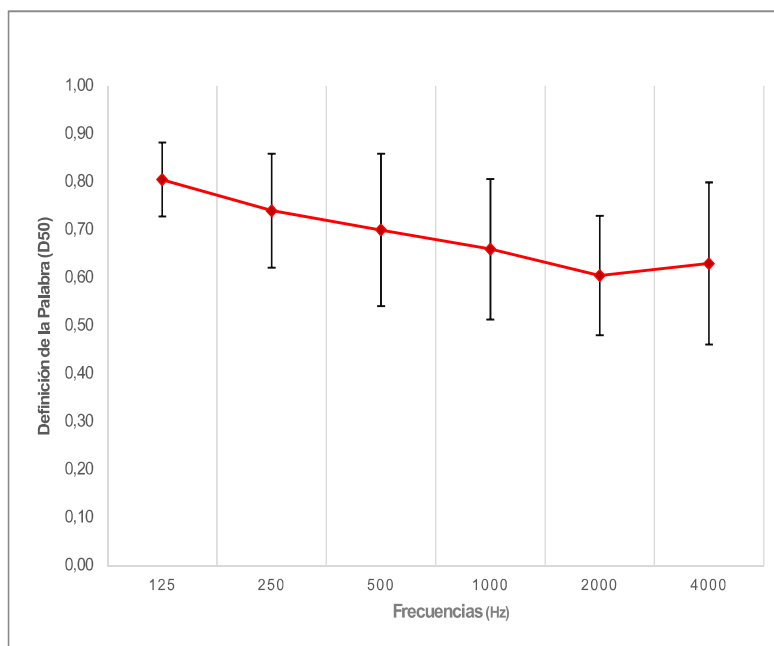


Figura 45

Gráfica Definición de la Palabra (D50) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F1. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Aunque se observa una dispersión de datos en las frecuencias medias, todos los valores promedio se mantienen muy por encima del umbral crítico de 0,50, lo que sugiere una inteligibilidad excelente en la zona de bienvenida y barra. Un valor de D50 elevado como los de La Analógica indica una excelente claridad e inteligibilidad del sonido, ya que el 80% de la energía acústica llega al receptor en los primeros 50 ms tras el sonido directo, superando ampliamente el umbral óptimo de 0,5. Este nivel alto refleja un predominio marcado de la energía temprana (sonido directo y reflexiones iniciales) sobre la reverberante, lo que genera una percepción nítida y definida, ideal para hablar. Sin embargo, valores tan elevados pueden implicar una sala demasiado "seca", con menor sensación de envolvente o calidez sonora.

Fuente F2 (Zona Central)

En la zona intermedia del local, el comportamiento es aún más estable. La Figura 46 revela una curva muy plana, con valores que oscilan en un rango estrecho entre 0,69 y 0,79.

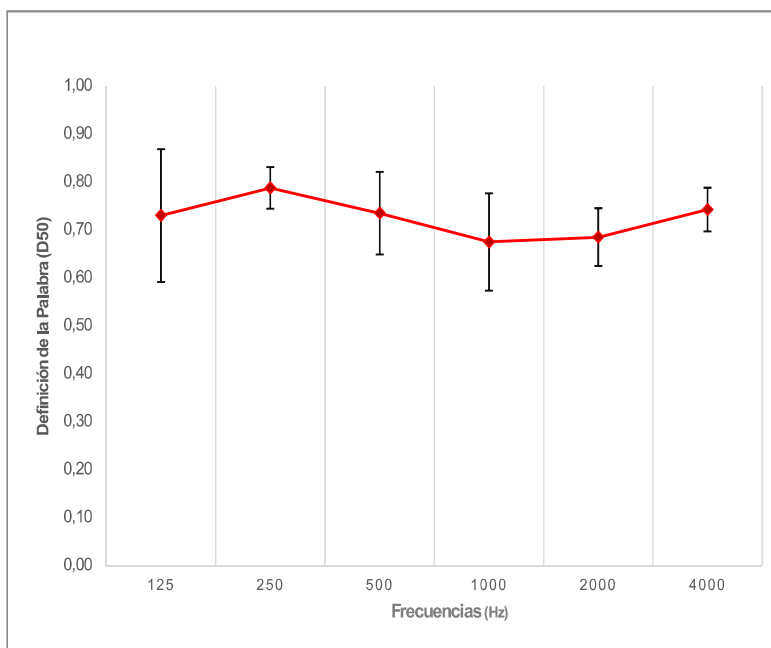


Figura 46

Gráfica Definición de la Palabra (D50) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F2. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Esta estabilidad espectral indica que el sistema de refuerzo central cumple eficazmente su función, manteniendo la claridad de la palabra en el área de mayor tránsito sin que la geometría angosta degrade la señal.

Fuente F3 (Zona de Fondo)

Finalmente, en el área de estancia del fondo, los valores de Definición se mantienen en rangos igualmente óptimos, fluctuando entre 0,68 y 0,80.

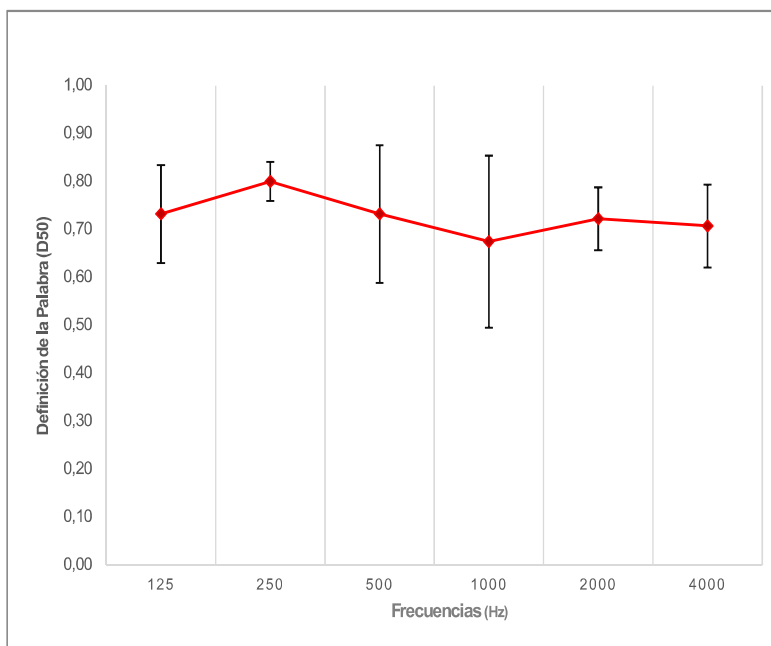


Figura 47

Gráfica Definición de la Palabra (D50) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F3. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

A pesar de una ligera caída en la banda de 1000 Hz (donde también aumenta la desviación estándar, posiblemente por reflexiones locales del mobiliario o la tarima), el rendimiento global en esta zona crítica de asientos asegura una comunicación clara.

Evaluación Global

Al contrastar los datos obtenidos con el valor de referencia ($D(50) > 0,50$), se concluye que el local presenta un rendimiento excelente en términos de inteligibilidad. En todas las posiciones y frecuencias analizadas, el promedio se sitúa holgadamente por encima del mínimo recomendado, superando frecuentemente el valor de 0,70.

Comparación de Resultados

El análisis conjunto de todos los parámetros acústico y la geometría del recinto revela una aparente contradicción. La sala presenta un Tiempo de Reverberación (RT) bajo y controlado, característico de un espacio "seco" y con alta absorción. Sin embargo, muestra simultáneamente una Claridad Musical (C80) excesivamente elevada, propia de recintos con reflexiones tempranas muy intensas. Si la sala contara con una absorción generalizada, la energía sonora decaería rápidamente, coherente con un RT bajo.

Esta anomalía se explica al analizar la arquitectura del recinto. El RT depende del volumen y la absorción. Dado que el local no dispone de grandes superficies de materiales porosos o absorbentes especializados (más allá del mobiliario y paneles puntuales), la "sequedad" no proviene de una absorción elevada, sino que viene definida por un volumen desproporcionado.

El Problema Geométrico: Modos Propios

La geometría de "La Analógica" (4m x 21m) es extremadamente angosta. Según Carrión Isbert, las dimensiones de la sala determinan la distribución de los modos propios como ondas estacionarias que generan resonancias en frecuencias específicas. En un espacio tan estrecho y alargado, la distribución de estos modos no es uniforme, lo que genera "coloraciones" intensas en el sonido.⁹

La falta de proporción en las dimensiones impide una difusión uniforme del campo sonoro. Las reflexiones llegan demasiado rápido y con demasiada fuerza desde las paredes laterales muy cercanas, disparando el valor del C (80) y creando irregularidades en la respuesta de graves (alta desviación estándar), tal como predicen las teorías de acústica ondulatoria para salas pequeñas no difusas.

9. Carrión Isbert, A. (1998).
Diseño acústico de espacios
arquitectónicos. Edicions UPC.

Para verificar si la causa de las irregularidades observadas en la Claridad C(80) y en la respuesta de bajas frecuencias es efectivamente geométrica, se procedió al cálculo teórico de las frecuencias propias de la sala. Este análisis permite identificar las resonancias o frecuencias de las ondas estacionarias que se generan naturalmente en el recinto debido a sus dimensiones. El cálculo se ha realizado aplicando la fórmula de Rayleigh, válida para recintos de forma paralelepédica con superficies reflectantes, que permite determinar la frecuencia (f) asociada a cada modo propio (k, m, n) en función de las dimensiones de la sala (L_x, L_y, L_z) y donde k, m, n son números enteros (0, 1, 2...) que representan los modos axiales, tangenciales y oblicuos.

$$f_{k,m,n} = 172,5 \sqrt{\left(\frac{k}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2}$$

Fórmula de los modos propios

A continuación se presentan las frecuencias propias calculadas para las dimensiones de "La Analógica" (4m x 21m x 2,7m) en el rango de bajas frecuencias, que es donde este fenómeno es crítico y colorea el sonido.

MODOS PROPIOS

k	m	n	$F(k,m,n)$
1	0	0	8,2
0	1	0	43,1
0	0	1	63,9
1	1	0	43,9
1	0	1	64,4
0	1	1	77,1
1	1	1	77,5
0	0	2	127,8
2	0	0	16,4
0	2	0	86,3
2	1	0	46,1
2	0	1	66,0
0	2	1	107,3

Tabla de frecuencias de los modos propios obtenidos para el caso de la Analógica, aplicando la fórmula de Rayleigh

2	2	1	108,6
1	2	2	154,4
2	1	2	135,9
2	2	0	87,8
0	2	2	154,2
2	0	2	128,8

Tabla de frecuencias de los modos propios obtenidos para el caso de la Analógica, aplicando la fórmula de Rayleigh

El criterio de calidad acústica en este aspecto no depende solo de cuáles son las frecuencias, sino de cómo se distribuyen. Según Carrión Isbert, el objetivo del diseño es conseguir que los modos propios se distribuyan lo más uniformemente posible a lo largo del eje frecuencial. Cuando esto no ocurre y las frecuencias aparecen agrupadas o "concentradas" en ciertas bandas dejando otras vacías, se producen concentraciones discretas de energía que generan coloraciones intensas y una respuesta desigual en la sala.⁹

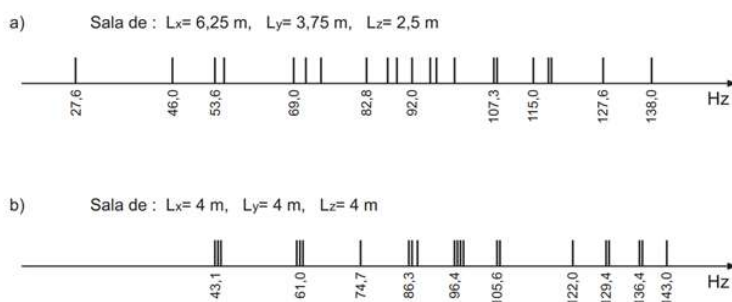


Figura 48

Ejemplo de Distribución de frecuencias (extraída del Carrión Isbert)

Escenario A (Óptimo): Una distribución donde las frecuencias propias aparecen espaciadas uniformemente a lo largo del eje.

Escenario B (Deficiente): Una distribución con frecuencias agrupadas en paquetes, dejando bandas de frecuencia vacías, lo que genera una respuesta sonora.

En la Figura 49 podemos observar las frecuencias de los modos propios obtenidos representados de manera similar al Carrión Isbert, con el fin de observar similitudes.



Figura 49

Distribución de frecuencias para el caso La Analógica

9. Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Edicions UPC.

Como podemos observar, el patrón de distribución obtenido se asimila mucho más al caso desfavorable que al óptimo. Las frecuencias propias aparecen fuertemente agrupadas en clústeres debido a la desproporción entre la longitud (21 m) y el ancho (4 m), confirmando que la geometría del recinto favorece la acumulación de energía en bandas específicas y la falta de difusión, lo cual explica los valores anómalos de C80 y la coloración detectada en el análisis previo.

Para corroborar el análisis modal anterior, se ha procedido a evaluar la idoneidad de las dimensiones de la sala mediante el criterio de relaciones dimensionales óptimas. Para evitar la coloración del sonido y asegurar una distribución uniforme de los modos propios, las proporciones entre largo, ancho y alto deben situarse dentro de unos márgenes específicos.

El método de verificación, ilustrado en la Figura 50 del texto de referencia, consiste en normalizar las dimensiones del recinto tomando la altura (H) del espacio como la unidad ($H=1$). De esta forma, se obtienen dos valores relativos para la anchura (X) y la longitud (Y) que, al ser representados en

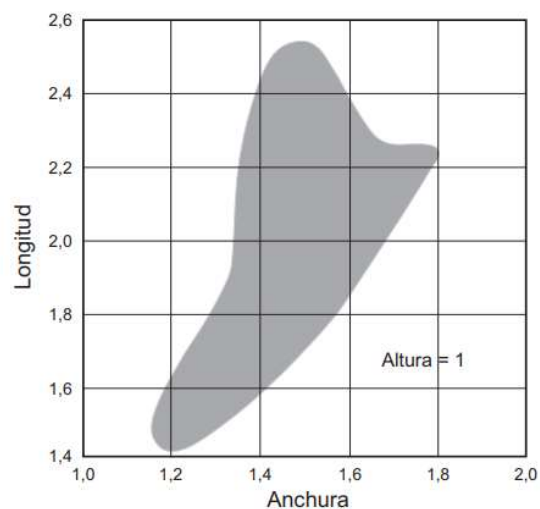


Figura 50

Relaciones recomendadas entre las dimensiones de una sala rectangular (extraída del Carrión isbert)

Partiendo de las dimensiones reales del local (21 x 4 x 2,7 metros), procedemos a la normalización dividiendo cada dimensión por la altura ($h = 2,7$ m):

- Altura Normalizada: $2,7 / 2,7 = 1$
- Anchura Relativa (X): $4 / 2,7 = 1,48$
- Longitud Relativa (Y): $21 / 2,7 = 7,77$

Al trasladar estas coordenadas (1,48; 7,77) al gráfico de referencia de Carrión Isbert, el resultado es contundente.

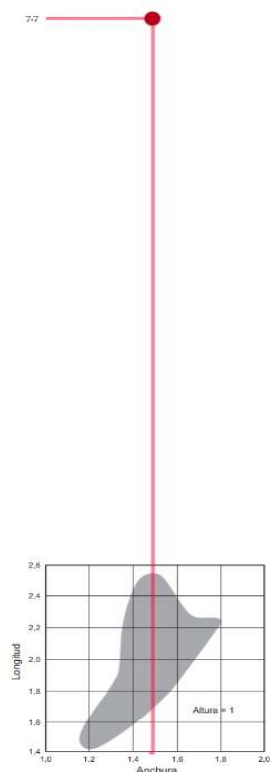


Figura 51

relaciones recomendadas entre las dimensiones de una sala rectangular para el caso de estudio de La Analógica

Como se puede apreciar en la figura 51, aunque la relación de anchura (1,48) se encuentra dentro del rango aceptable del eje horizontal, pero la relación de longitud (7,77) excede drásticamente el límite superior de la zona óptima que apenas llega a $Y=2,6$. El punto resultante se sitúa extremadamente lejos del área de proporciones favorables.

Este hallazgo confirma matemáticamente la hipótesis planteada: la geometría del recinto no es recomendada desde el punto de vista acústico. La excesiva longitud respecto a la altura y la anchura es la causa directa de la distribución modal agrupada y deficiente observada en el apartado anterior. Esta configuración arquitectónica, al quedar fuera de los criterios de diseño acústico recomendados, es la responsable de la falta de difusión natural del sonido y de las irregularidades observadas en la C8o. Los resultados obtenidos confirman la ausencia de confort acústico en el recinto y evidencian la necesidad de una intervención. Para compensar el efecto de una geometría desfavorable y reducir la incidencia de los modos propios de la sala, será necesario recubrir las paredes del recinto con materiales acústicamente absorbentes.

La Solución Técnica: Ubicación de Fuentes

Si la arquitectura presenta estas deficiencias geométricas y falta de absorción, ¿por qué el Tiempo de Reverberación es tan bajo y cumple con los valores recomendados que se ha comentado en apartados anteriores? La respuesta reside en la estrategia de sonorización.

Al distribuir múltiples fuentes a lo largo del eje longitudinal en lugar de intentar cubrir todo el largo desde un único punto, el propietario ha logrado que cada altavoz trabaje en "campo cercano" sobre su zona de audiencia. Ante las deficiencias geométricas y la falta de absorción acústica del recinto, la distribución de varias fuentes sonoras a lo largo del eje longitudinal, en lugar de intentar cubrir toda la sala desde un único punto, ha permitido al propietario lograr que cada altavoz opere en "campo cercano" respecto a su zona de audiencia.⁹

Esta decisión técnica fragmenta el volumen acústico efectivo. El sonido directo llega al oyente con mucha más intensidad que las reflexiones tardías que tienen que recorrer 21 metros para volver, reduciendo artificialmente la respuesta temporal de la sala. Nick, el propietario, ha compensado intuitiva o técnicamente las limitaciones arquitectónicas mediante un diseño acústico inteligente y algunos elementos dentro de la sala, logrando que, a efectos prácticos de escucha, la sala se comporte como un entorno controlado y de alta fidelidad, a pesar de que su "esqueleto" arquitectónico no sea acústicamente favorable.

Valoración Integral

Un valor de D_{50} elevado como los de La Analógica indica una excelente claridad e inteligibilidad del sonido, ya que el 80% de la energía acústica llega al receptor en los primeros 50 ms tras el sonido directo, superando ampliamente el umbral óptimo de 0,5. Este nivel alto refleja un predominio marcado de la energía temprana (sonido directo y reflexiones iniciales) sobre la reverberante, lo que genera una percepción nítida y definida, ideal para hablar. Sin embargo, valores tan elevados pueden implicar una sala demasiado "seca", con menor sensación de envolvente o calidez sonora

Estos resultados de D_{50} son coherentes con los hallazgos previos. La alta Definición es la consecuencia directa de un Tiempo de Reverberación bajo y una C_{80} alto.

Si bien se identificó la Claridad $C(80)$ excesivamente alta como un síntoma de desproporción geométrica para un auditorio de música pura, en el contexto de un Bar Hi-Fi, estos valores altos de Definición se traducen en una ventaja funcional crítica: permiten que la música suene con presencia y detalle sin impedir la conversación. El "secado" acústico del espacio, logrado mediante la distribución de fuentes y la absorción, garantiza que el murmullo de los clientes no se amplifique y que la palabra hablada sea nítida, cumpliendo así con la doble función de estos espacios, la escucha atenta y socialización.

9. Carrión Isbert, A. (1998).
Diseño acústico de espacios
arquitectónicos. Edicions UPC.

7.2 Análisis de Resultados del Caso de estudio "Toma Café 3/ Proper Sound"

Tiempo de Reverberación (TR)

A continuación, recordando las posiciones de fuente representados en la figura 38 anteriormente, se presentan los resultados obtenidos para el parámetro de Tiempo de Reverberación en las dos posiciones de medida evaluadas. Las gráficas muestran los valores medios por banda de octava junto con sus barras de error, que representan la desviación típica de las mediciones, indicando la variabilidad espacial de los parámetros para cada frecuencia. En las gráficas presentadas se representa la Frecuencia (Hz) en el eje horizontal y el Tiempo de Reverberación (s) en el vertical.

Posición de Fuente 1

Para la primera posición de fuente, los resultados muestran un comportamiento bastante estable a lo largo del espectro. El tiempo de reverberación promedio oscila en un rango, entre 0,42s y 0,51s.

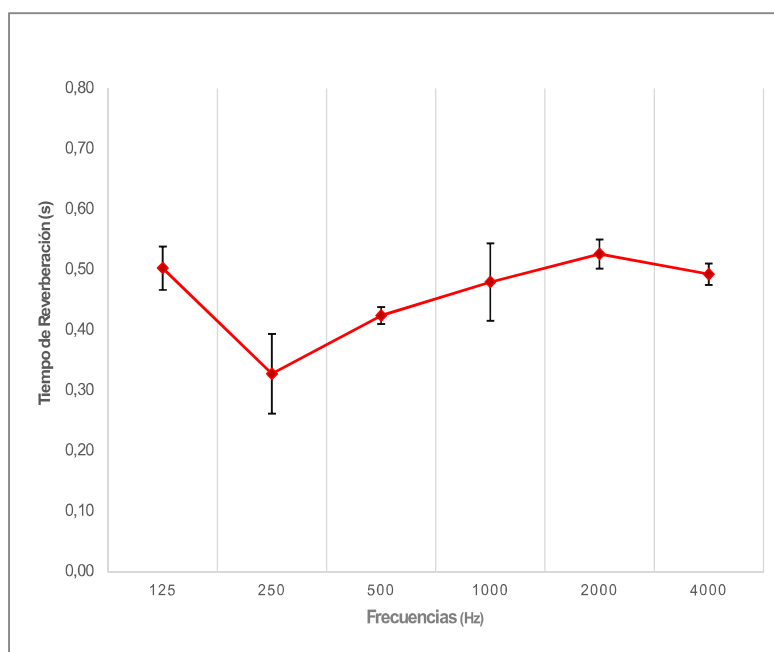


Figura 52

Gráfica de Tiempo de Reverberación (TR) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F1. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

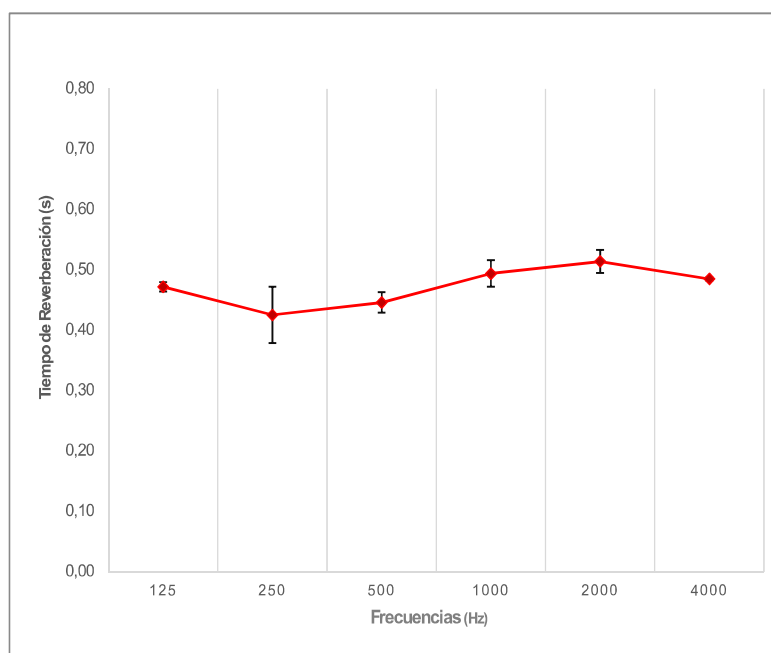
Posición de Fuente 2

En la segunda posición, aunque los valores promedio en alta frecuencia son similares a los anteriores, se observa un comportamiento espectral distinto en la zona de graves.

Como se aprecia en la Gráfica 53, existe una caída notable del tiempo de reverberación en la banda de 250 Hz bajando hasta 0,32s. Además, llama la

Figura 53

Gráfica de Tiempo de Reverberación (TR) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente Fz. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.



Esta mayor dispersión en baja frecuencia suele estar asociada a la geometría del local y a la presencia de modos propios de la sala, que provocan que el sonido se comporte de manera desigual en esos puntos específicos del espacio. A partir de 500 Hz, la respuesta se estabiliza, mostrando nuevamente valores homogéneos.

Valoración Acústica Global

Una vez analizados los datos por fuente, se procede a contrastar los resultados con los valores de referencia normativos a efectos de ver si son valores razonables y teóricos explicados en el apartado de parámetros acústicos a considerar.

El Documento Básico DB-HR del CTE establece que, para recintos destinados a comedores y restaurantes, el tiempo de reverberación promedio (T_{mid} , calculado con las bandas de 500, 1000 y 2000 Hz) debe ser menor o igual a 0,9 segundos.

Al analizar los datos obtenidos en este estudio:

El valor medio global del local se sitúa en un intervalo aproximado de 0,45 a 0,50 segundos. Este resultado se sitúa muy por debajo del valor límite establecido por el CTE Lo que en principio indicaría o estaría apuntando a un buen acondicionamiento acústico del local o del espacio.

A diferencia del caso de estudio anterior ("La Analógica"), donde el resultado podía estar influenciado por el gran volumen, en este recinto de dimensiones más reducidas y geometría proporcionalmente cuadrada tal y como se explicó en el apartado de descripciones de caso y se reflejaba en la figura 53, un tiempo de reverberación tan bajo no es accidental se valida la efectividad de los elementos constructivos descritos. Posiblemente la presencia de elementos con capacidad de absorción, sumado a los paneles acústicos y el mobiliario textil, está actuando de manera determinante para controlar la energía sonora, evitando que un espacio pequeño se convierta en una caja reverberante.

Desde la perspectiva de la teoría acústica expuesta por Carrión Isbert, los valores obtenidos permiten clasificar al igual que antes este espacio claramente como un recinto "apagado" o "seco".⁹

Este carácter "seco" es coherente con el uso previsto del espacio descrito en el proyecto. Posiblemente al reducir la cola reverberante mediante los materiales absorbentes identificados, se consigue que la audiencia perciba el sonido directo de las fuentes con mayor fidelidad, minimizando la coloración que suele producirse en salas pequeñas con paredes paralelas reflectantes.

No obstante, para confirmar si este control de la reverberación se traduce efectivamente en una escucha de alta calidad y no solo en una sala "seca", es necesario contrastar estos datos temporales con el análisis del C80 y D50, cuyos resultados revelarán cómo se distribuye esa energía útil en el tiempo.

Análisis de la Claridad Musical C80

El parámetro C(80), tal como se explicó en la sección teórica, evalúa la claridad de la música mediante la relación logarítmica entre la energía sonora temprana (llegada en los primeros 80 ms) y la tardía (reverberante).

Según los criterios de diseño acústico referenciados por Beranek y recogidos en el manual de Carrión Isbert, el valor óptimo para una sala de conciertos sinfónica suele situarse en el rango de -4 dB a 0 dB. Sin embargo, nuevamente los resultados obtenidos en "Toma Café" muestran valores positivos muy superiores a este estándar, lo cual es coherente con el análisis previo del Tiempo de Reverberación. Un tiempo de reverberación bajo indica que es muy alta la energía sonora temprana comparada con la que llega después, explicando esos altos valores del C80 con el bajo valor del tiempo de reverberación.

9. Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Edicions UPC.

11. Beranek, L. L. (Ed.). (1989). Noise and Vibration Control. Institute of Noise Control Engineering.

Evaluación por Fuente Sonora

Posición de Fuente 1

Como se aprecia en la figura 54, los valores de $C80$ son positivos y elevados en todo el espectro, indicando un predominio claro de la energía directa sobre la reverberante.

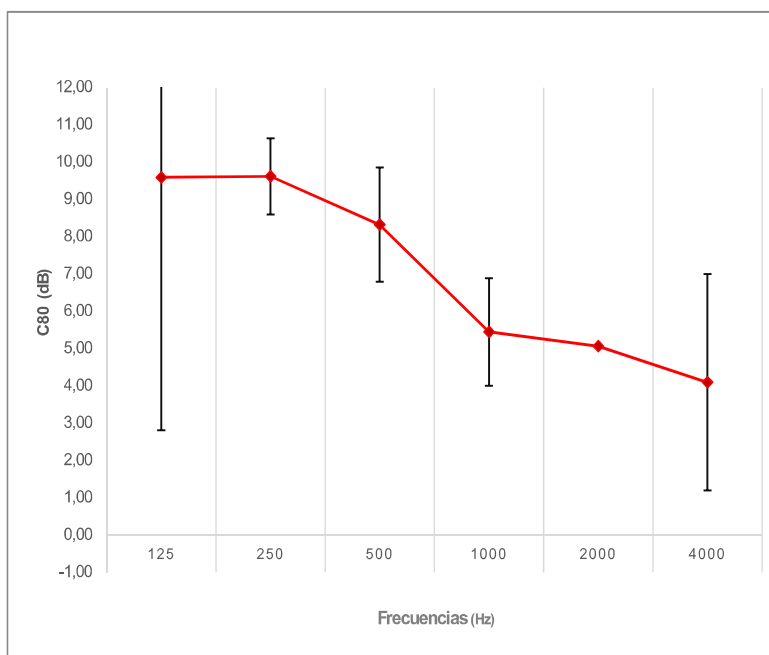


Figura 54

Gráfica Claridad Musical ($C80$) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F1. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Se observa una tendencia descendente conforme aumenta la frecuencia. En bajas frecuencias (125-250 Hz), el promedio se sitúa cerca de los 9,5 dB. Sin embargo, destaca una elevada desviación estándar en la banda de 125 Hz, representada por una barra de error muy amplia (que abarca desde 3 dB hasta 16 dB). Esto indica una fuerte irregularidad espacial dependiendo de dónde se sitúe el oyente, la percepción de la claridad en graves varía drásticamente, probablemente debido a la influencia de modos propios de la sala en esa frecuencia específica.

En la alta frecuencia (4000 Hz), el valor desciende hasta los 4 dB, aunque nuevamente con una dispersión considerable.

Posición de Fuente 2

Para la segunda posición de fuente, el comportamiento es numéricamente similar (valores positivos altos) pero espectralmente diferente.

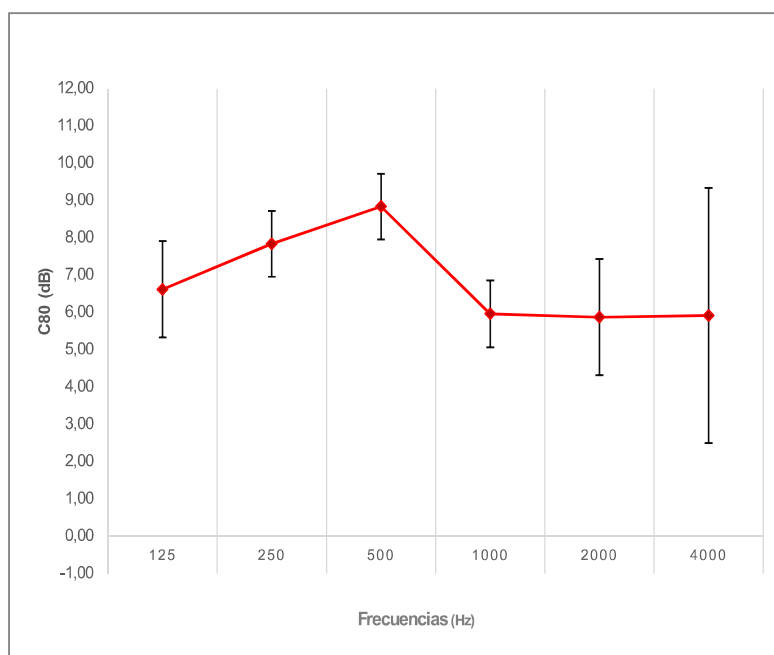


Figura 55

Gráfica Claridad Musical (C80) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F2. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Los valores promedio se mantienen en un rango entre 6 dB y 9 dB. A diferencia de la Fuente 1, aquí no se observa una caída lineal, sino un ligero ascenso hasta la banda central (500 Hz) donde alcanza su máximo.

La desviación estándar es moderada en las bandas centrales, lo que sugiere una distribución de la energía temprana más homogénea en esta zona. No obstante, vuelve a aumentar ligeramente en la banda de 4000 Hz, indicando ciertas variaciones locales en la recepción de los agudos.

Valoración Global de la Claridad Musical

Al contrastar estos datos con el estándar de sala de conciertos (-4 a 0 dB), "Toma Café" presenta valores de claridad muy altos consistentemente por encima de 4 dB.

Esto no debe interpretarse necesariamente como un defecto, sino como una característica del diseño del local. Al tratarse de un recinto pequeño con tratamiento absorbente y TR bajo, la energía reverberante se extingue rápidamente, dejando que la energía directa y las primeras reflexiones dominen. Esto favorece una alta inteligibilidad y una definición precisa del sonido ("seco"), propia de un entorno de escucha crítica o Hi-Fi, distanciándose de la acústica envolvente típica de una sala de conciertos clásica.

Análisis de Resultados: Definición de la Palabra (D50)

El parámetro D (50) como mencione anteriormente representa la relación entre la energía sonora que llega al receptor en los primeros 50 milisegundos y la energía total. Es el indicador principal para evaluar la inteligibilidad de la palabra.

En las gráficas presentadas a continuación, el eje horizontal corresponde a las bandas de frecuencia de 125 Hz a 4000 Hz y el eje vertical representa el valor de la D(50) en una escala decimal de 0 a 1,2.

Evaluación por Fuente Sonora

Posición de Fuente 1

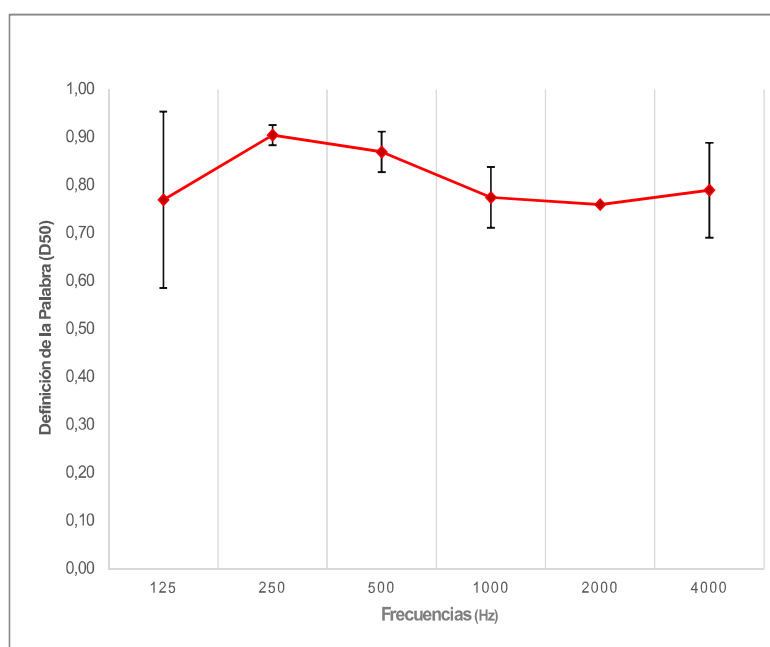


Figura 56

Gráfica de la Definición de la palabra (D50) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F1. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Como se observa en la Gráfica de la figura 56, los valores obtenidos son muy elevados, situándose en su mayoría por encima de 0,75. La curva alcanza su máximo en la banda de 250 Hz superando el 0,90, para luego mantenerse estable en torno a 0,75 - 0,80 en media y alta frecuencia.

Al igual que sucedía con la Claridad C (80), se detecta una desviación estándar considerable en la banda de 125 Hz. La barra de error indica que, en esta frecuencia, la definición varía significativamente entre los distintos puntos de recepción (oscilando entre 0,60 y 0,95 aproximadamente), lo que refuerza la hipótesis de un comportamiento modal irregular en los graves.

Posición de Fuente 2

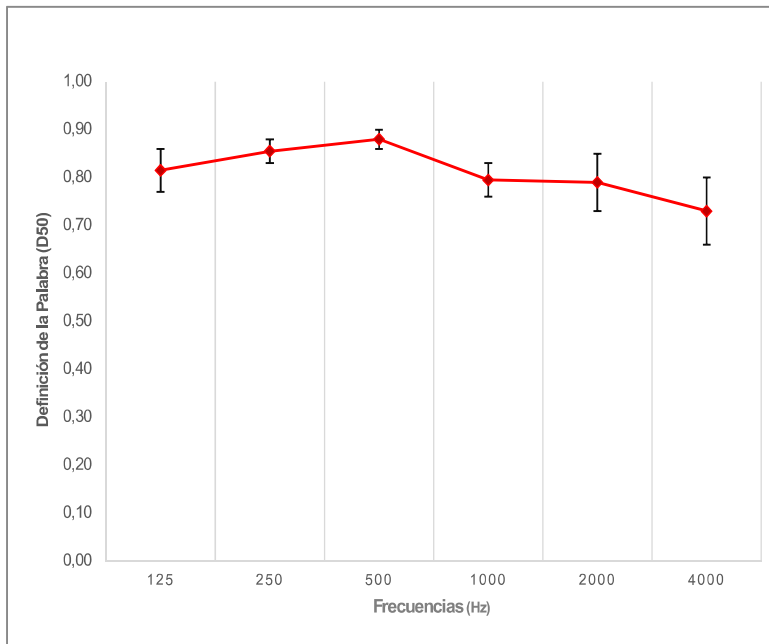


Figura 57

Gráfica de la Definición de la palabra (D50) promedio de todos los receptores situados en el espacio para la fuente F2. La gráfica incluye las barras que representan la desviación estándar.

Para la segunda posición de fuente, representada en la gráfica 57, la respuesta es notablemente más estable y uniforme. Los resultados se mantienen consistentemente altos, fluctuando entre 0,72 y 0,88. El pico máximo se desplaza ligeramente hacia la banda de 500 Hz.

A diferencia de la Fuente 1, aquí las barras de desviación estándar son reducidas en casi todo el espectro, lo que indica que la inteligibilidad es uniformemente alta en toda el área de audiencia cubierta por esta fuente, sin zonas "confusas" o de baja definición.

Valoración Global de la Definición e Inteligibilidad

Los resultados de D (50) confirman la caracterización acústica obtenida mediante el TR y el C (80). El recinto presenta valores de definición excepcionalmente altos (promedios globales > 0,75), muy por encima del umbral mínimo recomendado para la inteligibilidad de la palabra (0,50).

Esto implica que "Toma Café" es un espacio con una articulación de la palabra excelente. La absorción presente en techos y paneles elimina parcialmente la energía tardía que podría enmascarar el sonido directo.

A diferencia del caso anterior, el recinto de Toma Café presenta una morfología mucho más compacta y proporcionada como podemos observar en la figura 58 a continuación. Para evaluar si esta configuración geométrica introduce coloraciones modales o anomalías en la respuesta en frecuencia, se ha replicado el procedimiento de cálculo de los modos propios de este espacio basado en la fórmula de Rayleigh, utilizando las dimensiones específicas de este local ($L_x = 6,5$ m, $L_y = 5,83$ m, $L_z = 3,0$ m).

Distribución de Frecuencias Propias

En la siguiente tabla se recogen las frecuencias de los modos propios, tangenciales y oblicuos calculados para el rango de bajas frecuencias, fundamentales para detectar posibles resonancias indeseadas al igual que se realizó con el caso de La Analógica.

MODOS PROPIOS				
K	M	N	$F(k,m,n)$	
1	0	0	26,5	
0	1	0	29,6	
0	0	1	57,5	
1	1	0	39,7	
1	0	1	63,3	
0	1	1	64,7	
1	1	1	69,9	
0	0	2	115,0	
2	0	0	53,1	
0	2	0	59,2	
2	1	0	60,8	
2	0	1	78,3	
0	2	1	82,5	
2	2	1	98,1	
1	2	2	132,0	
2	1	2	130,1	
2	2	0	79,5	
0	2	2	129,3	
2	0	2	126,7	

Tabla de frecuencias de los modos propios obtenidos para el caso Toma Café, aplicando la fórmula

La distribución de las frecuencias de los modos propios se compara con la representada en la Tabla anterior de la misma manera que se ha hecho para el caso de La Analógica, es fundamental retomar primero el criterio de calidad acústica expuesto en la Figura 48 (extraída de Carrión Isbert y analizada en el apartado anterior de La Analógica).

En esa gráfica se representaban dos escenarios Escenario A (Óptimo) y Escenario B (Deficiente). En el caso de "La Analógica", la distribución de frecuencias propias correspondía claramente a un patrón deficiente, similar al descrito en el escenario con frecuencias agrupadas, lo cual se relaciona con su geometría alargada. En cambio, el recinto de Toma Café presenta una disposición mucho más uniforme, cercana al comportamiento óptimo tal y como se muestra en la Figura 58.

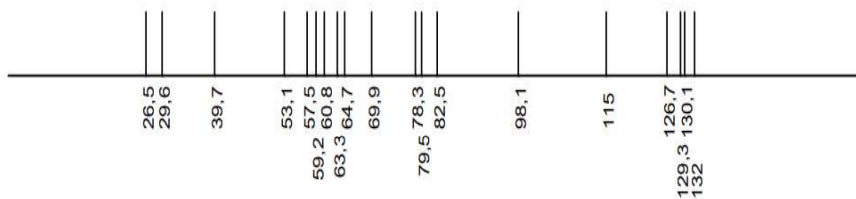


Figura 58

Distribución de frecuencias de modos propios en el caso Toma Café

Al observar la Figura 58, vemos que la distribución de las resonancias en el espectro de bajas frecuencias (de 20 Hz a 140 Hz) se asemeja mucho más al patrón de uniformidad del Escenario A.

A diferencia del local anterior, donde la energía se acumulaba en bandas muy estrechas, aquí los modos propios "llenan" el espectro de forma más continua. Si bien existen algunas coincidencias cercanas (por ejemplo, la agrupación visible en torno a los 60-65 Hz y los 130 Hz), no existen los grandes vacíos frecuenciales que caracterizaban a la sala alargada de La Analógica. Esto se debe a que las dimensiones de Toma Café ($L_x=6,5\text{m}$ y $L_y=5,83\text{m}$) son distintas entre sí, pero no desproporcionadas. Al no tratarse de dimensiones múltiplos exactos ni extremadamente dispares, los modos axiales y tangenciales de cada pared no coinciden exactamente en las mismas frecuencias, sino que se intercalan, ayudando a suavizar la respuesta global de la sala. Esto indica que la "coloración" del sonido será mucho menos evidente que en el caso de estudio anterior.

Verificación de Relaciones Dimensionales (Criterio de Bolt)

Para confirmar la idoneidad de las proporciones del recinto, procedemos a la normalización de sus dimensiones tomando nuevamente la altura ($H=3,0$ m) como la unidad ($H=1$), tal como se estableció en la metodología comparativa en el caso anterior.

Partiendo de las dimensiones reales:

- Altura Normalizada: $3 / 3 = 1$
- Longitud Relativa (X): $6,5 / 3 = 2,16$
- Anchura Relativa (Y): $5,83 / 3 = 1,94$

Al trasladar estas coordenadas (2,16; 1,94) al gráfico de referencia de Carrión Isbert, el resultado es contundente.

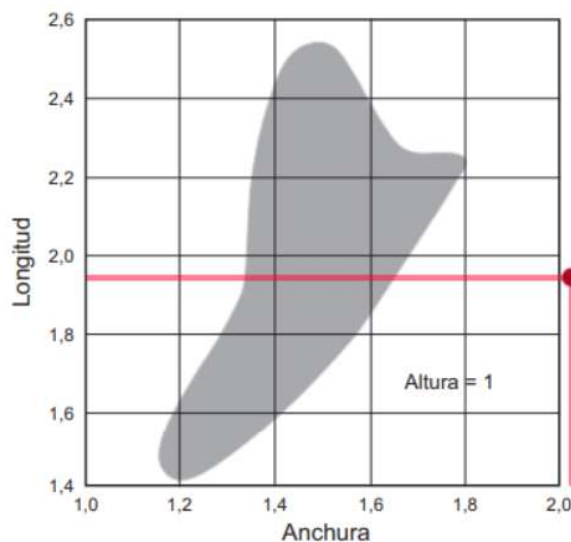


Figura 59

relaciones recomendadas entre las dimensiones de una sala rectangular con las dimensiones normalizadas del caso de estudio de Toma café

En contraste con "La Analógica", cuyo valor extremo en la coordenada Y (7,77) la excluía de cualquier gráfica de diseño acústico favorable debido a su desproporción tipo "pasillo", las proporciones de Toma Café posicionan su punto de trabajo mucho más cerca de la zona óptima, con anchura y longitud cercanas (1,94 vs. 2,16) pese a una ligera tendencia cuadrada que lo sitúa marginalmente fuera de las recomendaciones ideales respecto a la anchura.

8. Conclusiones

El trabajo desarrollado en este trabajo de fin de grado permite confirmar que la experiencia de la "Alta Fidelidad" en espacios públicos no depende exclusivamente del equipamiento electroacústico, sino que es el resultado de una compleja interacción entre la arquitectura, el volumen espacial y el tratamiento de las superficies. A través del análisis comparativo de los casos de estudio y la revisión histórica del fenómeno, se extraen las siguientes conclusiones fundamentales.

La Arquitectura del Sonido: Divergencias en la Geometría

El análisis acústico de "La Analógica" y "Toma Café" revela dos estrategias arquitectónicas opuestas para alcanzar un mismo fin: el control del tiempo de reverberación TR para favorecer la inteligibilidad y la definición musical.

En el caso de "La Analógica", nos encontramos ante la acústica dominada por el volumen. Debido a su dimensión rectangular alargada, el recinto presenta una coloración modal en lugar de una distribución uniforme del sonido. El volumen debe ser pequeño para que los valores de TR se mantengan bajos (0,5s). Sin embargo, los parámetros de Claridad (C80) mostraron una mayor variabilidad espacial; la geometría alargada y la distribución de los altavoces generan zonas donde la definición fluctúa, evidenciando que el control por volumen puede reforzar la falta de homogeneidad si no se acompaña de una correcta difusión.

Por el contrario, "Toma Café" representa la acústica dominada por la absorción. Al tratarse de un recinto de dimensiones reducidas y geometría tendente a unas proporciones más adecuadas desde un punto de vista acústico, la arquitectura interviene de otra manera. Los resultados obtenidos (una definición D50 cercana a la unidad y un C80 consistentemente alto) confirman que el uso de techos absorbentes, paneles y textiles ha logrado mejorar la sala, convirtiéndola prácticamente en un espacio de escucha. Aquí, la arquitectura no diluye el sonido, sino que lo "seca" intencionadamente para evitar la coloración modal.

Estrategias opuestas: Disipación por volumen frente a control por absor-



Figura 60

Una fotografía general de la nave de "La Analógica" mostrando su altura y sus proporciones alargadas



Figura 61

Fotografía del interior de "Toma Café" destacando el techo e madera agujereado que cubre a una lana de roca absorbente y sus cortinas que ayudan con este mismo factor

Factores para considerar al diseñar Espacios de Escucha (Hi-Fi)

A la vista de los datos obtenidos, es posible trazar una serie de directrices fundamentales para el arquitecto o diseñador que se enfrente a la creación de un espacio Hi-Fi. La conclusión principal radica en que el recinto constituye el primer componente del sistema sonoro.

El diseño debe comenzar por el análisis de la geometría. Se debe evitar en la medida de lo posible el paralelismo estricto de paredes en salas pequeñas (como se vio en la irregularidad de graves de la Fuente 1 en Toma Café), o bien romper dicha simetría mediante mobiliario difusor, como estanterías de vinilos o superficies texturizadas, que ayuden a dispersar la energía sin atenuarla completamente. El error más común a evitar es incorporar amortiguación, si bien buscamos un TR bajo para la claridad musical, un espacio totalmente "muerto" puede resultar opresivo y poco natural para la socialización. El equilibrio reside en combinar materiales porosos (para absorber frecuencias medias-altas) con trampas de graves o resonadores de membrana que controlen la energía en baja frecuencia, que ha demostrado ser la más problemática en ambos casos de estudio.

Asimismo, la posición del oyente y de la fuente no pueden ser aleatorias. Como demostró el análisis de la Definición (D50), la inteligibilidad es excelente cuando se está dentro del campo directo de los altavoces. Por tanto, el diseño interior debe priorizar la distribución de asientos en un triángulo de escucha medianamente óptimo, dejando las zonas de tránsito o barras de servicio con menos importancia que las áreas donde la dispersión acústica es mayor. Crear un bar Hi-Fi no es solo decorar con paneles absorbentes; es proyectar el vacío para que el sonido viaje de una manera uniforme desde el emisor hasta el receptor.

El Refugio Sonoro en la Ciudad Contemporánea

Finalmente, cabe reflexionar sobre la evolución tipológica de estos espacios. Nacidos en el Japón de los años 70 (Jazz Kissa) como una respuesta a la necesidad de privacidad y acceso a la cultura en viviendas muy pequeñas, estos lugares ofrecían un espacio de escucha casi sagrada. Al importarse este modelo a occidente y a la actualidad, como observamos en los casos de Madrid, el concepto ha mutado.

Hoy en día, algunos de estos espacios funcionan como refugios sensoriales ante la saturación de ruido urbano y al consumo de la música como experiencia. Aunque en la teoría buscan ser santuarios de silencio, la práctica comercial impone una realidad híbrida: son lugares de socialización donde la "escucha activa" convive con el "efecto cocktail" que implica tomarte una copa con tus amistades en un ambiente agradable desde el punto de vista tanto musical, estético y divertido. Sin embargo, los datos acústicos

de esta tesis demuestran que, incluso con esta hibridación, la calidad del entorno sonoro es superior a la media de la hostelería cuando este factor no es tenido en cuenta.

"La Analógica" y "Toma Café" no son solo bares con buenos altavoces o una acústica más pensada; son humildes intentos de espacios de escucha que con ayuda del diseño buscan recuperar la atención a la escucha. Representan pequeños rincones en la ciudad donde experimentar estos factores, a través de materiales invisibles a través del coeficiente de absorción y el tiempo de reverberación. En un mundo visualmente saturado, el diseño de estos espacios nos recuerda que el confort también entra por los oídos.

10. Bibliografía

- Arneill, P. (2021) Tokyo Jazz Joints: Japanese jazz kissa as heterotopia, *Jazz-hitz*, (4). <https://jazz-hitz.musikene.eus/index.php/jazz-hitz/article/view/88/52>
- Atkins, E. T. (2003) Oto no geni: 'Sound-Experience' in a Japanese music coffeehouse, *Perfect Beat*.
- Audio Engineering Society. (2025) Pro Audio Reference, AES Technical Council, Audio Engineering Society, Nueva York. <https://www.aes.org/par/>
- Beranek, L.L. (1962) *Music, Acoustics and Architecture*, Wiley, Nueva York.
- Beranek, L.L. (Ed.). (1989). *Noise and Vibration Control*. Institute of Noise Control Engineering. <https://dl.icdst.org/pdfs/files3/2b5a3086f2e56e15bbd2b072cff81f09.pdf>
- Bohn, D. (2005) Audio Specifications, RaneNote 145, Rane Corporation, Mukilteo. <https://www.ranecommercial.com/legacy/note145.html>
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. [PDF]. Edicions UPC.
- Catchpole, J. y Arneill, P. (2015) Tokyo Jazz Joints, Proyecto web y fotográfico. <https://tokyojazzjoints.com/>
- Cremer, L. y Mueller, H. (1982) *Principles and Applications of Room Acoustics*, Vols. 1 y 2, Applied Science Publishers Ltd., Londres.
- El País. (2025) Ir al bar a escuchar música: la nueva moda de los hi-fi bars. <https://elpais.com/gastronomia/2025-05-20/ir-al-bar-a-escuchar-musica-la-nueva-moda-de-los-hi-fi-bars.html>
- Imada, K. y Steen, E. (13 de junio de 2024). 13 best retro Japanese coffee shops in Tokyo. *Time Out Tokyo*. <https://www.timeout.com/tokyo/restaurants/best-kissaten-coffee-shops-in-tokyo>
- ISC Team. (30 de abril de 2024). Japan's Oldest Kissa: Jazz Cafe Chigusa (Yokohama). In *Sheep's Clothing Hi-Fi*. <https://insheepsclathingifi.com/jazz-cafe-chigasu/>
- Japan Nakama. (16 de agosto de 2021). *Vanishing World of Japanese Jazz Culture*. https://www.japannakama.co.uk/creativity/photography/vanishing-world-of-japanese-jazz-culture/?srsltid=AfmBOooDJZM-64N-namlrk5MJB4Qz-MNSNIjEQu6si4e_2L-AittQAta
- Novak, D. (2008). 256 metres of space: Japanese music coffeehouses and experimental practices of listening. *Popular Music*, Cambridge University Press. (Uc Santa Barbara). <https://www.cambridge.org/core/journals/popular-music/article/abs/256-metres-of-space-japanese-music-coffeehouses-and-experimental-practices-of-listening/E3117E452C71D232EBB8A7C3214C6AoB>
- Otsuki, Y. (23 de septiembre de 2015). Third Wave Coffee & Japanese Kissaten: More Similar Than You Think. *Perfect Daily Grind*. <https://perfectdailygrind.com/2015/09/third-wave-coffee-japanese-kissaten-more-similar-than-you-think/>

Viñuela, E. (2011). Kissaten: el café como espacio de escucha en el Japón contemporáneo. *Revista de Etnomusicología*.

Listado de enlaces de locales HI-FI

Maloot: <https://www.maloothifibar.com/>

Spiritland: <https://spiritland.com/>

Brilliant Corners: <https://brilliantcornerslondon.co.uk/dates/>

Neiro: <https://barneiro.com/>

Bird: <https://birdcph.dk/>

Tempo: <https://www.instagram.com/tempoaudiophileclub/?hl=es>

La Analógica: <https://www.laanalogica.com/>

Toma Café: <https://toma.cafe/es/caferias>

11. Procedencia de Figuras

Figuras 1: Amplificador de potencia mcintosh MC275 1961, extraída de <https://www.pinterest.com/pin/5629568279696654/visual-search/>

Figura 2: Preamplificador Marantz Model 7 . (1958). extraída de https://skyfiaudio.com/products/marantz-model-7-vintage-tube-preamp-skyfi-restored-super-collectible?srsltid=AfmBOoqwyEhzHqeCfzT75xTTpciE1fwYrtVEMv84aoMf_dcZWDUFxQey

Figuras 3 y 4: Satei Hato Kissaten (kissaten retro), extraídas de: Imada, K. y Steen, E. (13 de junio de 2024). 13 best retro Japanese coffee shops in Tokyo. Time Out Tokyo.

Figura 5: Kissaten original y su master efectuando la acción principal de brindar servicio a su manera. Imágen extraída de: Otsuki, Y. (23 de septiembre de 2015). Third Wave Coffee & Japanese Kissaten: More Similar Than You Think. Perfect Daily Grind. <https://perfectdailygrind.com/2015/09/third-wave-coffee-japanese-kissaten-more-similar-than-you-think/>

Figuras 6 y 7: Yokohama Jazz Kissa, Imágen extraída de: ISC Team. (30 de abril de 2024). Japan's Oldest Kissa: Jazz Cafe Chigusa (Yokohama). In Sheep's Clothing Hi-Fi. <https://insheepsclathinghifi.com/jazz-cafe-chigusa/>

Figuras 8 y 9: extraídas de: Japan Nakama. (16 de agosto de 2021). Vanishing World of Japanese Jazz Culture. https://www.japannakama.co.uk/creativity/photography/vanishing-world-of-japanese-jazz-culture/?srsltid=AfmBOoDJZM-64N-namlrk5MJB4Qz-MNSNIjEQu6si4e_2L-AittQAta

Figura 9: Imagen tomada de sitio web oficial del local: <https://barneiro.com/>

Figura 10: Imagen tomada de sitio web oficial del local: <https://spiritland.com/>

Figura 11: Imagen tomada de sitio web oficial del local: <https://brilliantcornerslondon.co.uk/dates/>

Figura 12: Imagen tomada de sitio web oficial del local: <https://www.maloothifibar.com/>

Figuras 14 y 15: Imágenes aportadas por el local bird desde su web: <https://birdcph.dk/>

Figuras 16, 17, 19, 20, 21, 22 y 23: Local La Analógica, Imágenes de Elaboración propia

Figura 18: Imágen extraída de: <https://www.laanalogica.com/>

Figura 24: Alin Bucata (2023), Fotografía del exterior (Foto), <https://maps.app.goo.gl/Q4vowvCwo4GHmju69>

Figuras 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32: Fotografías del Local Toma Café 3/ Proper Sound, Imágenes de elaboración propia

Figura 33: Fig. 1.28 del Carrión Isbert. Ecograma asociado a un receptor con indicación del sonido directo, las primeras reflexiones y la cola reverberante. Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. [PDF]. Edicions UPC.

Figura 34: Fig. 5.6 del Carrión Isbert. Valores de $C80(3)$ (sala vacía) y de RT_{mid} (sala ocupada medidos en 36 salas de conciertos. Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. [PDF]. Edicions UPC.

Figura 35: Imagen de Elaboración propia con el programa DIRAC

Figura 36-47: Gráficas de elaboración propia

Figura 48: Ejemplo de Distribución de frecuencias. Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. [PDF]. Edicions UPC.

Figura 49: Gráfica de elaboración propia.

Figura 50: relaciones recomendadas entre las dimensiones de una sala rectangular. extraída de Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos. [PDF]. Edicions UPC.

Figura 51: Gráfica de elaboración propia.

Figura 52-58: Gráficas de elaboración propia.

Figura 59-61: Imágenes de elaboración propia

Anexo

En este apartado se incluye la memoria de cálculos que refleja las tablas de elaboración propia con los datos extraídos de las mediciones In-situ, que se utilizaron para calcular y analizar la información para el desarrollo de este estudio.

LA ANALÓGICA							
TIEMPO DE REVERBERACIÓN T(20)							
FUENTE	POSICIONES	125	250	500	1000	2000	4000
F ₁	R ₁	0,47	0,53	0,48	0,51	0,52	0,53
	R ₂	0,49	0,53	0,58	0,52	0,65	0,62
	R ₃	0,49	0,52	0,52	0,61	0,63	0,68
	R ₄	0,45	0,44	0,52	0,51	0,52	0,54
	Prom.	0,47	0,50	0,52	0,54	0,58	0,59
	D. Estandar	0,02	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07
F ₂	R ₁	0,48	0,50	0,50	0,54	0,57	0,60
	R ₂	0,39	0,48	0,48	0,57	0,56	0,59
	R ₃	0,47	0,48	0,50	0,55	0,60	0,62
	R ₄	0,51	0,50	0,44	0,52	0,56	0,55
	Prom.	0,46	0,49	0,48	0,54	0,57	0,59
	D. Estandar	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
F ₃	R ₁	0,42	0,63	0,50	0,56	0,66	0,63
	R ₂	0,45	0,50	0,40	0,55	0,57	0,55
	R ₃	0,50	0,45	0,41	0,44	0,47	0,50
	R ₄	0,58	0,52	0,50	0,57	0,62	0,62
	Prom.	0,49	0,53	0,45	0,53	0,58	0,57
	D. Estandar	0,07	0,08	0,06	0,06	0,08	0,06

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes al Tiempo de reverberación (TR), para el caso de La Analógica.

LA ANALÓGICA							
C(80)							
FUENTE	POSICIONES	125	250	500	1000	2000	4000
F ₁	R ₁	9,9	7,9	7,4	6,3	3,5	5,1
	R ₂	5,22	4,3	1,8	-0,2	1,1	0,2
	R ₃	4,3	1,4	0,4	1,6	-0,95	-0,8
	R ₄	6,2	5,8	6,6	4,7	4,1	5,7
	Prom.	6,8	4,8	4,0	3,1	2,9	2,6
	D. Estandar	4,1	2,7	3,4	2,9	1,9	3,3
F ₂	R ₁	-0,04	5,5	2,0	0,4	3,2	4,5
	R ₂	8,1	7,0	6,3	4,7	4,9	5,3
	R ₃	5,0	6,7	6,6	2,61	1,7	3,0
	R ₄	5,6	4,1	3,7	5,5	4,1	5,7
	Prom.	6,3	5,8	4,7	3,5	3,5	4,6
	D. Estandar	3,0	1,1	1,9	2,5	1,2	1,0
F ₃	R ₁	2,2	6,9	1,0	-0,2	3,3	2,3
	R ₂	7,5	5,22	5,6	5,5	3,8	3,2
	R ₃	5,5	7,2	9,3	8,1	6,6	6,9
	R ₄	3,23	5,1	3,4	1,1	3,4	3,6
	Prom.	5,1	6,4	4,8	3,7	4,3	4,0
	D. Estandar	3,4	3,3	3,5	3,9	1,6	2,0

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes a la Claridad musical (C80), para el caso de La Analógica.

LA ANALÓGICA							
D(50)							
FUENTE	POSICIONES	125	250	500	1000	2000	4000
F1	R1	0,91	0,86	0,85	0,81	0,69	0,76
	R2	0,77	0,73	0,60	0,49	0,56	0,51
	R3	0,73	0,58	0,53	0,59	0,45	0,46
	R4	0,81	0,79	0,82	0,75	0,72	0,79
	Prom.	0,81	0,74	0,70	0,66	0,61	0,63
	D. Estandar	0,08	0,12	0,16	0,15	0,12	0,17
F2	R1	0,50	0,78	0,61	0,52	0,68	0,74
	R2	0,87	0,83	0,81	0,75	0,75	0,77
	R3	0,76	0,82	0,82	0,65	0,59	0,67
	R4	0,79	0,72	0,70	0,78	0,72	0,79
	Prom.	0,73	0,79	0,74	0,68	0,69	0,74
	D. Estandar	0,14	0,04	0,09	0,10	0,06	0,05
F3	R1	0,62	0,83	0,56	0,49	0,68	0,63
	R2	0,85	0,77	0,78	0,78	0,70	0,67
	R3	0,78	0,84	0,90	0,87	0,82	0,83
	R4	0,68	0,76	0,69	0,56	0,69	0,70
	Prom.	0,73	0,80	0,73	0,68	0,72	0,71
	D. Estandar	0,10	0,04	0,14	0,18	0,07	0,09

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes a la Definición de la Palabra (D50), para el caso de La Analógica.

MODOS PROPIOS			
K	M	N	F(k,m,n)
1	0	0	8,2
0	1	0	43,1
0	0	1	63,9
1	1	0	43,9
1	0	1	64,4
0	1	1	77,1
1	1	1	77,5
0	0	2	127,8
2	0	0	16,4
0	2	0	86,3
2	1	0	46,1
2	0	1	66,0
0	2	1	107,3
2	2	1	108,6
1	2	2	154,4
2	1	2	135,9
2	2	0	87,8
0	2	2	154,2
2	0	2	128,8

Tabla de datos elaborados, correspondientes a las frecuencias de Modos Propios respectivas al caso de La Analógica.

En este segundo apartado se muestran las tablas correspondientes al Caso de Estudio 02 conocido como "Toma Café 3/ Proper Sound"

TOMA CAFÉ							
TIEMPO DE REVERBERACIÓN T(20)							
FUENTES	POSICIONES	125	250	500	1000	2000	4000
F ₁	R ₁	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
	R ₂	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
	Prom.	0,50	0,33	0,42	0,48	0,53	0,49
	D. Estandar	0,04	0,07	0,01	0,06	0,02	0,02
F ₂	R ₁	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
	R ₂	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
	Prom.	0,47	0,43	0,45	0,49	0,51	0,49
	D. Estandar	0,01	0,05	0,02	0,02	0,02	0,00

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes al Tiempo de reverberación (TR), para el caso de Toma Café 3.

TOMA CAFÉ							
C(80)							
FUENTES	POSICIONES	125	250	500	1000	2000	4000
F ₁	R ₁	2,46	8,9	9,4	4,4	5,1	4,1
	R ₂	9,6	10,3	7,2	6,5	5,1	7,91
	Prom.	9,59	9,62	8,33	5,45	5,07	4,10
	D. Estandar	6,78	1,02	1,53	1,44	0,01	2,90
F ₂	R ₁	5,3	7,0	8,0	5,1	7,4	5,9
	R ₂	7,9	8,7	9,7	6,9	4,3	2,92
	Prom.	6,62	7,84	8,84	5,97	5,88	5,92
	D. Estandar	1,29	0,88	0,88	0,89	1,56	3,42

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes a la Claridad musical (C80), para el caso de Toma Café 3.

TOMA CAFÉ							
D(50)							
FUENTES	POSICIONES	125	250	500	1000	2000	4000
F ₁	R ₁	0,6	0,9	0,9	0,7	0,8	0,7
	R ₂	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9
	Prom.	0,77	0,91	0,87	0,78	0,76	0,79
	D. Estandar	0,18	0,02	0,04	0,06	0,00	0,10
F ₂	R ₁	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8
	R ₂	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7
	Prom.	0,82	0,86	0,88	0,80	0,79	0,73
	D. Estandar	0,05	0,03	0,02	0,04	0,06	0,07

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes a la Definición de la Palabra (D50), para el caso de Toma Café 3.

MODOS PROPIOS			
K	M	N	F(k,m,n)
1	0	0	26,5
0	1	0	29,6
0	0	1	57,5
1	1	0	39,7
1	0	1	63,3
0	1	1	64,7
1	1	1	69,9
0	0	2	115,0
2	0	0	53,1
0	2	0	59,2
2	1	0	60,8
2	0	1	78,3
0	2	1	82,5
2	2	1	98,1
1	2	2	132,0
2	1	2	130,1
2	2	0	79,5
0	2	2	129,3
2	0	2	126,7

Tabla de datos elaborados, correspondientes a las frecuencias de Modos Propios respectivas al caso de Toma Café 3.

En este primer apartado se muestran las tablas correspondientes a todos los datos extraídos de las mediciones realizadas con el dispositivo Binaural y procesadas mediante el programa DIRAC, del local La Analógica

		LA ANALÓGICA										
FUENTES	POSICIONES	FACTOR	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
F1	R1	EDT [s] 12	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
		T20 [s] 23	0,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
		T30 [s] 34	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3
		INR [dB] 45	53,0	57,0	67,0	71,0	73,0	72,0	69,0	77,0	78,0	75,0
		C50 [dB] 56	12	13	11	12	10	10	8	10	10	17
		C80 [dB] 67	12,01 68	10,21 69	9,85 70	7,85 71	7,40 72	6,25 73	3,49 74	5,11 75	5,83 76	11,55 77
		D50 [-] 78	1,00 79	0,91 80	0,91 81	0,86 82	0,85 83	0,81 84	0,69 85	0,76 86	0,79 87	0,93 88
	R2	EDT [s] 12	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4
		T20 [s] 23	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4
		T30 [s] 34	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4
		INR [dB] 45	30,0	42,0	41,0	49,0	54,0	55,0	66,0	72,0	68,0	56,0
		C50 [dB] 56	2,6	17,2	8,6	8,2	6,8	3,9	5,5	5,0	5,3	9,2
		C80 [dB] 67	13,2	10,0	5,22	4,3	1,8	-0,2	1,1	0,2	0,52	4,5
		D50 [-] 78	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7
	R3	EDT [s] 12	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,5
		T20 [s] 23	0,1	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4
T30 [s] 34		0,1	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	
INR [dB] 45		15,0	26,0	42,0	49,0	57,0	55,0	63,0	70,0	64,0	54,0	
C50 [dB] 56		5,4	5,6	5,6	6,6	6,9	4,75	3,13	3,2	3,5	8,2	
C80 [dB] 67		5,1	4,3	1,4	0,4	1,6	-0,95	-0,8	-1,2	3,1		
D50 [-] 78		1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,7	
R4	EDT [s] 12	0,2	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	
	T20 [s] 23	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	
	T30 [s] 34	0,1	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	
	INR [dB] 45	53,0	59,0	62,0	73,0	70,0	73,0	72,0	81,0	78,0	71,0	
	C50 [dB] 56	14,2	16,5	10,8	11,6	10,6	9,3	8,2	9,6	11,1	15,3	
	C80 [dB] 67	12,8	12,3	6,2	5,8	6,6	4,7	4,1	5,7	6,50	9,9	
	D50 [-] 78	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	
FUENTES POSICIONES		Factor	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
F2	R1	EDT [s] 12	0,5	0,3	0,5	0,4	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4
		T20 [s] 23	0,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4
		T30 [s] 34	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4
		INR [dB] 45	25,0	36,0	59,0	66,0	64,0	64,0	68,0	74,0	69,0	63,0
		C50 [dB] 56	-2,2	8,7	6,8	10,6	5,7	5,0	6,6	7,6	7,6	13,1
		C80 [dB] 67	5,7	5,7	-0,04	5,5	2,0	0,4	3,2	4,5	3,0	7,8
		D50 [-] 78	1,0	0,8	0,5	0,8	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,9
	R2	EDT [s] 12	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
		T20 [s] 23	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
		T30 [s] 34	0,1	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
		INR [dB] 45	53,0	61,0	65,0	71,0	75,0	78,0	82,0	88,0	79,0	72,0
		C50 [dB] 56	12,6	15,1	12,5	11,2	12,1	9,6	8,3	9,6	9,0	15,0
		C80 [dB] 67	12,6	12,8	8,1	7,0	6,3	4,7	4,9	5,3	4,3	9,5
		D50 [-] 78	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
	R3	EDT [s] 12	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,7	0,6	0,4
		T20 [s] 23	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
T30 [s] 34		0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	
INR [dB] 45		38,0	59,0	63,0	71,0	71,0	71,0	76,0	80,0	73,0	64,0	
C50 [dB] 56		5,4	11,0	11,99	9,7	10,8	6,4	5,91	6,5	7,3	12,5	
C80 [dB] 67		9,6	8,5	5,0	6,7	6,6	2,61	1,7	3,0	3,2	7,9	
D50 [-] 78		0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,9	
R4	EDT [s] 12	0,1	0,1	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	
	T20 [s] 23	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	
	T30 [s] 34	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	
	INR [dB] 45	56,0	58,0	65,0	69,0	73,0	75,0	69,0	78,0	77,0	73,0	
	C50 [dB] 56	12,8	12,19	8,2	9,2	8,8	9,2	8,5	10,5	11,3	16,5	
	C80 [dB] 67	9,8	9,2	5,6	4,1	3,7	5,5	4,1	5,7	6,4	11,1	
	D50 [-] 78	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	
FUENTES POSICIONES		Factor	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
F3	R1	EDT [s] 12	-	0,4	0,7	0,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,4
		T20 [s] 23	-	0,2	0,4	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4
		T30 [s] 34	-	0,2	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4
		INR [dB] 45	15,0	21,0	43,0	51,0	48,0	50,0	57,0	57,0	57,0	51,0
		C50 [dB] 56	-	-	5,0	9,0	3,6	3,0	6,4	5,3	4,7	12,2
		C80 [dB] 67	-	-	2,2	6,9	1,0	-0,2	3,3	2,3	0,9	7,9
		D50 [-] 78	1,0	1,0	0,6	0,8	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,9
	R2	EDT [s] 12	0,3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4
		T20 [s] 23	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3
		T30 [s] 34	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
		INR [dB] 45	22,0	38,0	53,0	63,0	66,0	68,0	77,0	83,0	74,0	65,0
		C50 [dB] 56	7,2	14,6	11,1	10,1	11,1	8,7	8,0	7,5	8,1	13,8
		C80 [dB] 67	10,4	10,5	7,5	5,22	5,6	5,5	3,8	3,2	3,4	7,2
		D50 [-] 78	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
	R3	EDT [s] 12	0,1	0,1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
		T20 [s] 23	0,1	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3
T30 [s] 34		0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	
INR [dB] 45		46,0	49,0	50,0	57,0	62,0	54,0	61,0	58,0	58,0	55,0	
C50 [dB] 56		12,1	13,0	13,2	13,4	13,3	12,0	11,1	11,9	11,6	17,60	
C80 [dB] 67		9,5	7,69	5,5	7,2	9,3	8,1	6,6	6,9	6,1	10,6	
D50 [-] 78		1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	
R4	EDT [s] 12	0,6	0,2	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	
	T20 [s] 23	0,1	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	
	T30 [s] 34	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	
	INR [dB] 45	25,0	38,0	50,0	58,0	59,0	61,0	67,0	77,0	67,0	58,0	
	C50 [dB] 56	1,3	17,3	12,1	9,8	7,0	5,8	7,4	6,9	6,3	12,1	
	C80 [dB] 67	7,2	8,9	3,23	5,1	3,4	1,1	3,4	3,6	2,5	6,7	
	D50 [-] 78	1,0	0,9	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,8	

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes a el caso de estudio La Analógica

En este apartado se muestran las tablas correspondientes a todos los datos extraídos de las mediciones realizadas con el dispositivo Binaural y procesadas mediante el programa DIRAC, del local Toma Café 3 / Proper Sound

TOMA CAFÉ / PROPER SOUND													
FUENTES	POSICIONES	Factor	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
F1	R1	EDT [s] 12	0,3	0,1	0,7	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
		T20 [s] 23	1,4	0,6	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
		T30 [s] 34	1,4	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
		INR [dB] 45	22,0	37,0	39,0	53,0	44,0	42,0	58,0	57,0	63,0	65,0	
		C50 [dB] 56	-0,8	14,4	7,0	17,2	13,3	9,8	10,8	9,2	10,6	14,9	
		C80 [dB] 67	8,1	12,5	2,46	8,9	9,4	4,4	5,1	4,1	4,0	6,6	
	D50 [-] 78	0,9	1,0	0,6	0,9	0,9	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	
	R2	EDT [s] 12	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
		T20 [s] 23	1,1	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
		T30 [s] 34	1,0	0,3	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3
		INR [dB] 45	35,0	36,0	44,0	45,0	38,0	38,0	50,0	44,0	49,0	51,0	
		C50 [dB] 56	10,5	11,0	12,4	14,5	11,0	12,0	10,1	11,7	14,1	18,7	
		C80 [dB] 67	10,8	8,1	9,6	10,3	7,2	6,5	5,1	7,91	9,1	12,21	
	D50 [-] 78	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	
	R3	EDT [s] 12	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,2
		T20 [s] 23	0,2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
		T30 [s] 34	0,3	0,7	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
		INR [dB] 45	46,0	46,0	50,0	57,0	56,0	59,0	53,0	67,0	69,0	70,0	
C50 [dB] 56		10,2		16,6	15,4	10,8	9,2	12,0	9,8	12,9	19,66		
C80 [dB] 67		20,9		11,9	11,8	6,1	4,2	7,6	5,3	7,59	13,0		
D50 [-] 78	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0		
F2	R1	EDT [s] 12	0,2	0,1	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
		T20 [s] 23	0,1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
		T30 [s] 34	0,1	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
		INR [dB] 45	37,0	47,0	43,0	51,0	52,0	57,0	59,0	69,0	70,0	70,0	
		C50 [dB] 56	12,4	16,8	7,5	13,0	11,5	10,9	11,2	10,4	12,3	17,6	
		C80 [dB] 67		11,1	5,3	7,0	8,0	5,1	7,4	5,9	7,3	12,1	
	D50 [-] 78	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	
	R2	EDT [s] 12	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
		T20 [s] 23	0,1	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
		T30 [s] 34	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
		INR [dB] 45	34,0	43,0	43,0	51,0	55,0	56,0	57,0	67,0	68,0	68,0	
		C50 [dB] 56	10,8	17,4	12,4	14,6	14,93	10,9	9,5	8,2	10,0	14,0	
		C80 [dB] 67		13,3	7,9	8,7	9,7	6,9	4,3	2,92	4,9	7,2	
	D50 [-] 78	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	

Tabla de datos extraídos de las mediciones In-Situ, correspondientes a el caso de estudio Toma Café 3.