

Universidad Nacional Autónoma De México  
Facultad de Arquitectura



**IDENTIDAD SONORA ARQUITECTÓNICA**  
CONFIGURACIONES DE LA ARQUITECTURA  
A PARTIR DEL AMBIENTE SONORO

Tesis que para obtener el título de Arquitecto  
presenta Ian Ariel Morel Téliz

Sinodales:

Dra. Mónica Cejudo Collera  
Arq. Luis de la Torre Zataráin  
Dr. Ronan Bolaños Linares

*febrero 2015*

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **IDENTIDAD SONORA ARQUITECTÓNICA**

CONFIGURACIONES DE LA ARQUITECTURA  
A PARTIR DEL AMBIENTE SONORO



# ÍNDICE

PRELUDIO	1
<b>I. MATERIA SONORA</b>	<b>9</b>
Acústica y teoría musical	10
Frecuencia y tono	13
Consonancia y disonancia	19
Tonalidad	22
Armónicos	26
Amplitud e intensidad	32
Envolvente	38
Atenuación	40
Suma de los niveles sonoros	41
Propagación	42
Ruido	44
<b>II. IMAGINAR EL SONIDO</b>	<b>46</b>
La investigación del ambiente sonoro	50
Modelar el ambiente sonoro	51
Una dimensión subjetiva del sonido	54
Percepción aural	55
Propuesta para analizar las dimensiones perceptuales del paisaje sonoro	63
Significación del paisaje	66
Nuevas formas de escuchar	69
Paisajes en el tiempo	75
Naturaleza	75
Campo y ciudad	80
Era de densidad	86

<b>III. ESPACIOS ACÚSTICOS</b>	<b>89</b>
Entornos cerrados y abiertos	93
Geometría	100
Materialidad	108
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	<b>114</b>
De la acústica arquitectónica a una arquitectura acústica	115
Hacia una sensibilización aural	116
Hacia una infraestructura aural	123
Hacia una metodología de diseño aural	125
La lección de la música y el arte sonoro	125
Estética extra-musical	126
Tonalidades espaciales	128
Unidades semióticas acústicas	132
Proyecciones	134
<b>ANEXOS</b>	<b>137</b>
Audios	138
Glosario	140
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>152</b>

# PRELUDIO



La arquitectura habla, irremediabilmente, de las personas que la construyen. En sus materiales concreta los imaginarios de un momento preciso, tornándose documento y testigo de la historia. En consecuencia, los objetos arquitectónicos pueden analizarse en busca de indicios que dejen entrever la forma en que sus autores, y las culturas a las que éstos pertenecen, conciben el mundo. Es así como la arqueología de la arquitectura fundamenta su quehacer, pretendiendo conocer las sociedades a través de los significados del espacio que interpreta en los edificios.

En el año 2012, las revistas digitales de divulgación científica *Scientific American*, *New Scientist* y *BBC News* publicaron artículos sobre una investigación que daba cabida a la arqueología de la arquitectura de una forma particular. El estudio se centraba en la acústica de un monumento en específico: la prehistórica estructura de Stonehenge, uno de los edificios conservados más antiguos (y por ende, rodeados de misterio) en la historia de la humanidad. Los análisis técnicos revelaron que el complejo posee las mismas propiedades acústicas que se buscan en las salas de concierto y otros espacios expresamente destinados al sonido. Esta revelación abrió la posibilidad de utilizar a la acústica como medio para conocer algo más sobre la sociedad que dejó dicho documento arquitectónico. O en términos generales, de valorar al sonido como una herramienta de interpretación de la arquitectura. A partir del sonido se especuló sobre la función original del edificio, su método de diseño, la mentalidad de sus usuarios e incluso el tipo de rituales que ahí celebraban.

Una de las hipótesis más extravagantes, elaborada por el Dr. Rupert Till, dice que la disposición de las rocas de Stonehenge recrea una

experiencia auditiva. Sostiene que, cuando dos instrumentos musicales suenan simultáneamente en cualquier sitio, se generan efectos sonoros muy particulares en el espacio circundante: en ciertos puntos los sonidos se adelgazan, de forma similar a como se escucharía si en esos puntos hubiera materializados elementos masivos que obstaculizaran la audición. Al observar la organización de esas inflexiones en el espacio, reconocemos una geometría similar a aquella que ordena la planta de Stonehenge. En consecuencia, podríamos suponer que la estructura fue proyectada mediante sonidos.

Es probable que sobre Stonehenge florezcan muchas más suposiciones que certezas, sin embargo es fascinante considerar la posibilidad de fundamentar estructuras arquitectónicas en un interés sonoro, en lugar de basarlas en imágenes como solemos hacerlo.

El ser humano es un ser visual. Al menos la naturaleza de nuestra cultura es fundamentalmente visual. Sobre la idea comúnmente aceptada de que sólo nuestra generación está definida por la “hegemonía de las imágenes”, vale la pena notar que el giro hacia lo visual y sus detractores no son exclusivos de nuestro tiempo ni de la cultura occidental. Ya Platón se lamentaba, en la alegoría de la caverna, por el dominio del pensamiento por imágenes que mantienen apartada a la humanidad de la razón, y Lessing se quejaba, en su *Laocoonte* de 1766, de la degradación que sufría la literatura al imitar los efectos del arte visual. Es probable entonces que no exista en la historia un único punto de inflexión que marque el comienzo de una “era de lo visual” tras una “era de otro tipo”, sino diversos momentos en que los cambios culturales provocaron reflexiones en torno a la propensión de la humanidad a emplear imágenes para explicar el mundo.

Dentro de la psicología, por otra parte, se ha debatido la existencia de diferencias sensoriales entre grupos culturales contemporáneos. Las afirmaciones que ciertos autores<sup>1</sup> sostenían con respecto a la caracterización de los pueblos africanos por su orientación auditiva, en contraste con la predominancia visual de Occidente, han sido cuestionadas durante las últimas décadas.<sup>2</sup> La similitud universal en la anatomía y fisiología sugiere que las impresiones sensoriales son invariables entre humanos, y las diferencias contextuales, en todo caso, moldean la forma en que se construyen prácticas culturales a partir de los sentidos.

En resumen, no interesa si somos más visuales que nuestros antepasados o contemporáneos no-occidentales. Es un hecho que la arquitectura se enseña y practica bajo un enfoque visual. Juhani Pallasmaa<sup>3</sup> señaló con preocupación cómo este fenómeno restringe a las demás cualidades sensoriales y empobrece nuestra concepción del espacio. Para reconocer dicha indiferencia ante el sonido, basta con notar la carencia de asignaturas dentro de los planes de estudios que atienden al oído, basta con sentir el silencio distintivo de las herramientas computacionales de diseño asistido, o con buscar, entre las numerosas reseñas y críticas arquitectónicas que se publican cada día, alusiones a lo sonoro. Salvo algunas notables excepciones, la arquitectura se diseña sin oídos.

---

<sup>1</sup> Mallory Wober (1966), Simon Biesheuvel (1943) y André Ombrédane (1954), citados por John Berry, *Psicología Intercultural: Investigación y aplicaciones*. (Inglaterra: Cambridge University Press, 1992), 196-202.

<sup>2</sup> John Berry. *Psicología Intercultural: Investigación y aplicaciones*.

<sup>3</sup> Juhani Pallasmaa, *Los ojos de la piel* (Barcelona: Gustavo Gili., 2006), passim.

El filósofo Marshall McLuhan advertía la dificultad de abandonar un sistema que conocemos tan bien como el visual.<sup>4</sup> Empero, abrazar la idea de interdisciplinariedad en el diseño –donde tengan cabida los especialistas sonoros– indudablemente nos acercaría a una arquitectura integral, que abarque los demás sistemas sensoriales e incluya más variables que intervienen en la experiencia de habitar. Además, la profusión de la tecnología nos da hoy la capacidad de recoger, procesar y presentar cantidades inusitadas de información, posibilitando la exploración de ámbitos otrora inasequibles. El mundo sonoro parece más aprehensible y manipulable que nunca.

El mismo McLuhan anticipó los cambios culturales causados por la red informática mundial. Curiosamente, de acuerdo con sus dos modelos para comprender el espacio, concibió a los medios electrónicos bajo una estructura “acústica”. Esto no implica que sus elementos sean sonoros, se refiere a que sus partículas se disponen en patrones que el oído está más capacitado para comprender que la vista. Es decir, que su estructura escapa a la linealidad y lógica secuencial que el ojo condiciona, por su capacidad para enfocar una cosa a la vez, y más bien obedece a la simultaneidad que el oído es capaz de percibir. El “espacio acústico” ostenta características diferentes a las del “espacio visual”: no tiene límites ni dimensiones fijas, centro o un sentido de orientación; es una esfera dinámica donde los elementos aparecen simultáneamente desde todos lados y sin interconexión lógica. Según McLuhan, la tecnología electrónica

---

<sup>4</sup> Marshall McLuhan, “Acoustic Space”, en *Explorations in Communication*. E. Carpenter y Marshall McLuhan (Boston: Beacon Press, 1960), 65-70 y 125-135.

es un claro ejemplo, y mediante su empleo la sociedad está reconfigurando al espacio en términos acústicos.<sup>5</sup>

Parece entonces atinado emplear las redes de comunicación interconectadas para investigar y transformar el ambiente sonoro, un sistema que se manifiesta, evidentemente, como un “espacio acústico”.

Al situar al sonido como elemento significativo del diseño arquitectónico no pretendemos despreciar la función de lo visual en el diseño, sino plantear la posibilidad de enriquecer la concepción y la experiencia arquitectónica. Las escasas fuentes bibliográficas que desde la arquitectura examinan el espacio sonoro,<sup>6</sup> coinciden en advertir la necesidad de cobrar conciencia de sus posibilidades en el campo del diseño y vislumbran formas de adoptar este conocimiento como apoyo en el proceso creativo. Pero, para tal efecto, requerimos definir herramientas que permitan explorar la dimensión sonora en la arquitectura. Debemos desarrollar un marco teórico a partir del estudio del sonido, atendiendo tanto parámetros objetivos (propiedades físicas) como subjetivos (importancia cultural del oído) en su relación con el espacio. Solo así podremos valorar un enfoque de diseño que reconozca a la arquitectura como un mecanismo de interacción entre el ser humano y su contexto sonoro.

---

<sup>5</sup> Richard Cavell, *McLuhan in Space. A Cultural Geography*, (Toronto: Toronto University Press, 2009), 26-90.

<sup>6</sup> Barry Blesser, *Spaces Speak, Are You Listening?: Experiencing Aural Architecture*. (Massachusetts: MIT Press, 2009) y Peter Grueneisen, *Soundscape Architecture for Sound and Space* (Basilea: Birkhäuser, 2006).

Este texto desea crear conciencia sobre la importancia de atender la acústica en el diseño de todo espacio físico. Debemos advertir que el sonido es omnipresente en nuestras vidas porque somos parte de un mundo que vibra y palpita. Incluso en el espacio uterino, el sonido nos envuelve y delinea nuestro desarrollo físico, emocional y psicológico. Ahora bien, como arquitectos, tenemos la capacidad de modelar el entorno material y los comportamientos que en él suceden, por ello somos, inevitablemente, diseñadores del entorno sonoro.

Si bien el sonido es un tema universal, las construcciones culturales que nos permiten relacionarnos con él (como la música u otras asociaciones semióticas que conforman los imaginarios sonoros) son de carácter local. Por ello, la forma de abordar lo aural en la arquitectura debe ser sensible al lugar donde se implanta. En resumen, existe una cualidad identitaria en el sonido, que mediante un análisis aural de sitio, la arquitectura deberá leer y aprovechar. Es relevante notar esta condición como un potencial para desarrollar espacios mejor adaptados al contexto social, que por ende, logren en conjunto una mayor sustentabilidad cultural.

Con la convicción de que la arquitectura requiere de la reflexión crítica para continuar evolucionando y progresando, se presenta aquí una elucubración a partir de la revisión historiográfica de los imaginarios del sonido, el análisis de sus procesos perceptuales y el reconocimiento de las prácticas de la acústica arquitectónica. El propósito principal es señalar la utilidad de conformar una teoría sobre el sonido que permita relacionar sus múltiples cualidades con los rudimentos de la arquitectura que permiten manipularlos. En medida de lo posible, también se pretende

contribuir a la construcción de dicho marco teórico, sentando bases que lleven a fijar posturas y vislumbrar metodologías de diseño aural.

Finalmente, se desea aportar un antecedente documental para enriquecer la cultura sonora del gremio, en espera de que estas ideas resuenen en las mentes que proyectarán los ambientes sonoros de la arquitectura del futuro.

**MATERIA**

**SONORA**





## ACÚSTICA Y TEORÍA MUSICAL

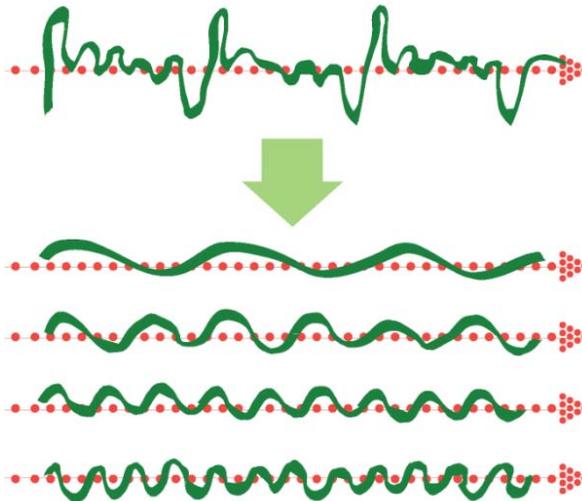
El sonido es una onda mecánica, es decir, una vibración que se transmite debido al desplazamiento de las moléculas de un fluido. Se hace audible cuando las oscilaciones de la presión del medio inciden en el oído y el cerebro las interpreta.

Para la propagación de las ondas mecánicas es necesario un medio material elástico, como el aire, que transmita la perturbación. De hecho, es el propio medio el que se comprime y expande, generando ondas esféricas concéntricas que salen desde el foco de perturbación hacia todas las direcciones.

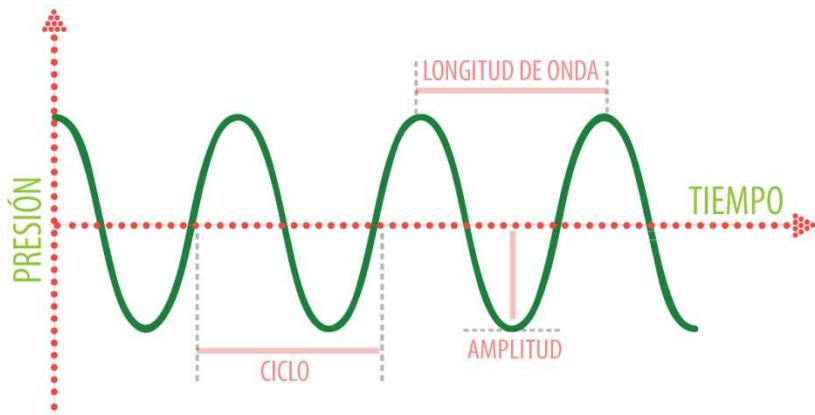


La velocidad a la que se propaga el sonido depende de las características físicas del medio. A una temperatura de 0 °C, con presión atmosférica de 1 atm y humedad relativa del aire de 0%, la velocidad del sonido es de 331.5 m/s. Conforme aumenta su densidad y compresibilidad, la velocidad se reduce. En cambio, por cada grado centígrado que se eleva la temperatura del aire, la velocidad aumenta 0.6 metros por segundo.

Mediante el teorema de Fourier es posible descomponer un movimiento ondulatorio, como el sonido, en las ondas sinusoidales simples que lo componen. Esta descomposición facilita el estudio de señales complejas, pues simplifica la evaluación de sus magnitudes físicas individuales, como longitud de onda, frecuencia, amplitud y fase.



**FIG. 1.** DESCOMPOSICIÓN DE UNA ONDA COMPLEJA EN ONDAS SINUSOIDALES SIMPLES.



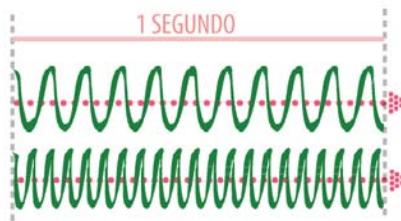
**FIG. 2.** REPRESENTACIÓN DE UNA ONDA SINUSOIDAL EN UNA GRÁFICA LINEAL.

La música utiliza el sonido como materia prima, y mediante procesos psicológicos y emocionales la organiza para suscitar experiencias estéticas. Cuando incursionamos dentro de los aspectos expresivos de la acústica espacial, reconocemos elementos que pertenecen al lenguaje musical, pues esta disciplina artística ofrece una robusta metodología para interactuar afectivamente con la materia sonora. La mayoría de los parámetros con que la música sistematiza el sonido, aunque son diferentes a los de la acústica, pueden explicarse a partir de propiedades físicas.

# FRECUENCIA Y TONO

La frecuencia es la magnitud que relaciona el tiempo con el número de repeticiones de un suceso periódico. Las ondas sonoras son ondas periódicas y su frecuencia se mide en hercios (Hz), que representan la cantidad de ciclos que ocurren durante el intervalo de un segundo. Por otra parte, los latidos del corazón y el tempo musical emplean una medida de frecuencia distinta para precisar ritmos: los pulsos por minuto o bpm (*beats per minute*).

La frecuencia de vibración de la onda sonora suscita una sensación auditiva que llamamos tono. Es decir, el tono es la forma en que percibimos la frecuencia de las ondas sonoras. El concepto de tono permite referenciar los sonidos a una escala de altura, en otras palabras, a una escala de graves a agudos. A una vibración lenta corresponde una frecuencia baja que se percibe como un sonido grave, y una vibración rápida provoca una frecuencia alta que se percibe como sonido agudo. Vale la pena señalar que la altura del sonido es perceptible solamente si la misma frecuencia se mantiene durante un intervalo de tiempo determinado.



**FIG. 3.** LA PRIMERA ONDA PRESENTA 10 CICLOS POR SEGUNDO (10 Hz) Y SUENA MÁS GRAVE QUE LA SEGUNDA, QUE TIENE 20 CICLOS POR SEGUNDO (30 Hz).

El espectro audible, también llamado campo tonal, está conformado por toda la gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano. Un oído sano es generalmente sensible a las frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y los 20 000 Hz. Frecuencias más bajas, incluso de hasta 4 ciclos por segundo, son perceptibles solamente a través del tacto (cuando la amplitud del sonido genera suficiente presión en el medio).

El espectro de frecuencias puede subdividirse de acuerdo con la sensación auditiva que producen:

- Tonos graves (frecuencias bajas, de los 16 Hz hasta los 256 Hz).
- Tonos medios (frecuencias medias, de 256 Hz a 2 kHz).
- Tonos agudos (frecuencias altas, de 2 kHz hasta más de 16 kHz).

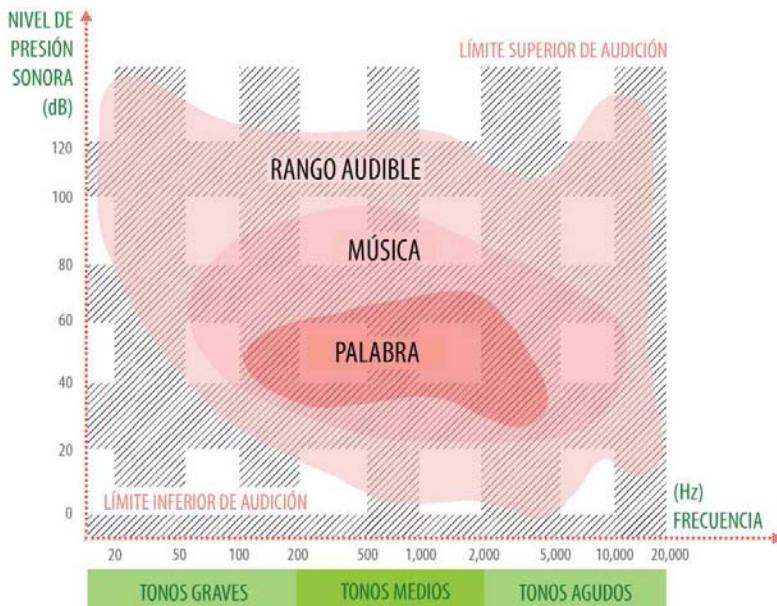


FIG. 4. ESPECTRO AUDIBLE EN TÉRMINOS DE FRECUENCIA Y PRESIÓN SONORA.

La música organiza las frecuencias mediante el sistema tonal, que funciona a partir de notas e intervalos. Se llama nota a cada sonido que presenta una frecuencia fundamental determinada. Es decir, una nota es un sonido con una altura específica o tono.

Las notas se delimitan mediante la escala temperada.<sup>7</sup> Esta escala toma el intervalo llamado octava, comprendido entre dos sonidos cuyas frecuencias fundamentales guardan una proporción 2:1, y lo divide en doce partes iguales. Cada una de las doce partes corresponde a una nota. A esta fracción de un doceavo de octava se le llama también semitono. Se puede decir, entonces, que el semitono constituye la unidad mínima de la escala musical.



**FIG. 5.** ESCALA TEMPERADA CONFORMADA POR DOCE SEMITONOS, ORDENADOS DE GRAVE A AGUDO.

Para nombrar cada nota de la escala no se emplean los hercios, sino una nomenclatura por convención que recurre a siete monosílabos o siete letras. El sistema de monosílabos, que consiste en el uso de los nombres *do, re, mi, fa, sol, la* y *si*, conforma la notación musical latina<sup>8</sup> utilizada en

<sup>7</sup> La escala temperada pertenece al sistema musical occidental. En esta tesis consideraremos la teoría musical occidental como referencia universal, pero, cabe señalar que existen manifestaciones musicales basadas en sistemas teóricos distintos.

<sup>8</sup> El sistema fue concebido durante el siglo XI por el monje benedictino Guido de Arezzo, revolucionario de las técnicas de enseñanza musical, quien implantó también el tetragrama precursor del pentagrama. Para nombrar las notas musicales empleó las primeras sílabas de los versos del "Himno a San Juan Bautista":

Latinoamérica, España, Italia, Francia y Portugal. La denominación literal o sistema de notación anglosajón nombra las notas, comenzando por el *la*, con las primeras siete letras del alfabeto: *A, B, C, D, E, F, G*. El sistema alemán presenta una variación: el *si natural* se representa con la letra *H* y la *B* se emplea para indicar el *si bemol*.

Ambos sistemas, latino y anglosajón, se complementan con alteraciones que indican modificaciones de altura: mediante el término “bemol” se señala un movimiento descendente de un semitono y mediante el término “sostenido”, un movimiento ascendente de un semitono.

Además, como las doce notas del sistema occidental musical se repiten varias veces dentro del rango audible del oído humano, empleamos subíndices para especificar la octava en la que se sitúa una nota.

El término “octava” proviene de la escala musical. Se refiere al intervalo entre dos sonidos que guardan una distancia de ocho notas (dentro de una escala musical diatónica).<sup>9</sup> La proporción entre las frecuencias fundamentales de ambos sonidos es de 1:2, de modo que el valor máximo de las frecuencias de cada octava es el doble del de la anterior. Dicho en

---

*Ut queant laxis  
Resonare fibris  
Mira gestorum  
Famuli tuorum  
Solve polluti  
Labi reatum  
Sancte Iohannes.*

El sistema fue perfeccionado en los siglos posteriores por teóricos como Giovanni Battista Doni para dar paso a la nomenclatura actual. En el sistema francés aún se emplea la sílaba *ut* en lugar de *do*.

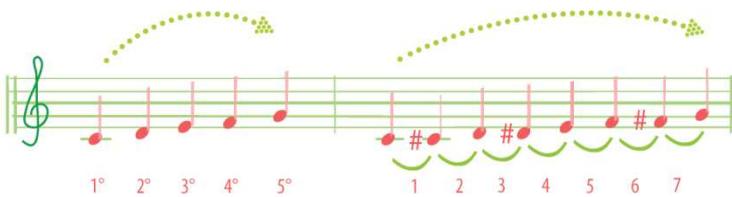
<sup>9</sup> La escala diatónica es una escala musical formada por intervalos de segunda consecutivos. Un ejemplo de escala diatónica se obtiene tocando sólo las notas blancas del piano.

otros términos, las octavas sirven para dividir el espectro audible en partes iguales, a partir de los múltiplos exactos de una frecuencia dada (ver figura 7).

El índice acústico o índice registral que permite designar las octavas es independiente de los sistemas de notación latino o anglosajón. Existen dos índices: el acústico científico internacional, que numera a la primera octava audible (de 16 a 32 Hz) con el subíndice 0, y el índice franco-belga, que designa a la misma octava con el subíndice 1. El índice que emplearemos aquí es el más habitual, el científico internacional, en el cual la frecuencia 440 Hz equivale a la nota  $la_4$ .

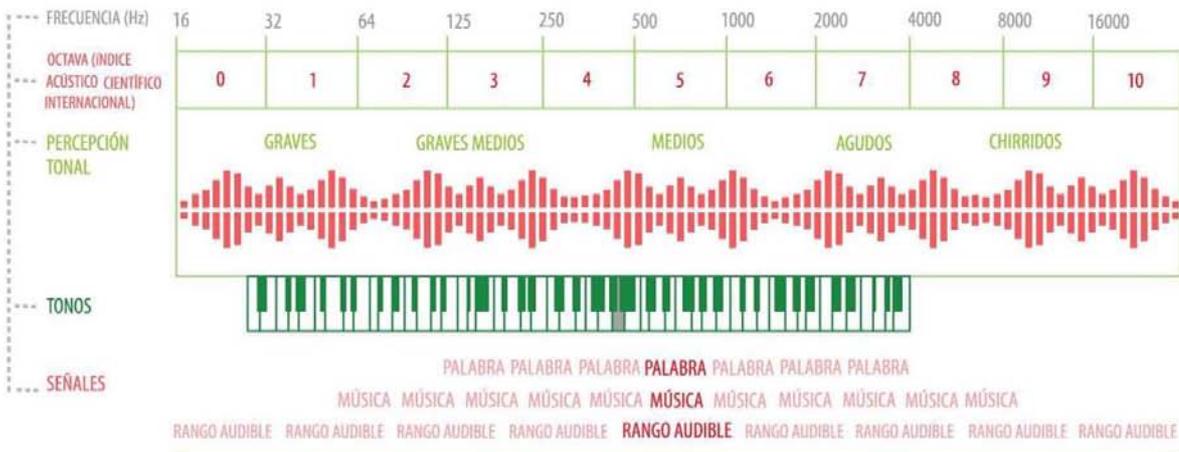
Para ejemplificar el sistema de nomenclatura musical, consideremos que una onda sonora con frecuencia fundamental de 220 Hz corresponde a la nota  $la_3$  ( $A_3$ ), y una onda sonora con frecuencia fundamental de 233 Hz corresponde a la nota  $la\#_3$  ( $A\#_3$ ).

Se conoce como "intervalo" a la distancia que hay entre dos notas. Dicha diferencia de altura se puede medir en semitonos (referidos con números cardinales), o en grados (expresados con números ordinales).



**FIG. 6.** EL INTERVALO QUE EXISTE ENTRE UN  $DO_4$  Y UN  $SOL_4$  ES DE UNA QUINTA, PUES CONTAMOS CINCO NOTAS NATURALES:  $DO_4$  - $RE_4$  - $MI_4$  - $FA_4$  - $SOL_4$ . TAMBIÉN PODEMOS DECIR QUE ENTRE AMBAS NOTAS HAY UN INTERVALO DE SIETE SEMITONOS:  $LA_4$  - $LA\#_4$  - $SI_4$  - $DO_4$  - $DO\#_4$  - $RE_4$  - $RE\#_4$  - $MI_4$ .

FIG. 7. ESPECTRO AUDIBLE DE FRECUENCIAS DIVIDIDO EN BANDAS DE OCTAVA.



# CONSONANCIA Y DISONANCIA

El sistema tonal relaciona las notas en función de su consonancia y disonancia. Estos conceptos se basan en una noción subjetiva de armonía, o sea, en la relación que suscitan los sonidos cuando se emiten simultáneamente.

La consonancia aparece en ciertos intervalos musicales, cuya combinación produce una sensación auditiva de distensión. La disonancia, en oposición, se refiere a los intervalos que provocan tensión.

Es necesario precisar que las relaciones de consonancia/disonancia han variado a lo largo de la historia y las culturas. Los intervalos que antiguamente se consideraban disonantes se han vuelto habituales para el oído moderno, como consecuencia de su paulatina incorporación a la música académica occidental. Por ejemplo, la música del *Ars Antiqua*, desarrollada en Notre Dame durante los siglos XII y XIII, fue una de las primeras expresiones de polifonía, donde únicamente los intervalos de cuarta, quinta y octava eran permitidos.<sup>10</sup> La influencia anglosajona contribuyó a que, para el siglo XV, la música renacentista admitiera también el intervalo de tercera como consonancia.<sup>11</sup> A finales del siglo XIX, la música Impresionista ya incluía intervalos de sexta, séptima, y novena dentro de su lenguaje armónico.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> PISTA 1: *Kyrie*. Canto gótico de la escuela de Notre Dame. Ensamble Organum.

<sup>11</sup> PISTA 2: *Romance de Altisidora*, autor anónimo. Intérprete Arianna Savall.

<sup>12</sup> PISTA 3: *Pavane pour une infante défunte*, Maurice Ravel (1899).

4a 5a 8a

3a 4a 5a 8a

3a 4a 5a 6a 7a 8a 9a

**FIG. 8.** INTERVALOS CONSONANTES DE LA EDAD MEDIA, RENACIMIENTO Y SIGLO XIX.

De acuerdo con la tradición armónica que permanece hasta nuestros días, hay tres tipos de intervalos que de forma general podemos señalar como disonantes: los de segunda, quinta disminuida y séptima. El oído (que está acostumbrado a escuchar el lenguaje armónico que predomina en su contexto espacio-temporal) percibe tensión en estas combinaciones e intuitivamente las rechaza. Como contraparte, los intervalos restantes (tercera, cuarta, quinta y octava) ofrecen distensión y una sensación de reposo.

La música tonal estructura su discurso emocional a partir del continuo contraste entre la tensión y distensión sonora que los intervalos ocasionan.

**Pavane**  
Op. 50 Gabriel Fauré

Andante

Piano



The image shows a musical score for 'Pavane' by Gabriel Fauré, Op. 50. The score is for piano and is in 3/4 time with a key signature of two sharps (D major). It features a steady bass line and a more melodic upper line with some chromaticism. The tempo is marked 'Andante'. The score is presented in a stylized, hand-drawn format with red ink on a green background.

**FIG. 9.** FRAGMENTO DE LA OBRA PAVANE, OP. 50 DEL COMPOSITOR GABRIEL FAURÉ (1887).

# TONALIDAD

La tonalidad es una herramienta que jerarquiza los sonidos dentro de una composición. Es la manera en que se juega con la armonía, o en otras palabras, la forma en que se manipulan las consonancias y las disonancias dentro de una pieza. La tonalidad dota de una sensación acústica global a la obra.

Un concepto medular en la armonía occidental es el acorde. Un acorde es la emisión simultánea de dos o más sonidos. Aunque se trata de un concepto musical, los acordes están presentes en todos los contextos, pues estamos siempre rodeados de múltiples estímulos acústicos que ocurren al mismo tiempo.

Para establecer una tonalidad es necesario imponer un acorde específico (acorde de tónica) como referencia principal dentro de la composición. Esta sonoridad funciona como centro gravitacional, pues a partir de relaciones de consonancia y disonancia, el acorde definido como tónica ordena a los demás acordes que aparecen en la pieza. De esta forma, todas las combinaciones de sonidos que ocurren en la pieza obedecen a una función en relación con la tónica.

El acorde de tónica indica la sonoridad donde percibimos reposo y resolución dentro de una composición, por ello las piezas suelen comenzar y finalizar con este acorde. Su contraparte es otro acorde llamado dominante, que brinda la máxima tensión o disonancia, y provoca que el oído aguarde la aparición de una nueva sonoridad con que se resuelva su inestabilidad. Se le llama cadencia a la secuencia formada por acordes que describen una progresión tonal de acuerdo con sus funciones armónicas.

La teoría de la armonía musical estudia a profundidad las relaciones entre los acordes y permite prever los efectos que producirán en el escucha. Para los fines de esta investigación no conviene ahondar en esta teoría, pero vale la pena indicar que hay tonalidades que tradicionalmente se asocian a estados de ánimo o personalidades.

Las tonalidades menores (donde el acorde de tónica es un acorde menor) se relacionan tradicionalmente con sensaciones de tristeza, melancolía, oscuridad o aflicción,<sup>13</sup> mientras que las tonalidades mayores (donde el acorde de tónica es un acorde mayor) expresan optimismo, entusiasmo y alegría.<sup>14</sup> Durante el Romanticismo existía un afán por descubrir el carácter inherente de cada una de las tonalidades. Para *do mayor*, por ejemplo, se podía suponer un temperamento alegre y simple, y para *fa mayor*, uno arrebatado y energético.<sup>15</sup> La arbitrariedad de estas relaciones impide asumirlas como una ley universal, sin embargo, es indiscutible el hecho de que las tonalidades infunden estados de ánimo (incluso si se trata de emociones *sui-generis*, irreductiblemente musicales, que no equivalen a las emociones que experimentamos fuera de la música). Los compositores explotan estas relaciones sonoras dentro de sus discursos artísticos.

Durante la última década han prosperado las investigaciones, tanto en disciplinas científicas como humanísticas, sobre las relaciones entre los estados emocionales y la música. Para una comprensión amplia del estado actual en esta temática y sus avances, vale la pena revisar las

---

<sup>13</sup> PISTA 4: *Pavane en fa sostenido menor*, Op. 50, Gabriel Fauré (1887).

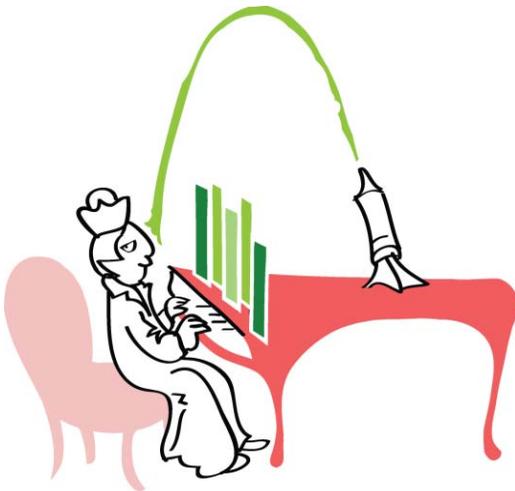
<sup>14</sup> PISTA 5: *Sinfonía No. 1 en do mayor*, Op. 21, 3er movimiento, Ludwig van Beethoven (1800).

<sup>15</sup> Jeffrey Swinkin, "An Account of Emotional Specificity in Classic-Romantic Music", *Current Musicology Journal* 94 (2012).

contribuciones multidisciplinares alrededor de la expresión musical, reunidas en el volumen *The Emotional Power of Music*.<sup>16</sup>

Además de las asociaciones entre tonalidad y personalidad, a lo largo de la historia han existido propuestas que buscaron establecer correspondencias precisas entre los tonos y otras experiencias sensoriales.

Louis-Bertrand Castel<sup>17</sup> consideraba a la luz y el sonido fenómenos de la misma índole, de modo que estableció una escala musical relacionada con las bandas del espectro lumínico. Llevó su teoría a la práctica mediante el diseño de un instrumento musical que emitía haces de luces de colores, llamado el “clavecín ocular”.



**FIG. 10.** CLAVECÍN OCULAR  
DESARROLLADO POR LUIS-  
BERTRAND CASTEL.

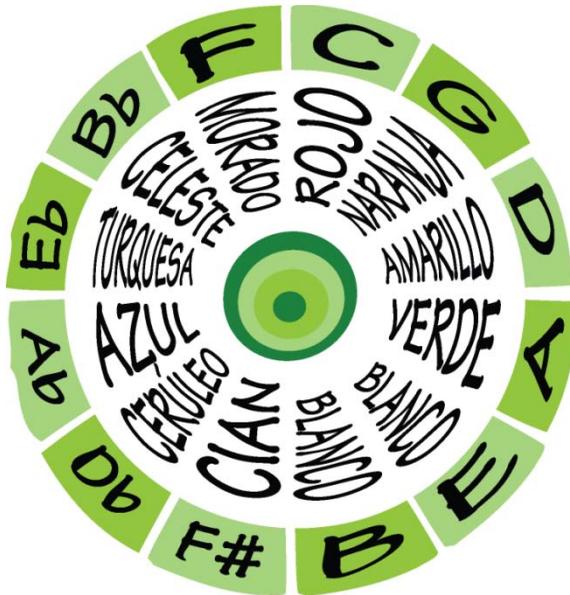
---

<sup>16</sup> Tom Cochrane (ed.) et al. *The Emotional Power of Music: Multidisciplinary Perspectives on Musical Arousal, Expression, and Social Control* (Inglaterra: Oxford University Press, 2013), passim.

<sup>17</sup> El matemático francés Louis-Bertrand Castel escribió en 1740 el libro *Optique des couleurs*, donde desarrolla su teoría cromática a partir del trabajo de Isaac Newton sobre la óptica.

El compositor Alexander Scriabin aseguraba tener experiencias sinestésicas, en las cuales basó un modelo propio de correspondencias entre tonos y colores. Rimski-Kórsakov, otro compositor ruso que también poseía la condición de sinestesia, confirmó las asociaciones de Scriabin.

El pintor Vasili Kandinski, convencido de que todas las artes compartían el mismo mundo interno espiritual, también contribuyó al desarrollo de un arte sinestético.<sup>18</sup>

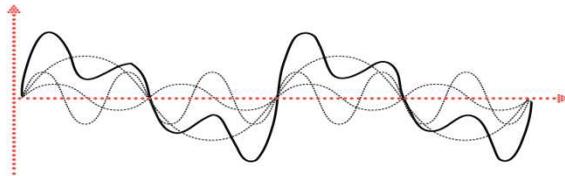


**FIG. 11.** CORRESPONDENCIA ENTRE COLORES Y TONALIDADES DE ALEXANDER SRIABIN, SEGÚN H STUCKENSCHMIDT.

<sup>18</sup> Vasili Kandinski, *De lo espiritual en el arte* (México: Premià editora, 1989).

# ARMÓNICOS

Un tono puro es producido por una onda sinusoidal simple, con una frecuencia determinada. En la naturaleza no solemos encontrar tonos puros porque los sonidos están conformados en realidad por conjuntos de ondas. Esto se debe a que todo cuerpo, cuando es alterado, vibra de una forma compleja que puede descomponerse en una serie de movimientos simples, superpuestos y combinados, denominados “armónicos”.<sup>19</sup> Cada armónico vibra a una frecuencia distinta, produciendo un sonido específico. Las frecuencias de los armónicos guardan una proporción matemática: todas ellas son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. De acuerdo con esta proporción, son ordenados en una “serie armónica”.



**FIG. 12.** REPRESENTACIÓN DE UNA ONDA SONORA QUE CONTIENE ENERGÍA A UNA FRECUENCIA FUNDAMENTAL Y FRECUENCIAS ARMÓNICAS.

Así, reconocemos que un sonido está compuesto por una frecuencia fundamental y una serie de armónicos que la acompañan. Cuando lo escuchamos, percibimos un único tono que corresponde a la frecuencia

---

<sup>19</sup> Al físico Jean-Baptiste Joseph Fourier se le atribuye la función matemática que permite el análisis de los armónicos. Su concepto fue desarrollado en los libros *Mémoire sur la propagation de la chaleur dans les corps solides* (1807) y *Théorie analytique de la chaleur* (1822).

fundamental, cuya intensidad (amplitud) es mayor que la de los armónicos. La frecuencia fundamental es siempre la onda simple con frecuencia más baja entre la serie de armónicos.

A pesar de que cada uno de los armónicos tiene una intensidad distinta y una frecuencia que corresponde a un tono específico, no son percibidos como entidades individuales sino como matices dentro del conjunto. De hecho, los armónicos definen el timbre característico de cada sonido: esa cualidad acústica que permite identificar “el color” de una voz conocida, o diferenciar a un instrumento de otro.

La serie armónica se organiza numerando cada frecuencia con un índice, comenzando por el número uno para la frecuencia fundamental. Aunque la serie es infinita, se suelen tomar en cuenta solamente los primeros 16 armónicos porque la contribución de los demás al timbre es despreciable.

Cuando dos instrumentos musicales disímiles ejecutan una misma nota, podemos reconocer que sus ondas sonoras presentan la misma frecuencia fundamental pero están acompañadas de series armónicas con características diversas. En uno, por ejemplo, los armónicos impares son más intensos, mientras que en el otro sobresalen los armónicos pares. El papel de cada armónico se puede resumir en rasgos de cualidad tímbrica<sup>20</sup> (ver figura 13).

---

<sup>20</sup> Roberto L. Pajares, *Historia de la música en 6 bloques. Bloque 4. Dinámica y Timbre* (España: Visión Libros, 2011), 9-12.

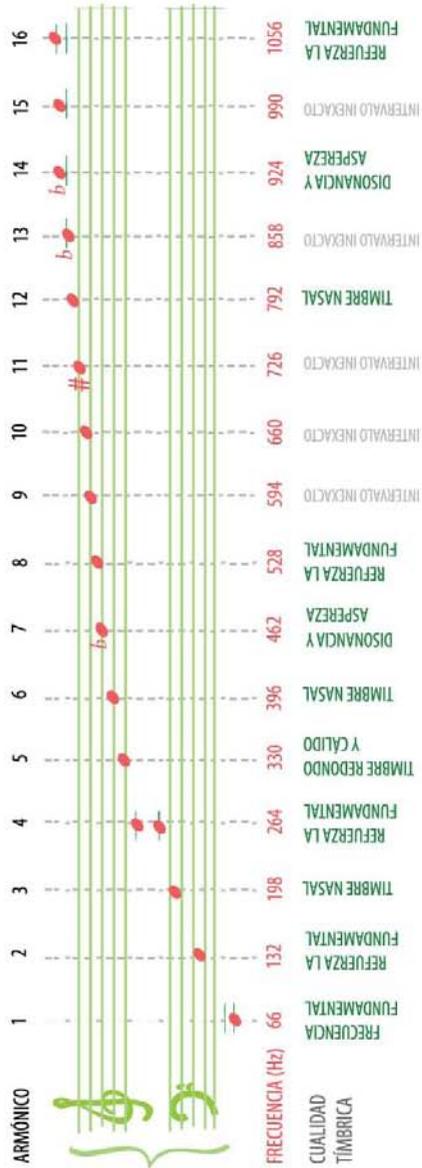


FIG. 13. REPRESENTACIÓN MUSICAL DE LA SERIE ARMÓNICA DE LA NOTA DO<sub>2</sub>.

Existe un fenómeno llamado "fundamental fantasma", donde la mente completa la serie armónica y el proceso de percepción tonal incluso cuando la frecuencia fundamental está ausente. Esto quiere decir que el oído trabaja de forma activa ante el sonido: organiza los estímulos y los relaciona bajo esquemas predefinidos, por ello le bastan los demás componentes del conjunto para deducir el sonido faltante y así percibir un tono virtual.

El efecto del fundamental fantasma se puede comprobar cuando se genera un sonido de un único tono, mediante un sintetizador, exclusivamente con las frecuencias deseadas. Por ejemplo, si se desea generar la nota *do*, se pueden elegir las frecuencias correspondientes a su fundamental y primeros dieciséis armónicos de la serie. Si se retira la frecuencia fundamental, los mecanismos psicoacústicos permiten que el cerebro continúe identificando el conjunto sonoro como la nota *do* aunque su componente esencial esté ausente.

El "efecto de bajo fundamental" es un fenómeno similar, que ocurre cuando se percibe un acorde perfecto. Los acordes perfectos son conjuntos de tres notas que se ejecutan simultáneamente.<sup>21</sup> Existen dos tipos de acordes perfectos, dependiendo de los tres tonos que conforman el conjunto:

---

<sup>21</sup> Existen otros dos tipos de acordes de tríada, o acordes formados por tres notas: el acorde disminuido y el acorde aumentado. Estos no son acordes perfectos porque el intervalo entre la nota fundamental y la quinta no es de "quinta perfecta" sino un semitono menor y un semitono mayor, respectivamente.

- Perfecto mayor: compuesto por una nota base, llamada fundamental, más una nota situada a un intervalo de tercera mayor sobre la fundamental, y una nota ubicada a una distancia de quinta perfecta sobre la fundamental.



Perfecto menor: compuesto por la nota fundamental, más una nota situada a una distancia de tercera menor sobre la fundamental, y una nota ubicada a un intervalo de quinta perfecta sobre la fundamental.



**FIG. 14.** CONSTRUCCIÓN DE DOS ACORDES PERFECTOS SOBRE LA NOTA  $DO_5$ .

En ambos casos, las frecuencias de las tres notas que componen el acorde son múltiplos de una misma frecuencia, llamada “bajo fundamental” que no es ejecutado como sonido real pero sí es percibido por el cerebro. En otras palabras, todas las notas del acorde están conformadas por frecuencias que guardan una relación matemática en común (de múltiplos enteros) con una frecuencia matriz, a modo de máximo común divisor. Al escuchar un acorde perfecto, el cerebro refiere los sonidos a esta frecuencia matriz y la recrea automáticamente en el oído.

En el caso del acorde perfecto mayor, el bajo fundamental se sitúa exactamente dos octavas por debajo de la nota base o tónica. Por ejemplo, un acorde de DO mayor (C) ejecutado al centro del piano está compuesto por las notas  $do_4$  -  $mi_4$  -  $sol_4$ , ( $C_4$ - $E_4$ - $G_4$ ) con frecuencias fundamentales de 264-329-392 Hz respectivamente. Como consecuencia, el bajo fundamental que escucharemos mentalmente tendrá una frecuencia cuatro veces menor a la frecuencia fundamental de la nota base (si la nota base es  $do_4$ , de 264 Hz, podemos dividir  $264/4$ ): el tono del bajo fundamental es una frecuencia de 66 Hz, que corresponde al  $do_2$  ( $C_2$ ). Esta nota duplica y refuerza el sonido real de la tónica.

El acorde perfecto menor se conforma por frecuencias que convergen en un bajo fundamental ubicado a un intervalo disonante, 4 octavas debajo de los sonidos reales. Esta distancia con respecto al acorde es tan grande que provoca un efecto sonoro difuso y resta homogeneidad al conjunto.

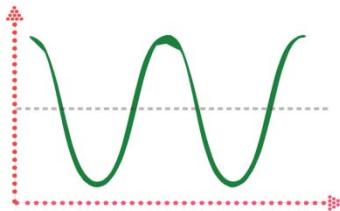
El resto de los acordes, que no son perfectos, se pueden considerar aún más disonantes que el perfecto menor. Su bajo fundamental se halla tan lejos en altura de los sonidos reales, que se vuelve imperceptible.



**FIG. 15.** UBICACIÓN DEL BAJO FUNDAMENTAL EN TRES TIPOS DE ACORDES.

# AMPLITUD E INTENSIDAD

La intensidad es una cualidad musical que permite distinguir los sonidos suaves de los fuertes. En términos de la física, la intensidad corresponde a la amplitud de la onda sonora y se vincula a una magnitud definida como intensidad acústica. Por otra parte, la percepción psicológica de la intensidad musical se define como sonoridad.



**FIG. 16.** REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA ONDA SIMPLE. LA LÍNEA PUNTEADA INDICA LA POSICIÓN DE EQUILIBRIO (SILENCIO), Y EN EL EJE VERTICAL VARÍA LA AMPLITUD.

Para expresar el nivel de intensidad acústica se emplea el decibel (dB). Se trata de una medida utilizada en diversas disciplinas científicas porque es una unidad logarítmica que permite simplificar el manejo de datos que cubren una gama muy amplia de valores.

Nuestro sentido del oído funciona de manera logarítmica,<sup>22</sup> tanto para percibir variaciones de frecuencias como de amplitudes de onda.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Un fenómeno cuyas magnitudes se comportan de forma geométrica, como el crecimiento de las poblaciones humanas que se duplican cada cierto tiempo, puede reducirse a una escala logarítmica: el logaritmo convierte la curva de crecimiento exponencial en una curva de crecimiento lineal.

<sup>23</sup> La ley de Weber-Fechner establece una relación logarítmica entre la intensidad de un estímulo físico y la intensidad con que el receptor lo percibe.

Las octavas, como ya se ha visto, guardan una proporción de 2:1 entre sus frecuencias, así que se pueden estimar mediante el uso de logaritmos de base 2. Por ejemplo, si deseamos calcular la cantidad de octavas que abarca el rango de frecuencias audibles por el oído humano (de 20 Hz a 20 000 Hz), podemos calcular:

$$\log_2\left(\frac{20\ 000}{20}\right) = 9.965 \text{ octavas}$$

La sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora también sigue una escala logarítmica. Reconocemos un umbral de audición que corresponde al punto en el cual el oído comienza a percibir las variaciones de nivel en la presión del aire, o en otras palabras, donde comienza a escuchar sonido. Aunque el verdadero umbral de audición varía de persona en persona, se generaliza bajo la magnitud de 0,00002 pascuales, equivalentes a 0dB.

Consideramos también un límite máximo de intensidad, llamado umbral de dolor, donde el oído y el sistema nervioso son seriamente lastimados. Se estima en 140 dB y suele ser la medida máxima de intensidad en aplicaciones de acústica.

El oído humano no percibe de forma uniforme las intensidades en las diferentes frecuencias. Es decir, si escuchamos tres sonidos de distinto tono pero con idéntica intensidad, los percibiremos con diferentes intensidades. Podemos afirmar que tenemos mayor sensibilidad para las frecuencias medias que para las agudas, y escuchamos en último lugar a las frecuencias graves.

Para aproximarnos a esta realidad auditiva, ponderamos las unidades de intensidad. Mediante una tabla ya especificada (llamada tabla de

ponderación "A") ajustamos los niveles de dB que hemos medido, con la percepción que el oído tiene de los mismos según cada frecuencia. Los decibelios ponderados en "A" se representan como dBA y acercan las magnitudes físicas del sonido a la verdadera sensación acústica.

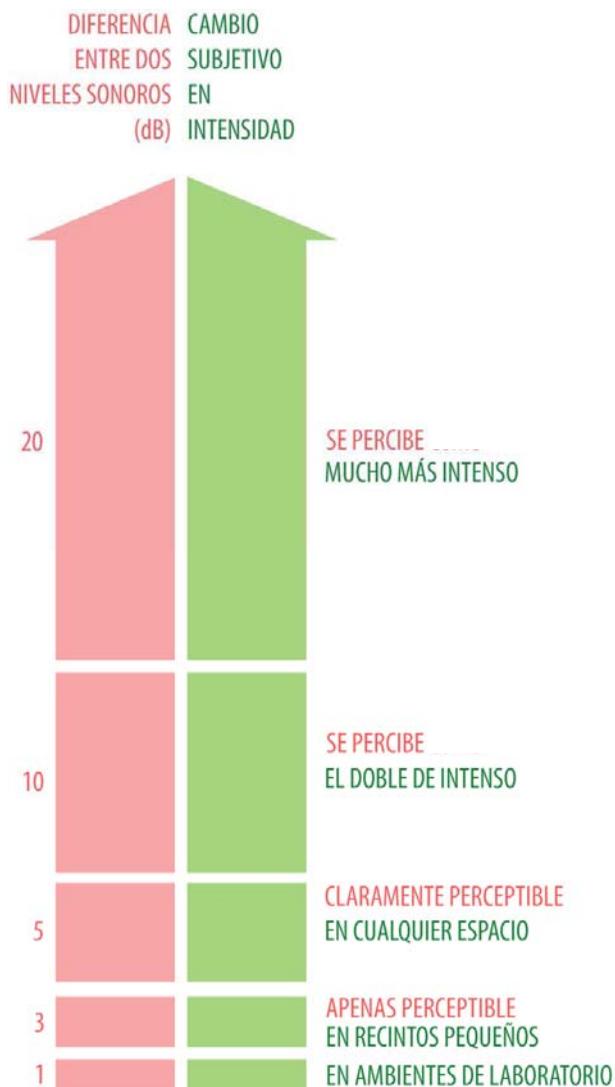
Si tomamos como ejemplo un sonido con frecuencia de 100 Hz (que percibiremos como una nota  $sol_2$  o  $G_2$ ) ejecutada a 80 dB de intensidad, al ponderarlo pasará a tener una intensidad de 60,9 dBA. Esto significa que nuestro sistema de audición lo percibe como un sonido 19,1 dB menos intenso.

TABLA DE PONDERACIÓN A

FRECUENCIA	FILTRO (dB)	FRECUENCIA	FILTRO (dB)	FRECUENCIA	FILTRO (dB)
10	-70.4	80	-22.5	630	-1.9
12.5	-63.4	100	-19.1	800	-0.8
16	-56.7	125	-16.1	1000	0
20	-50.5	160	-13.4	1250	+0.6
25	-44.7	200	-10.9	1600	+1
31.5	-39.4	250	-8.6	2000	+1.2
40	-34.6	315	-6.6	2500	+1.3
50	-30.2	400	-4.8	3150	+1.2
63	-26.2	500	-3.2	4000	+1

El ingeniero Mijaíl Saposhkov<sup>24</sup> ofrece una explicación fisiológica a nivel celular para este fenómeno de percepción sonora. Explica que, aunque el sonido sobrepase en intensidad el umbral de audición, la sensación auditiva no cambiará hasta que la amplitud de las vibraciones

<sup>24</sup> Mijaíl Saposhkov, *Electroacústica* (Barcelona: Reverte, 1983), 17-27.



**FIG. 17.** SENSACIÓN AUDITIVA DE LAS INTENSIDADES SONORAS.

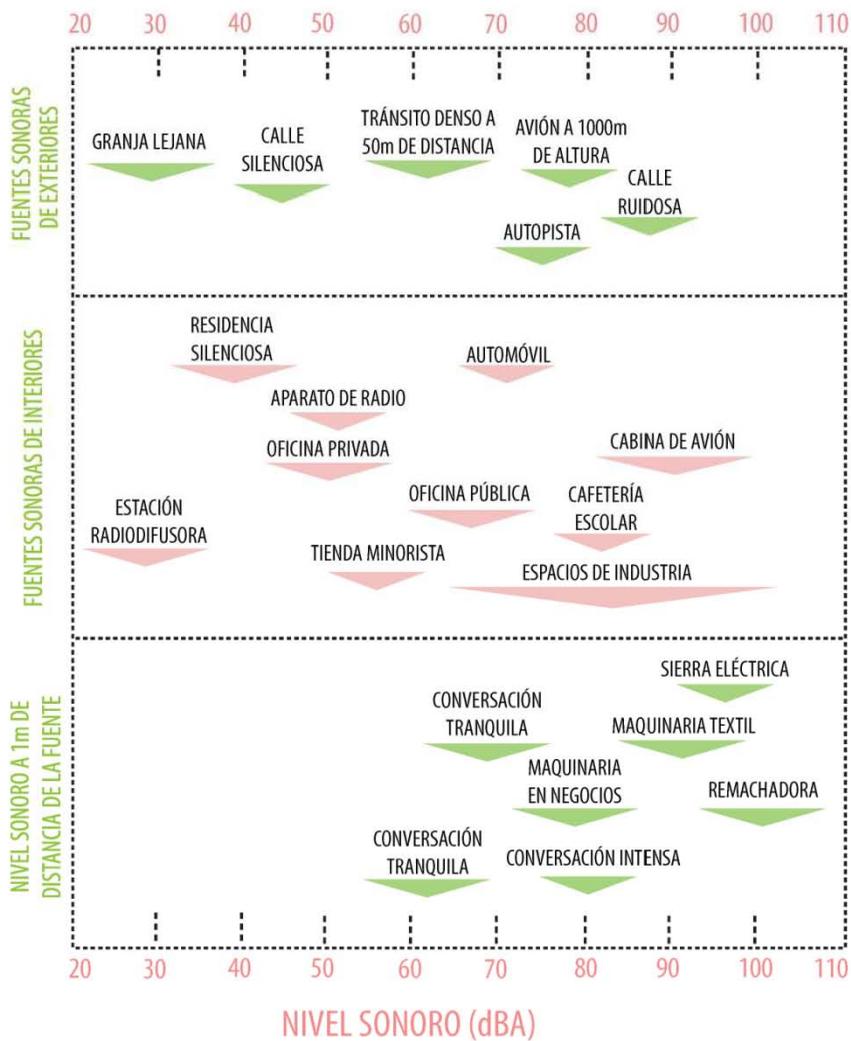
sea suficiente para provocar que las fibras de las membranas de oído toquen otra célula más. Cuando una de las fibras toca a la siguiente célula, la sensación auditiva se incrementa en forma de salto, porque esta célula comienza a enviar impulsos eléctricos al centro auditivo y sus impulsos son sumados a los enviados previamente por otras células. Conforme incrementa la intensidad sonora, la zona de excitación de la membrana se ensancha y empiezan a vibrar fibras contiguas, que a su vez excitan a otras células nerviosas. Cada célula envía impulsos al centro auditivo: por lo tanto, la sensación auditiva se multiplica, incrementando bajo un patrón no aritmético sino exponencial.

La percepción de los rangos de niveles sonoros se caracteriza en la tabla:

<b>Calificación de intensidades para niveles sonoros</b>	<b>dB(A)</b>
Nivel ensordecedor	110 o más
Niveles muy elevados	80-100
Niveles elevados	60-80
Niveles aceptables o moderados	40-60
Niveles bajos	20-40
Niveles muy bajos	0-20

Para situarnos en la escala de decibelios, podemos recurrir a referencias cotidianas:

- Aulas, salas de conferencias, templos, habitaciones en el hogar, en hoteles y hospitales suelen tener niveles de ruido menores a 40 dB(A).
- El ruido provocado por automóviles y transportes colectivos suele enmarcarse entre los 80 a 90 dB(A).
- Los patios de maniobras, los foros musicales, algunos centros de entretenimiento y todo ambiente que genere 110 dB(A), resultan ensordecedores y dañinos.

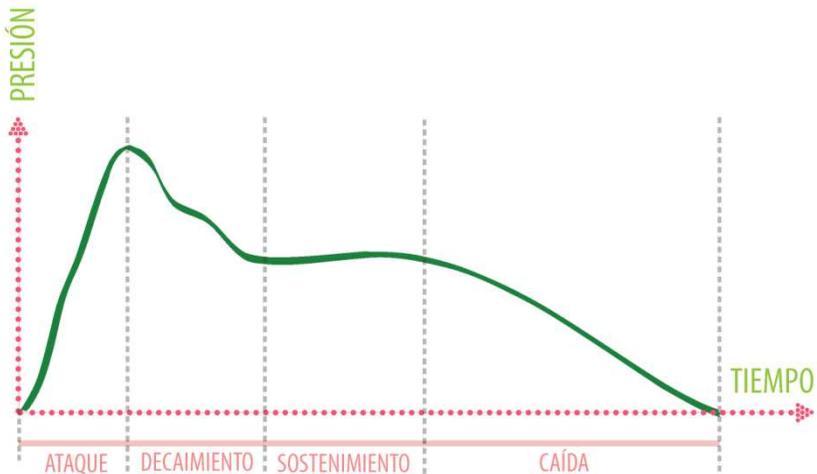


**FIG. 18.** RELACIÓN ENTRE LAS TÍPICAS FUENTES SONORAS Y SU RANGO DE INTENSIDADES.

# ENVOLVENTE

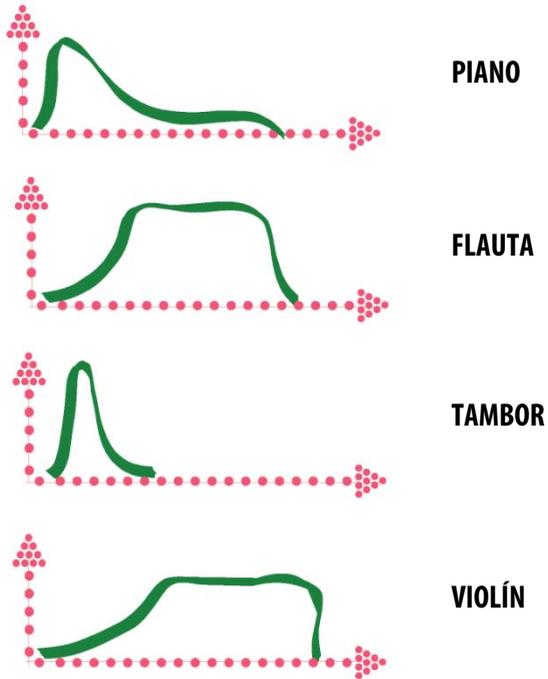
La envolvente acústica es la forma en que evoluciona la onda sonora durante su existencia. Se puede observar la manera en que la amplitud de una onda varía a partir de los siguientes parámetros:

- Ataque: define el lapso inicial, cuando el sonido comienza a hacerse audible.
- Decaimiento o extinción: el intervalo en que la amplitud se reduce después de haber alcanzado la amplitud máxima.
- Sostenimiento: el tiempo que sucede al decaimiento, durante el cual se mantiene constante la amplitud.
- Caída o relajación: el lapso en que la amplitud se reduce al silencio.



**FIG. 19.** ENVOLVENTE ACÚSTICA DE UN SONIDO.

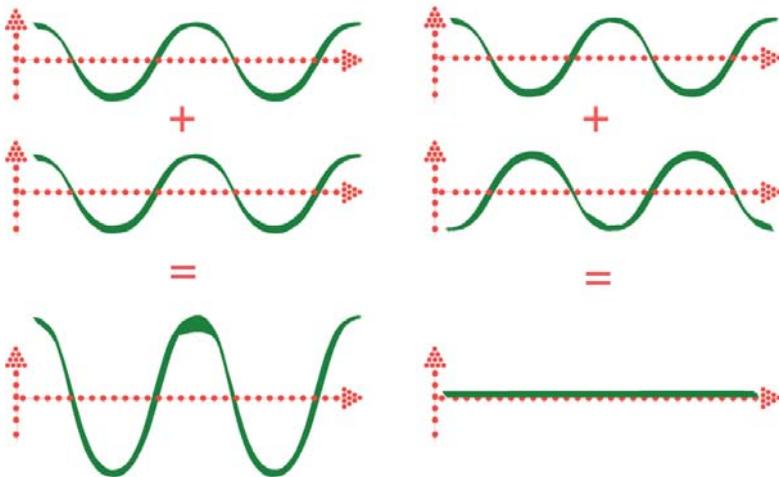
Junto con los armónicos, la envolvente acústica determina la forma en que percibimos globalmente un sonido. Basta con comparar las envolventes que producen distintos instrumentos musicales para reconocer su efecto sonoro:



**FIG. 20.** ENVOLVENTE ACÚSTICA DE CUATRO INSTRUMENTOS MUSICALES.

# FASE

En las ondas sonoras podemos identificar ciclos, definidos por la aparición periódica de dos tipos de posiciones: reposo y compresión. Para describir los ciclos se señala: como punto de comienzo  $0^\circ$ , la primera compresión a  $90^\circ$ , el reposo subsecuente a  $180^\circ$ , la segunda compresión a  $270^\circ$  y el reposo que completa el ciclo a  $360^\circ$ . Cuando dos sonidos de igual frecuencia son ejecutados simultáneamente, sus ondas se comportarán de forma idéntica y estarán en fase. Por el contrario, si ambos sonidos mantienen una ligera distancia temporal, sus formas diferirán y estarán fuera de fase. Cuando la diferencia de fase es exactamente de  $180^\circ$  (y ambos sonidos son de igual frecuencia y amplitud), las ondas ejercen un efecto destructivo y el sonido se anula.



**FIG. 21.** A LA IZQUIERDA SE REPRESENTAN DOS ONDAS EN FASE, CUYA SUMA ES CONSTRUCTIVA. A LA DERECHA, DOS ONDAS FUERA DE FASE CREAN UNA INTERFERENCIA DESTRUCTIVA.

# ATENUACIÓN

Conforme el receptor se aleja de la fuente sonora, el nivel sonoro se reduce. Al fenómeno de pérdida de transmisión sonora se le llama atenuación.

En espacios abiertos es posible encontrar una proporción clara de atenuación sonora: cada vez que se dobla la distancia, el nivel se reduce 6 dB. La formulación de esta relación se expresa:

$$\text{Atenuación} = 20 \log D$$

donde  $D$  es la distancia entre emisor y receptor.

En espacios cerrados, las superficies de muros, pisos y techos estructuran un comportamiento particular de las ondas sonoras. Dependiendo de su geometría y material, las ondas se reflejan en mayor o menor medida. Si los materiales del interior absorben mucha energía de las ondas sonoras, reducirán los reflejos y la reverberación, atenuando el nivel sonoro.

La atenuación de un material queda definida por la diferencia entre la potencia acústica incidente y el nivel de potencia acústica obtenido tras atravesar el material. A esta cualidad se le llama capacidad de aislamiento acústico. La pérdida de transmisión sonora depende de la frecuencia, del grosor y material del muro, y de las condiciones de absorción del recinto receptor. Por ejemplo, un espacio cerrado con materiales de baja absorción acústica tendrá una mínima atenuación.

## SUMA DE LOS NIVELES SONOROS

Cuando dos fuentes emiten sonido, el nivel sonoro total incrementa. Sin embargo, como la intensidad responde a un comportamiento logarítmico, no es posible conocer la magnitud total mediante la mera suma aritmética de los valores de sus niveles sonoros. Es necesario recurrir a una curva de suma de niveles sonoros, donde se indica la cantidad que debe sumarse aritméticamente al nivel sonoro más elevado para conocer el nivel de las dos fuentes trabajando simultáneamente.

Por ejemplo, dos ventiladores en funcionamiento emiten individualmente un nivel de ruido de 60 dBA. En conjunto, no generan un total de 120 dBA sino uno de 63 dBA, pues dos fuentes con el mismo nivel sólo incrementan 3 dBA.

Cuando se requiere conocer el nivel sonoro de frecuencias específicas dentro de un sonido, se recurre a un análisis frecuencial. Las mediciones se llevan a cabo por medio de decibelímetros con filtros, que sólo registran las frecuencias que desean verificar.

# PROPAGACIÓN

El sonido se propaga a distintas velocidades dependiendo del medio a través del cual se desplaza. El más común es el aire y en éste la velocidad es de 340 m/s (a una temperatura de 20°C).

La siguiente tabla compara la velocidad de propagación del sonido en diversos materiales:

Aire	340 m/s
Acero	5488 m/s
Agua	1449 m/s
Corcho	503 m/s
Granito	6402 m/s
Madera	3323 m/s
Vidrio	5000 m/s

Si queremos conocer el retraso entre la emisión de un sonido y su recepción tras propagarse por el aire, ocupamos la siguiente ecuación:

$$tp = d/340 \text{ s.}$$

Donde  $tp$  = tiempo de propagación,  
 $d$  = distancia entre el emisor y el receptor.

# RUIDO

Desde la perspectiva de la física, el ruido se define como una perturbación que interfiere sobre la transmisión de señales. El ruido se asocia con los sonidos que molestan debido a su incoherencia dentro de un contexto o por su alta intensidad. Se le llama enmascaramiento acústico al fenómeno que ocurre cuando el ruido de fondo opaca a los sonidos que establecen una comunicación.

Tradicionalmente, los esfuerzos por controlar el ruido se han concentrado en la intensidad sonora. Los niveles de molestia se muestran gráficamente en curvas de referencia denominadas NC (*noise criteria*) o NR (*noise rating*), que indican los niveles máximos de ruido aptos para recintos con distintos usos (conferencias, aulas, estudios de grabación). Para cumplir con esta especificación, los niveles de ruido de fondo que son medidos en cada banda de octava deben estar por debajo de la curva NC correspondiente al tipo de espacio.

- Para salas de conciertos, teatros, salas de grabación, auditorios y templos grandes, se indica un máximo de 20 dBA.

- En auditorios pequeños, salones de práctica, salas de juntas, salas de teleconferencia, oficinas ejecutivas, iglesias pequeñas y cortes, se señala un rango máximo de 10 a 30 dBA.

- Para habitaciones, hospitales, hoteles y hostales, corresponde un máximo de 25 a 35 dBA.

- En oficinas privadas, pequeñas habitaciones de conferencias, aulas y bibliotecas, no deben superarse los 35 dBA.

- Grandes oficinas, recepciones, tiendas, cafeterías, restaurantes y gimnasios deben limitarse a 40 dBA.
- Para cocinas, lavanderías y habitaciones de instalaciones informáticas, son aceptados rangos máximos de 45 a 55 dBA.
- En general, ruidos de fondo superiores a 70 dBA dificultan la comunicación.

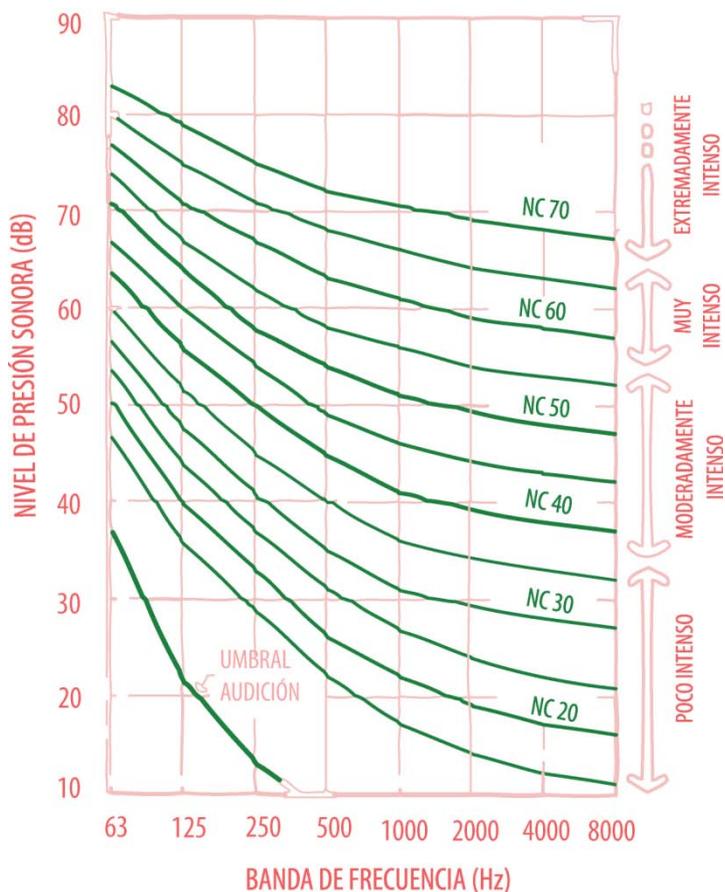


FIG. 22. CURVAS NC O DE CRITERIO DE RUIDO.

# **IMAGINAR EL SONIDO**





En este capítulo abordaremos, a partir del sonido, las relaciones entre usuario, arquitectura y ciudad. La primera barrera que necesitamos salvar es la parvedad del lenguaje que tenemos a nuestra disposición para referirnos a lo sonoro. Este atraso se debe a varios factores: una destacada orientación hacia lo visual, una terminología inadecuada y una escasez de estudios sobre las cualidades abstractas del sonido.<sup>25</sup> Por ello, el objetivo es construir un marco de referencia a partir del estudio de su dimensión subjetiva, es decir, de sus alcances intelectuales, espirituales y emocionales.

El sonido se puede concebir como un mero soporte físico para la transmisión de mensajes dentro de un lenguaje. En el habla, por ejemplo, la voz porta el contenido informático que los participantes intercambian. Pero, adicionalmente, los sonidos transmiten una carga emotiva que no se puede ignorar. Integran entidades complejas de información y expresión, que satisfacen necesidades personales y comunales, y llegan a volverse símbolos en sí mismos. A menudo funcionan como muestras de valor cultural e incluso se tornan monumentos de la memoria colectiva.

Por ello, el sonido posee un potencial social para generar cohesión e identidad dentro de las comunidades. Las características acústicas de cada grupo social construyen un sistema que forja una conciencia de pertenencia, donde se interrelacionan sus realidades políticas,

---

<sup>25</sup> Barry Blesser y Linda-Ruth Salter. "Eventscapes: The Aural Experience of Space" (conferencia presentada en Academy of Architecture, Amsterdam, mayo 2012).

económicas y culturales, así como su pasado, presente y aspiraciones. La arquitectura puede incidir como un mecanismo de interacción dentro de este sistema.

Para reconocer el papel del sonido en las construcciones culturales, reflexionaremos sobre las connotaciones simbólicas que las comunidades han concedido a algunas manifestaciones sonoras a lo largo de la historia. Al hacerlo, es sensato percatarse de que los modelos teóricos que utilizamos en las metodologías de investigación a menudo presentan límites que nos impulsan a forzar interpretaciones y apresurar conclusiones. En nuestro caso, la tendencia hacia una lectura del mundo sonoro como si de un sistema de signos se tratara, puede conducirnos a una comprensión errónea de nuestros objetos de estudio, pues en ocasiones, los sonidos eluden los objetivos culturales para los que fueron concebidos y se comportan de una manera imposible de explicar mediante la semiótica. Es importante, entonces, ser cautelosos al dotar de significado a los sonidos, para evitar atribuirles sentidos que no poseen.

A propósito de la preeminencia de la interpretación en las artes y las humanidades, el teórico literario Hans Ulrich Gumbrecht<sup>26</sup> propone una forma diferente de aproximarse a los objetos de estudio. Señala que el conocimiento no debe depender solamente de la interpretación, pues los objetos se manifiestan siempre como un binomio de “presencia”/“significado” en tensión, que ante todo debemos experimentar.

Las prácticas que sugiere para apelar a la presencia, y escapar del enfoque interpretativo, consisten en: epifanías (percibir al objeto

---

<sup>26</sup> Hans Ulrich Gumbrecht, *Producción de presencia: Lo que el significado no puede transmitir* (México: Universidad Iberoamericana, 2005), *passim*.

mediante momentos de intensidad sensorial y de experiencia estética), presentificaciones (personificar la realidad del objeto, recreando en carne propia sus condiciones) y deixis (indicar y explorar intelectualmente la complejidad, sin buscar siempre reducirla para resolverla).

En suma, el estudio de la dimensión subjetiva del sonido no debe reducirse a una lectura semiótica, sino ampliarse para incluir aquello que no puede ser leído, definido o comprendido. Al final, el sonido debe experimentarse. Aunque las interpretaciones semióticas son útiles para señalar su importancia cultural, la finalidad de nuestra labor es evidenciar la vida de los sonidos, antes que atribuirles acepciones categóricas.

Simplificar el estudio del paisaje sonoro bajo términos lingüísticos, implicaría también reducir la tarea de composición acústica únicamente a términos racionales. Y esta actividad, como rama del diseño, debería acercarse más a las artes que a las ingenierías o las labores meramente científicas.

## LA INVESTIGACIÓN DEL AMBIENTE SONORO

El concepto de ambiente sonoro designa al grupo de elementos perceptibles a través del oído que caracterizan a un lugar preciso. Emplearemos este término, en calidad de sinónimo de paisaje sonoro,<sup>27</sup> para referirnos a los sonidos contextualizados en el espacio. Distinguimos también el concepto de imagen sonora, que atiende a la representación mental que se elabora al escuchar un estímulo auditivo.

Las principales dificultades que presenta el análisis del ambiente sonoro responden a la incapacidad de los métodos de registro para recoger impresiones exactas del sonido en el espacio. El dinamismo del paisaje sonoro torna imposible reducir su estudio a un instante: es necesario capturar su desarrollo en el espacio y en el tiempo, así como advertir que se trata de un sistema sinérgico donde lo que interesa son los eventos causados por la interrelación entre los elementos que lo conforman, y no los elementos por sí mismos.

Ahondando en el tema, vale la pena resaltar que la acústica sustenta, quizás mejor que cualquier cualidad visual del espacio, la percepción de la cuarta dimensión de la arquitectura. El sonido, que es movimiento y como consecuencia tiene una naturaleza cardinalmente temporal, provee de referencias al habitante y le permite percibir si los eventos ocurren simultáneamente o trazan una sucesión ordenada.<sup>28</sup>

Para recuperar información sobre paisajes sonoros del pasado, podemos recurrir a registros de audio y descripciones literarias que

---

<sup>27</sup> Murray Schafer. *The Soundscape: the Tuning of the World* (Vermont: Destiny Books, 1977) passim.

<sup>28</sup> Kevin Lynch, *What time is this place?* (Massachusetts: MIT Press, 1972), 120.

recogen experiencias directas de audición. Ciertos autores como Tolstoi, Thomas Hardy o Thomas Mann logran capturar valiosas percepciones sobre el panorama sonoro de sus tiempos. Asimismo, la incipiente Arqueo-acústica ofrece una metodología científica para investigar la acústica de los documentos materiales que conservamos.

## **MODELAR EL AMBIENTE SONORO**

La metodología propuesta para establecer un estudio significativo del mundo sonoro consiste en crear un sistema de identificación y clasificación de los fenómenos acústicos. Retomaremos el término acuñado por Pierre Schaeffer,<sup>29</sup> “objeto sonoro”, como mínima partícula del paisaje sonoro, que no debe confundirse con el “cuerpo sonoro” que alude al objeto físico que produce un sonido. Emplearemos “eventos sonoros” para referirnos a los sonidos individuales dentro de un contexto, prestando atención a las interacciones que permiten que adquieran una jerarquía dentro del paisaje.

Para esta tarea se deben considerar las referencias del contexto, tales como: distancia del observador, condiciones ambientales, intensidad, inteligibilidad, textura, y si tiene una semántica individual o forma parte de un mensaje más complejo.

---

<sup>29</sup> Pierre Schaeffer, *Tratado de los objetos musicales* (Madrid: Alianza, 1988) passim.

Reconoceremos tres jerarquías sonoras dentro del paisaje:

- Nota tónica o tonalidad (*keynote*): sonido organizador que subyace bajo el conjunto de sonidos que conforman el paisaje sonoro, dotándolo de un carácter específico aunque no se perciba conscientemente. La nota tónica depende de las condiciones idiosincráticas del espacio donde aparece el paisaje sonoro.

- Señales sonoras (*signals*): sonidos que escuchamos conscientemente. Los percibimos en un primer plano porque destacan en el paisaje, constituyendo unidades de sonido que pueden emplearse como medio de comunicación.

- Hitos sonoros o marcas sonoras (*soundmarks*): sonidos únicos, ligados a una comunidad, que se tornan una referencia identitaria.

Clasificar los sonidos de acuerdo con sus cualidades semióticas y estéticas aparenta ser una tarea imposible, pues su subjetividad parece impedir la obtención de resultados útiles. Sin embargo, la tarea de comprender este valor de los sonidos es necesaria porque debemos advertir que nuestro impacto en el ambiente sonoro es inevitable, y que, como consecuencia, podemos deliberar decisiones para alterarlo de acuerdo con intenciones premeditadas.

Aunque existen sistemas que buscan representar los eventos sonoros por medio de signos visuales, la notación del sonido constituye siempre un reto complejo. Las convenciones empleadas son arbitrarias y desgraciadamente no logran describir con precisión las condiciones del ambiente sonoro.

Además de las limitaciones que implica utilizar un sistema gráfico, cada mecanismo enfatiza cierto aspecto del sonido, pero ninguno plasma



FIG. 23. JERARQUÍA DE LOS ELEMENTOS DEL PAISAJE SONORO.

integralmente los valores relacionados con su percepción. Es necesario, entonces, recuperar esta información por otros medios. Los métodos que emplea la psicología ambiental para obtener las impresiones personales del entorno, como la elaboración de mapas cognoscitivos, pueden representar una útil herramienta para esta finalidad.

## **UNA DIMENSIÓN SUBJETIVA DEL SONIDO**

Tradicionalmente, la arquitectura ha atendido la materia del sonido desde una perspectiva donde interesa más valorar la realidad objetiva del espacio que su dimensión subjetiva. Es decir, prevalecen los aspectos físicos y cuantitativos de la acústica sobre aquellos relacionados con la percepción y representación del ambiente sonoro. Tal aproximación excluye cuestiones sumamente valiosas para la comprensión de las relaciones entre usuario y ambiente, que podrían guiar el diseño y ayudar a analizar el funcionamiento de espacios arquitectónicos existentes.

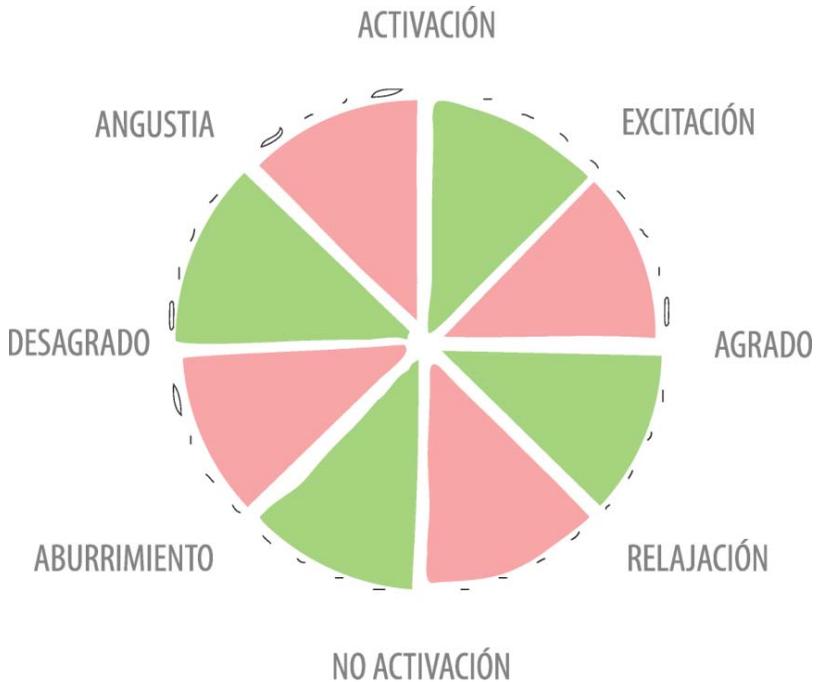
Sabemos que las respuestas que surgen ante un estímulo no dependen únicamente de los rasgos físicos de éste, sino del significado y valor que le atribuyen los sujetos. A la realidad objetiva se superpone siempre una dimensión subjetiva, afectada por filtros emocionales, personales y culturales, que define la forma en que se percibe el mundo. Por esta razón, al incorporar la valoración subjetiva del ambiente sonoro al trabajo de la acústica tradicional, podemos enriquecer su campo de trabajo.

## PERCEPCIÓN AURAL

En la interacción entre sujeto y ambiente sonoro, nos interesa comprender el complejo proceso mediante el cual el espacio físico se vuelve un espacio significativo para el individuo. Esto ocurre a través de una representación interna del espacio, donde intervienen múltiples experiencias cognitivas. Analizaremos este proceso para investigar aspectos de la dimensión subjetiva del ambiente sonoro.

De acuerdo con la psicología ambiental podemos distinguir dos formas de conocimiento en el proceso de representación interna del espacio: el locativo y el no-locativo. El conocimiento locativo se refiere a la conciencia del individuo sobre su ubicación en el ambiente, por medio de la interpretación de las señales informativas que brinda el espacio físico para determinar orientación y dimensiones. El conocimiento no locativo comprende las experiencias que permiten evaluar el ambiente a partir de pautas de interacción, construidas individual y colectivamente. Aquí, los estímulos del ambiente despiertan una respuesta afectiva que dicta la forma en que el individuo se implica e interactúa con el lugar. Dichas respuestas se pueden resumir en diferenciales afectivos de agrado-desagrado y activación-no activación.

En los estímulos del ambiente se reconocen diferentes propiedades que determinan el tipo de respuestas afectivas: propiedades psicofísicas, colativas e informacionales. Además, la valoración del espacio depende del nivel de compatibilidad entre el ambiente y las necesidades y expectativas del individuo.



**FIG. 24.** PARÁMETROS DE RESPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DEL AMBIENTE.

Las propiedades psicofísicas se refieren a las cualidades objetivas de los estímulos y la forma en que nuestro aparato sensorial los percibe. Por ejemplo, en el sonido distinguimos intensidad, altura tonal, duración, disonancia, aspereza, etc.

Las propiedades colativas son aquellas que despiertan la curiosidad del auditante, porque provocan un conflicto perceptivo que incita a explorar y comparar el estímulo con otros para intentar resolverlo. Se pueden identificar cuatro propiedades colativas:

- Novedad: comparación con lo ya experimentado.
- Complejidad: diversidad en el tipo de elementos
- Sorpresa: presencia de elementos no previstos.
- Incongruencia: ambigüedad en la definición de los elementos.

Un entorno poco complejo genera un efecto de monotonía que incita poca atención por parte del sujeto. Por ello, cuando las personas son expuestas a los estímulos por primera vez, prefieren propiedades colativas elevadas (mayor novedad o mayor sorpresa). Sin embargo, si el entorno es excesivamente complejo puede generar una sobre-estimulación ambiental que inhibe el deseo de explorar. Del mismo modo, cuando pasa suficiente tiempo para que se agote la curiosidad, la preferencia se invierte y se buscan condiciones de familiaridad. Como resultado, se aconseja proyectar espacios cuyas propiedades colativas conserven un nivel intermedio de estimulación.<sup>30</sup>

Las propiedades informacionales permiten comprender y explorar los estímulos, de modo que afectan significativamente el juicio de preferencia. Distinguimos entre ellas: inteligibilidad, familiaridad y coherencia.

Los ambientes sonoros legibles hacen posible reconocer e identificar los sonidos que lo componen. Generalmente esta cualidad es valorada de forma positiva, porque dispone al sonido como fuente importante de información y favorece los procesos de interacción con el contexto en el que es escuchado.

---

<sup>30</sup> Daniel Berlyne, *Conflict, Arousal and Curiosity* (Nueva York: McGraw-Hill, 1960), 18-195.

La familiaridad relaciona al sonido con la memoria, las costumbres, las tradiciones y formas de vida de un lugar, por lo cual posee gran potencial de simbolismo.

La coherencia se refiere a las relaciones entre estímulos, por ejemplo de causa-efecto. Esta propiedad identifica la lógica, ambigüedad o contradicción del paisaje.

El contexto en el que se escucha el sonido es también un espacio. La morfología urbana, las tipologías arquitectónicas y la organización espacial definen los usos y las fuentes sonoras del lugar. El contexto condiciona las posibilidades de acción del sujeto, pues puede favorecer o impedir la interrelación con el medio y otros sujetos.

Dentro de la psicología Gestalt encontramos términos para describir percepciones visuales que se acercan a las categorías que hemos definido para el análisis del paisaje sonoro: la “figura” como objeto de interés, se corresponde con las señales (*signals*) e hitos sonoros (*soundmarks*); el “terreno”, que constituye el contexto, concuerda con el tejido de sonidos ambientales entre los que aparecen las tónicas (*keynotes*); y el “campo”, que alude al sitio desde donde se observa, coincide con el paisaje sonoro como espacio de audición.

El hecho de percibir un evento como figura o terreno depende de la relación del observador con el campo, de su estado mental y su aculturación.

La perspectiva es un parámetro de percepción visual que tiene correspondencia en la percepción sonora. Define una espacialidad virtual y consiste en la organización mental de los elementos a partir de su distancia al punto de percepción. La dinámica musical (graduación de las intensidades sonoras) fue, hasta antes de la llegada del radio y el

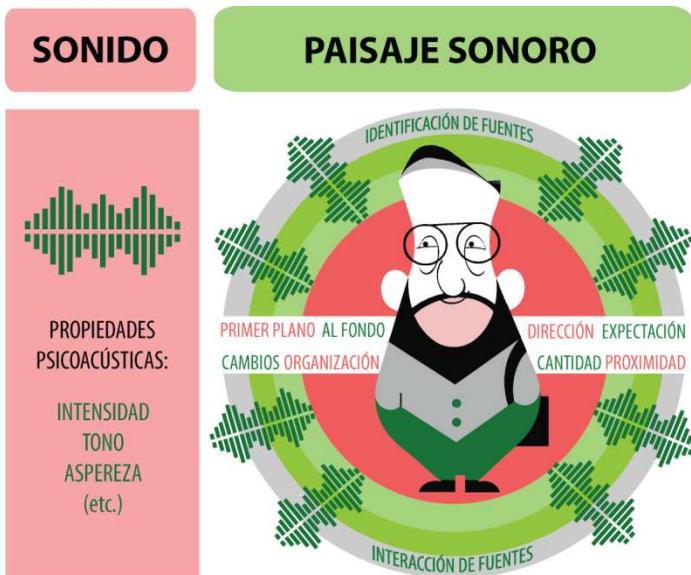
fonógrafo, el recurso mediante el cual se manipularon los sonidos para crear “perspectivas” en los paisajes sonoros compuestos, pues define focos, distancias y planos sonoros.

Cuando reconocemos presencias en el paisaje sonoro, podemos diferenciar lo singular de lo múltiple. Aparece entonces la contraposición entre lo puntual y lo lineal, en una relación de “gestos” sobre “texturas”. El primer término habla de sonidos individuales, mientras el segundo se refiere a masas complejas compuestas por sonidos particulares que no pueden percibirse como tales.

Si nuestro objetivo es orientar al diseñador acústico mediante la predilección de ciertos elementos del paisaje sonoro, necesitamos definir un criterio para favorecer ciertos sonidos. Tomaremos como referencia el estudio *Positive Soundscape Project* <sup>31</sup> realizado en conjunto por cinco universidades inglesas, que del 2006 al 2009 desarrollaron un marco teórico para la valoración del paisaje sonoro urbano. El *Positive Soundscape Project* (PSP) propone un marco conceptual para comprender cómo se constituyen los paisajes sonoros.

---

<sup>31</sup> William Davies et al., “Perception of soundscapes: An Interdisciplinary Approach”, *Applied Acoustics* 74 (2013).



**FIG. 25.** MARCO CONCEPTUAL PARA EL ANÁLISIS DEL PAISAJE SONORO, SEGÚN EL *POSITIVE SOUNDSCAPE PROJECT*.

En este marco, las fuentes sonoras individuales se ubican dentro de un espacio físico. Cada fuente presenta, potencialmente, propiedades cuantificables y cualificables (intensidad, aspereza, brillo, etc.). Las fuentes interactúan con el paisaje para producir una impresión global en el auditante, pero aquí entran en juego otros factores, como la expectación, proximidad, hora del día, momento del año o actividad que realiza el escucha cuando experimenta el paisaje sonoro.

Posteriormente, a partir de múltiples métodos para estudiar la experiencia auditiva en un número reducido de entornos (recorridos sonoros, entrevistas, grupos de estudio, pruebas de escucha en

laboratorio y mediciones fisiológicas), el PSP presenta las siguientes conclusiones:

1) A partir del lenguaje que los oyentes usan para referirse a los sonidos y paisajes, se revelaron tres categorías de términos: fuentes sonoras, descriptores de sonidos y descriptores del paisaje.

2) La sensación de control sobre la exposición al sonido es importante y valuada de forma positiva por los individuos. Asimismo, la expectativa de un paisaje sonoro y la compatibilidad con el comportamiento del oyente son trascendentales para su valoración. Algunas cualidades empleadas por los individuos para describir paisajes sonoros positivos son: naturalidad, vitalidad y capacidad de provocar emociones positivas.

3) Las descripciones del paisaje sonoro a menudo se basan en términos espaciales (primer plano/fondo). La marcada distinción entre fuente/sonido/paisaje corresponde a la capacidad de diferenciar planos espaciales en el análisis de los paisajes sonoros. Esto podría explicarse como la consecuencia de traducir al mundo auditivo las nociones visuales que dominan nuestra forma de comprender el entorno.

4) Se determinan cuatro conceptos básicos para interpretar el paisaje: cacofonía (una mezcla negativa de sonidos), algarabía (una mezcla positiva de sonidos), constancia (un paisaje invariable, a menudo monótono) y temporalidad (cambios a corto plazo). Estos conceptos se disponen en dos ejes: cacofonía-algarabía y constancia-temporalidad. El primero resume la interacción de las fuentes dentro del paisaje, de forma análoga a como los instrumentos musicales se combinan dentro de la orquesta, y el segundo describe los cambios de los elementos en el tiempo, asemejándose al modo como evolucionan los sonidos dentro de una composición musical.

5) Para diferenciar paisajes predominan dos referencias: calma y vitalidad. Estos conceptos se relacionan íntimamente con las respuestas emotivas, y dependen de las correlaciones entre los ejes cacofonía-algarabía y constancia-temporalidad. En la composición de paisajes sonoros positivos, estos hallazgos se traducen en un interés por conseguir niveles adecuados de vitalidad mediante la manipulación de dos variables: la combinación de fuentes sonoras y la evolución de los sonidos en el tiempo.



**FIG. 26.** CATEGORÍAS QUE LOS OYENTES EMPLEAN PARA DESCRIBIR LOS PAISAJES SONOROS.

# PROPUESTA PARA ANALIZAR LAS DIMENSIONES PERCEPTUALES DEL PAISAJE SONORO

A partir de los marcos teóricos planteados por Murray Schafer, *The Positive Soundscape Project*, la psicología ambiental y la psicología Gestalt, propongo las siguientes consideraciones sobre los mecanismos de percepción aurial y la valoración de los paisajes sonoros:

→ De ahora en adelante propongo emplear el término “auditante” en lugar de habitante, para evidenciar que todo usuario interactúa con el entorno a partir del sonido, tanto escuchando como produciendo señales.

∞ Los auditantes analizan el paisaje sonoro en términos de perspectiva visual: focos, planos y fondo.

∞ Los auditantes conciben tres componentes del paisaje sonoro: sonidos individuales (figuras o gestos), texturas sonoras (conjuntos de sonidos o sonidos organizadores que dotan de un carácter específico al conjunto) y paisajes sonoros (campo que contiene todos los eventos sonoros).

• Los auditantes identifican tres jerarquías dentro de los componentes del paisaje sonoro: señales (sonidos sin valor semántico relevante), tónicas (sonidos que caracterizan el paisaje sonoro de cada sitio) e hitos sonoros (sonidos que guardan un valor semántico importante y funcionan como referencia dentro del paisaje).

• Los sonidos del paisaje tienen propiedades cuantitativas y cualitativas que pueden definirse como: propiedades psicofísicas (intensidad, tono, nitidez, suavidad, aspereza, etc.), propiedades informacionales

(coherencia, legibilidad, familiaridad) y propiedades colativas (novedad, complejidad, sorpresa, incertidumbre).

- Al situarse en el espacio, los sonidos quedan condicionados por parámetros como: proximidad, dirección y predominancia.

- Los sonidos se organizan en el espacio para generar combinaciones negativas (cacofonías) o positivas (algarabías).

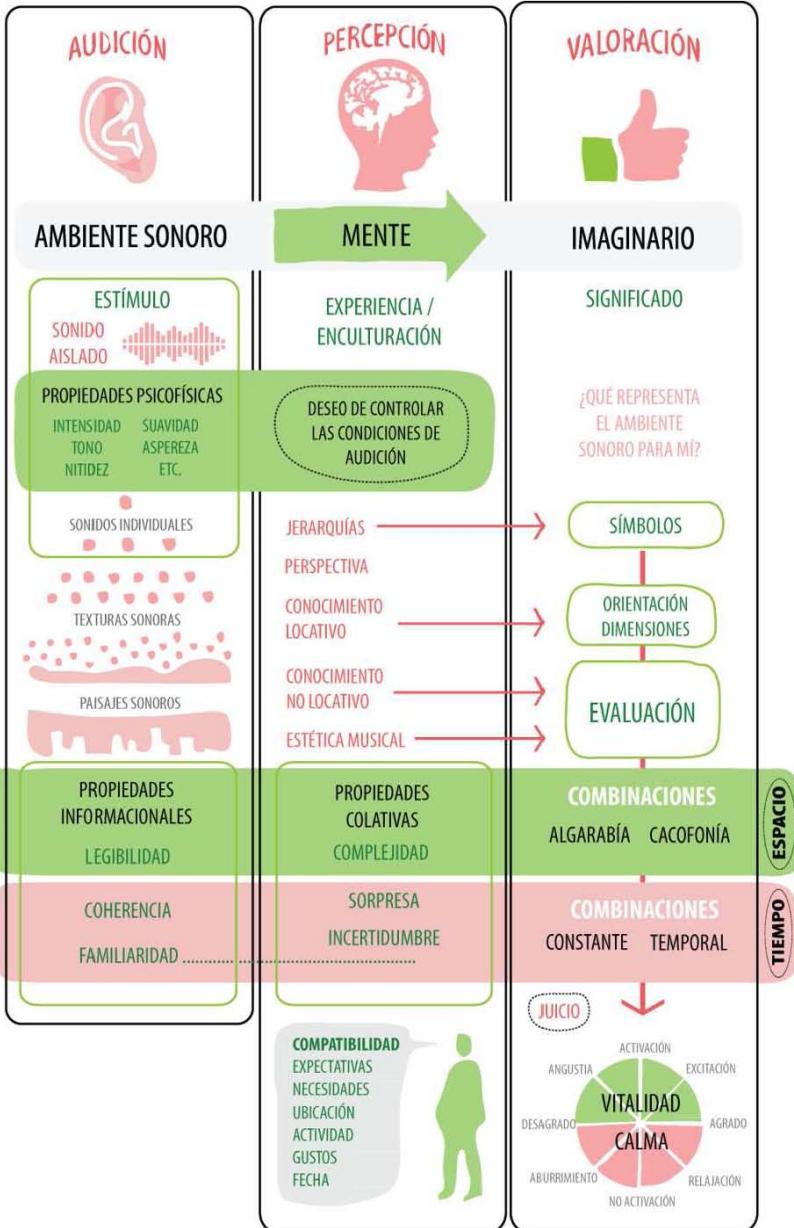
- Los sonidos se desenvuelven en el tiempo siguiendo patrones que se perciben como constantes (*flat-line*) o temporales (efímeros).

- › Los auditantes están condicionados por experiencias individuales y un proceso de enculturación, que definen su compatibilidad con el paisaje (a partir de sus expectativas, necesidades y gustos personales).

- › Los auditantes experimentan el paisaje sonoro de forma activa, pues tienen la capacidad de moverse dentro de un contexto espacio-temporal y así modifican su forma de escuchar: se ubican a cierta distancia a los sonidos, se encuentran en un momento determinado del día, desarrollan una actividad específica mientras escuchan el paisaje, etc.

- › Los auditantes desean tener control sobre la forma de escuchar.

- › Los auditantes responden mediante dos dimensiones emocionales: calma (*calmness*) y vitalidad (*vibrancy*). La respuesta de vitalidad o calma depende de la organización de los sonidos (cacofonía-algarabía) y sus cambios en el tiempo.



# SIGNIFICACIÓN DEL PAISAJE

El paisaje sonoro está conformado por entidades que hacen referencia a significados: los sonidos constituyen signos, señales y símbolos acústicos.

Mientras un signo es cualquier representación de una realidad física, una señal es un estímulo con un significado específico que generalmente impulsa una respuesta directa. Por otra parte, un símbolo implica más que su significado obvio e inmediato, pues tiene un aspecto inconsciente que no es posible precisar.

Los arquetipos son símbolos que comparte toda la humanidad, por ello suponen un importante recurso al que apelen todas las artes. Pero incluso los símbolos sonoros asociados a arquetipos sufren modificaciones con el paso del tiempo. La cercanía del hombre a las referencias repercute en su valoración del estímulo; por ejemplo, conforme el humano aleja su hábitat de los paisajes del mar y el bosque, la preferencia estética por los elementos naturales aumenta. De hecho, es posible que la nostalgia juegue un papel tan importante en nuestra valoración, que toda memoria sonora cobre un significado positivo en nuestra percepción.

Las neurociencias han permitido estudiar la universalidad de los contenidos semánticos en los mecanismos de percepción auditiva, particularmente sobre el material musical. En un experimento,<sup>32</sup> se mostraron piezas musicales de Occidente a dos conjuntos de

---

<sup>32</sup> Thomas Fritz, P. Schmude, S. Jentschke, A. Friederici y S. Koelsch, "From Understanding to Appreciating Music Cross-Culturally", *PLoS ONE* (septiembre 2013).

participantes, un grupo étnico del norte de Camerún y otro grupo conformado por occidentales, y se solicitó a cada uno de ellos que relacionara las piezas con significados “icónicos” como lucha, río, etc. Las asociaciones semánticas entre ambos grupos variaron considerablemente, sugiriendo que los significados están fundamentalmente definidos por la enculturación. Dentro de cada grupo las asociaciones semánticas fueron consistentes, y aquellos cameruneses para quienes la música occidental era nueva, pero cuyos perfiles de asociación se asemejaban a los perfiles de asociaciones occidentales, tuvieron una mayor apreciación de los significados “icónicos” de la música de Occidente. Hasta cierto punto, se confirmó que los significados en la música siempre son reestructurados por las experiencias culturales e individuales.

Consecuentemente, la identidad de un paisaje se construye a partir de las prácticas sociales y expresiones culturales de sus auditantes. Cuando el sonido adquiere un contenido simbólico, deviene un fenómeno social: forma vínculos dentro de las comunidades y permite significar el espacio. Desde este enfoque, se hace posible valorar al sonido como patrimonio inmaterial y a los ambientes sonoros como tejidos de identidad y memoria.

El paisaje sonoro manifiesta las condiciones idiosincráticas del grupo que lo produce: sus sonidos, además de funcionar como soporte de un mensaje, externan una emotividad que indica el sentir colectivo, y por lo tanto, pueden llegar a conformar signos de afinidad. Por ejemplo, la música tiene una extraordinaria facultad para organizar la emoción, lo cual la rinde un sistema capaz de rebasar patrones lineales y le permite vincular grupos de personas bajo una misma visión del mundo. Por ello,

no parece accidental el hecho de que las expresiones de contracultura juvenil suelen articularse firmemente alrededor de la música.<sup>33</sup>

La construcción de símbolos identitarios a partir del sonido se puede ilustrar también con un ejemplo de nuestra historia: el Grito de Independencia,<sup>34</sup> que al marcar el mítico origen fundacional del Estado actual, se distingue como emblema nacional e hito sonoro de simbolismo “sagrado” para todos los mexicanos. Debido a su importante significación cívica, el grito ha encarnado tradicionalmente el amor a la patria, además de funcionar como catalizador de movimientos políticos y actos de resistencia.

---

<sup>33</sup> Erik Davis, “Acoustic Cyberspace,” (conferencia presentada en *Xchange*, en Riga, Latvia, noviembre, 1997).

<sup>34</sup> PISTA 6. Grito de independencia en el zócalo de la Ciudad de México, 2010.

## NUEVAS FORMAS DE ESCUCCHAR

El paisaje sonoro es un fenómeno dinámico, que evoluciona constantemente. El mundo que hoy habitamos tiene un ambiente acústico único, colmado de sonidos que provienen de nuestra particular forma de diseñar, modificar y ocupar el espacio. La vida moderna genera ambientes sonoros que nunca antes habían existido, y en respuesta, conductas humanas surgen continuamente para adaptarse a la nueva realidad.

Como parte de estas respuestas, han surgido propuestas artísticas que señalan e impulsan la transformación de nuestra forma de escuchar. Los artistas contemporáneos han redibujado los límites de la música, y el Arte sonoro ha prosperado bajo el reclamo de escuchar con nuevo interés lo que nos rodea.

Los futuristas italianos arrojaron luz al concepto del ruido, incluyéndolo dentro del conjunto de sonidos que conforman la materia prima del músico. Sus exploraciones,<sup>35</sup> que implicaban la búsqueda de una estética más violenta y la construcción de nuevos instrumentos estridentes, supusieron el reconocimiento de un paisaje sonoro diferente al que había nutrido a las generaciones anteriores de compositores.

Más tarde surgieron otras propuestas para abordar el ruido en la música. Edgar Varèse, por ejemplo, se inspiró en los sonidos modernos para soñar con un nuevo panorama sonoro.<sup>36</sup> Desde comienzos del siglo XX imaginó una música sintetizada, generada mediante instrumentos con

---

<sup>35</sup> PISTA 7: *Veglio Di Una Città*, Luigi Russolo (1913).

<sup>36</sup> PISTAS 8 y 9: *Hyperprism* (1922) y *Déserts*, Edgard Varèse (1950-1954).

número ilimitado de frecuencias, sin subdivisión temperada de la octava ni límites en su registro. Fantasé con una música de complejidad rítmica e intensidades inusitadas, que se valoraría a partir del tratamiento de los timbres y del manejo del sonido en el espacio, sentando los precedentes del lenguaje de la música electroacústica de las décadas posteriores.



**FIG. 27.** LUIGI RUSSOLO Y SU ORQUESTA DE INSTRUMENTOS "ENTONA-RUIDOS" (1913).

Un paso significativo en esta evolución ocurrió gracias a Pierre Schaeffer y su Grupo de Investigación de la Música Concreta (GRMC por sus siglas en francés), cuyos estudios innovadores de la tipomorfología del

sonido y experimentos con grabaciones llevaron a la formulación de una “música concreta”. Ésta música parte de la manipulación de sonidos registrados (es decir, la labor de composición es posterior a la aparición y grabación de los sonidos), en oposición a la “música abstracta” que ha sido típicamente preconcebida por un compositor y posteriormente ejecutada por intérpretes que producen los sonidos.

La escuela de Pierre Schaeffer cuestionó la oposición entre ruido y sonido, sosteniendo que el ruido no es una imperfección sino parte natural de la música, evitando así la jerarquización de uno sobre otro.

Además, en su *Traité des objets musicaux*,<sup>37</sup> Pierre Schaeffer aportó nuevos criterios para el estudio aural, como la diferencia entre tres posiciones de escucha: la escucha causal donde el sonido funciona como un índice (el oído se dirige a identificar la causa que produce el sonido); la escucha semántica donde el oído busca comprender un mensaje (no interesa el sonido en sí mismo, sino como soporte material de un discurso, como en el lenguaje); y la escucha reducida, donde se comprende al sonido como un objeto de observación en sí mismo y nos interesamos por sus cualidades intrínsecas.

La labor del grupo de Pierre Schaeffer llevó en paralelo la investigación de corte científico sobre las cualidades intrínsecas del sonido (campo de estudio inexplorado hasta ese momento) y su aplicación creativa en la música. Analizaron múltiples grabaciones de sonidos descontextualizados y definieron sus cualidades básicas, explicando parámetros como la envolvente de amplitud. Produjeron nuevos sonidos mediante la manipulación de dichos parámetros en grabaciones, e inmediatamente

---

<sup>37</sup> Pierre Schaeffer, op. cit.

los emplearon en composiciones como *Études aux chemins de fer*<sup>38</sup> y *Étude aux casseroles*<sup>39</sup> de Schaeffer (1948), o *Symphonie pour un homme seul*<sup>40</sup> de Pierre Henry y Schaeffer (1950).

Las innovaciones planteadas en la música requirieron, en algunos casos, una directa respuesta espacial que lograra satisfacer sus inquietudes acústicas. François Bayle, sucesor de Schaeffer como director del GRMC (entonces rebautizado bajo las siglas GRM –*Groupe de recherches musicales*), ideó la música acusmática, que suprimía la figura tradicional del intérprete para dar paso a una música invisible, compuesta en cinta magnética. La reproducción se efectuaba mediante un nuevo instrumento: el acusmónium, un foro conformado por decenas de altavoces que permiten “espacializar” la música. El concepto fue explorado en composiciones de Jean-Étienne Marie, Bernard Parmegiani y Christian Zanési.

Karlheinz Stockhausen desarrolló un concepto afín en la década de 1950, a través de las piezas *Gruppen* y *Carré*<sup>41</sup> compuestas para diferentes conformaciones espaciales, definidas por la ubicación del público en relación con 3 o 4 orquestas simultáneas. También exploró el uso de planos espaciales en piezas como *Kontakte* (1958), donde interactúan ejecutantes de percusiones y piano con grabaciones en cinta.

---

<sup>38</sup> PISTA 10. *Études aux chemins de fer*, Pierre Schaeffer (1948).

<sup>39</sup> PISTA 11. *Étude aux casseroles*, Pierre Schaeffer (1948).

<sup>40</sup> PISTA 12. *Symphonie pour un homme seul*, Henry y Schaeffer (1950).

<sup>41</sup> PISTA 13. *Carré*, Karlheinz Stockhausen (1950)



**FIG. 28.** ACUSMONIUM: ORQUESTA DE ALTAVOCES DISEÑADA POR FRANCOIS BAYLE (1974).

El trabajo de Luc Ferrari, compositor francés y pionero de la electroacústica, manifiesta una renovada manera de escuchar el ambiente sonoro de la naturaleza. Realizó obras a partir del registro y la manipulación de sonidos ambientales que conforman paisajes sonoros específicos. Por ejemplo, en *Presque Rien*<sup>42</sup> (1964) el paisaje característico de una playa, auténticamente compuesto por elementos como el oleaje del mar, los grillos y la brisa marina, es reconstruido mediante la suma de las grabaciones individuales de cada uno de dichos elementos. Sin embargo, la composición se desenvuelve paulatinamente hasta evidenciar su artificialidad: los elementos se ordenan para conformar un

---

<sup>42</sup> PISTA 14. *Presque Rien*, Luc Ferrari (1964).

ritmo regular, anómalo en la naturaleza, y el sonido del viento se disloca espacialmente al cambiar la ubicación de su fuente de emisión. Así, el compositor sugiere que la definición de música se puede extender a todo universo sonoro, incluyendo los paisajes ajenos a las salas de conciertos.

Al observar la diversidad de manifestaciones musicales reconocemos que el material sonoro se puede afrontar desde distintas perspectivas. Estudiada como sonido externo a nuestro cuerpo, la música se torna una manifestación de la naturaleza sujeta a leyes de la lógica, de la cual somos receptores e indagadores. Comprendida como sonido interno, nos coloca en el rol de emisores que la utilizamos como medio para externar nuestra subjetividad y emoción.

Concebir el paisaje sonoro como una construcción musical (en calidad de sistema interactivo de sonidos) conlleva la existencia de un compositor.

El diseñador acústico debe asumir este rol cuando percibe su capacidad para intervenir el mundo sonoro.

Un compositor dispone sólo del material sonoro que existe en su momento histórico. Incluso para proyectar paisajes imaginarios recurre únicamente a lo que sus oídos conocen. Por consiguiente, como auditante de un territorio sonoro dinámico que continuamente transforma su repertorio de sonidos, debe estar atento a nuevas experiencias auditivas y adaptar su forma de escuchar. Tanto la evolución del paisaje sonoro como la manera de interpretarlo, transforman su sensibilidad musical y expanden su repertorio sonoro, permitiendo que conciba ideas diferentes a las elaboradas por generaciones anteriores. Así, las manifestaciones musicales devienen depositarias de las formas de escuchar los paisajes sonoros de la historia.

## PAISAJES EN EL TIEMPO

La antigua concepción del sonido como manifestación divina, y la moderna producción indiscriminada de sonidos despreciables, están separadas por un cambio radical en la mentalidad de la humanidad. Es evidente que nuestra forma de relacionarnos con el sonido ha variado a lo largo de la historia. Estudiar los paisajes con los cuales la humanidad ha interactuado permite comparar sus diferentes actitudes hacia el sonido y reconocer los elementos que le han resultado más significativos.

## NATURALEZA

El agua es un elemento universal en el imaginario sonoro de la humanidad. La íntima relación entre el agua y el comienzo de la vida, tanto en el origen filogenético como en el ontogénico del ser humano, explica la importancia y permanencia de sus sonidos como referencia arquetípica dentro del vasto repertorio sonoro de la naturaleza. El agua ofrece una rica variedad de sonidos, y todos ellos denotan significados específicos.

Cada mar brinda características distintivas a su paisaje sonoro, a tal grado que el agua de cada costa puede ser identificada por sus auditantes como nota tónica del sitio.<sup>43</sup> Cada río posee también particularidades sonoras, e incluso la lluvia varía su sonido de acuerdo con la ubicación geográfica y el clima. La nieve, aunque siempre comporta silencio debido

---

<sup>43</sup> PISTA 15. Paisaje sonoro de la playa de Beach Cove en Carolina del Norte, E.U.A.

a sus propiedades de absorción, también modifica sus cualidades sonoras dependiendo de la temperatura, tornándose más o menos silenciosa.<sup>44</sup> El silencio propio de las zonas con nieve constituye un elemento con el cual se identifican las comunidades que las habitan. Su temperamento austero, imperturbable y solitario nutre las mitologías que dan sentido a su existencia.<sup>45</sup>

Los sonidos de la naturaleza pueden constituir más que solamente notas tónicas; cuando tienen un carácter original, como los volcanes de Islandia o los géiseres de Nueva Zelanda, llegan a formar “hitos” que rinden irreplicable a un paisaje sonoro. Alrededor de un imaginario sonoro, los grupos construyen tradiciones para explicarse y configurarse a sí mismos. Es decir, se afirman culturalmente partir de una característica acústica distintiva de su sitio.

Hubo tiempos en que las civilizaciones aprovecharon con mayor intensidad la riqueza de datos que el sonido proporciona. Los humanos cuya supervivencia dependía del oído entrenado, eran capaces de reconocer las sutiles diferencias que distinguen a un paisaje sonoro de otro similar. Las variaciones que produce el paso del viento entre distintas especies de árboles son prácticamente imperceptibles para un oído convencional moderno, sin embargo, para las comunidades con un entrenamiento aural era posible obtener información vital de dichas sutilezas.

---

<sup>44</sup> PISTA 16 y 17. Paisaje sonoro de lluvia en un ambiente suburbano de Seattle, Washington, E.U.A. Paisaje sonoro de una breve lluvia en Wallowa-Whitman National Forest, Oregon.

<sup>45</sup> PISTA 18. Paisaje sonoro del desierto de Carbon County, Utah, durante una nevada.

En aquellas civilizaciones que adoraban a la naturaleza y reconocían en ella la última fuente de divinidad, las pautas sonoras del paisaje natural adquirieron una dimensión sagrada. Los sonidos que se erigieron como las voces de los dioses para comunicarse con los mortales fueron, naturalmente, aquellos suficientemente espectaculares para superar la cotidianidad del paisaje sonoro (y también los más difíciles de imitar por los humanos, debido a su formidable intensidad y carácter).<sup>46</sup> Dichas referencias sonoras se integraron al conjunto de símbolos divinos que dictaban la forma de vivir, y el hombre, para trascender de su existencia mundana, intentó reproducirlas con sus propios medios.

Schafer se apoya en Lévi-Strauss para establecer una correspondencia directa entre sacralidad y estruendo dentro de las civilizaciones no industriales. Alega que los sonidos más intensos se reservaban para los momentos rituales, destacándose del continuo silencio de la cotidianidad. Los impresionantes sonidos estruendosos del trueno, las erupciones volcánicas y las batallas, tienen en común un trasfondo escatológico: nos acercan a la muerte o a Dios mediante sus manifestaciones en nuestro mundo o hierofanías.<sup>47</sup>

La humanidad ha utilizado esta asociación simbólica para estremecer a sus enemigos durante las guerras, con el empleo de gritos, tambores y cañones,<sup>48</sup> y para impresionar a los fieles en liturgias religiosas mediante coros, campanas y órganos. En conclusión, es posible reconocer una relación entre la sacralidad y el sonido, si bien no a partir de la intensidad,

---

<sup>46</sup> PISTA 19. Paisaje sonoro de Nye Beach, Oregon, con trueno.

<sup>47</sup> Mircea Eliade, *Lo sagrado y lo profano* (España: Paidós Ibérica, 1957), 14-52.

<sup>48</sup> Tácito describe el intimidante canto germano "baritus", que consistía en un coro ronco amplificado por los escudos de guerra, simulando un rugido.

por aquella cualidad excepcional que lo destaca del paisaje sonoro cotidiano. Su excepcionalidad permite que la señal sonora mute para devenir un hito sonoro sagrado.

Bajo un concepto diferente, el canto de las aves también ha cautivado al hombre y nutrido su imaginario sonoro. Los pájaros construyen un estímulo sonoro generalmente placentero, y en ocasiones su dominio del paisaje es tal que llega a constituir una tonalidad<sup>49</sup> que identifica al panorama sonoro de todo un territorio.

Las aves usan su canto para diversos fines, entre los cuales se reconocen funciones de conquista, llamados de alarma, llamados al nido, llamados de alimentación y llamados territoriales. Al definir límites territoriales mediante el sonido, éstos llamados manifiestan también una idea de espacio acústico.

A pesar de los esfuerzos por imitar sus melodías,<sup>50</sup> los recursos a disposición del humano son limitados en comparación con los complejos cantos de las aves. El misterio que rodea a sus vocalizaciones hace evidente la incapacidad del lenguaje musical humano para representar fielmente el mundo sonoro de la naturaleza.

Otro elemento que resalta dentro de los paisajes sonoros de la naturaleza es la familia de sonidos provenientes de los insectos. Éstos producen sonidos mediante diferentes mecanismos, por esta razón existe una gran variedad de señales derivadas de este grupo de animales. La

---

<sup>49</sup> PISTA 20 y 21. Paisaje sonoro de Antelope Island en Bridger Bay, Utah, con gaviotas californianas (*Larus californicus*). Paisaje sonoro de San Pedro Sula, Honduras, con varias aves (*Rupornis magnirostris*, *Psilorhinus morio*, *Amazona albifrons*, *Pitangus sulphuratus* y *Psaurocolius montezuma*).

<sup>50</sup> PISTA 22 y 23. *El mirlo negro* (1952) y *Catálogo de aves* (1958), Olivier Messiaen.

anatomía de sus alas permite la producción de movimientos dentro del rango de frecuencias de 4 a 1100 golpes por segundo, que generan vibraciones con alturas musicales identificables. La abeja, por ejemplo, produce aproximadamente una nota  $la_4$  (440 Hz) cuando aletea libremente, o un  $mi_4$  (330Hz) si vuela cargada de miel. La mosca común aletea 352 veces por segundo, generando la nota  $fa_4$ , y el abejorro 220 veces, produciendo un  $la_3$ .



**FIG. 29.** ALTURAS TONALES TÍPICAS QUE PRODUCEN LOS INSECTOS DURANTE SU VUELO.

El oído humano consigue identificar la impresión “estática” (*flat-line*) que causan los sonidos continuos repetidos en patrones monótonos, como aquellos de los insectos. Despiertan una sensación de artificialidad, característica de los motores, que la Revolución Industrial ha extendido y convertido en una cualidad prevaleciente del paisaje sonoro urbano. A pesar de la artificialidad que invoca la monotonía de las melodías de los insectos, los sonidos producidos por seres vivos son dinámicos: responden a ciclos naturales, aumentan su complejidad al sumarse en comunidades, tienen una diversidad infinita y pueden expresar matices con los cuales el humano se identifica.

## CAMPO Y CIUDAD

Existen dos calidades en los paisajes sonoros: de alta definición y de baja definición. Los paisajes sonoros de “alta definición” (*hi-fi*) se caracterizan por poseer un bajo nivel de interferencias ambientales, lo cual permite la clara escucha de todos sus elementos. En estos paisajes se facilita la percepción de sonidos a la distancia (así como la percepción de la distancia misma), y como consecuencia, de la perspectiva. En el paisaje sonoro de baja definición, por el contrario, las señales acústicas se confunden dentro del denso conjunto de sonidos. Se puede esperar que un contexto rural presente mayor definición que uno urbano, y uno nocturno mayor que uno diurno, pero cada panorama presenta cualidades individuales.

En un paisaje sonoro con poca variación (como el rural, en comparación con el urbano) existe mayor cantidad de tónicas, porque los sonidos recurrentes se vuelven habituales y pasan a formar parte del carácter distintivo del paisaje.

El paisaje bucólico conforma uno de los primeros arquetipos sonoros que pueden arrojar información sobre las connotaciones simbólicas del sonido. En la música, este paisaje suele condensarse en el timbre de la flauta (cuyo carácter fue heredado después a otros aerófonos como la chirimía, la gaita y el oboe), el instrumento melódico más antiguo de la humanidad. Se asocia semánticamente con la naturaleza, lo silvestre, lo aldeano y el estilo de vida de las sociedades pre-industriales. En piezas de música orquestal, los compositores aprovechan estos lazos semánticos y

utilizan dichos instrumentos cuando desean hacer referencia a escenas rurales o personajes pastorales.<sup>51</sup>

Otro ejemplo arquetípico lo constituye el corno. Su uso histórico como medio de comunicación durante la caza y la guerra marcan su simbolismo, dotándole de un valor heroico y potente. Una vez más, sus herederos del timbre, como la trompeta metálica, acogen también parte del simbolismo.<sup>52</sup> En este caso se evidencia la compleja asociación entre sonido y simbolismo, donde las cualidades intrínsecas del sonido no definen un significado concreto, pero influyen directamente en su uso dentro de situaciones específicas. El corno no presenta por sí mismo cualidades acústicas que lo relacionen semánticamente con las actividades de guerra; sin embargo, su potencia y carácter penetrante lo convierten en un medio funcionalmente ideal para comunicarse durante las situaciones bélicas, donde el nivel sonoro del ambiente es muy elevado.

La historia asocia al objeto que produce el sonido con la experiencia de escucharlo en determinado contexto, y fija en la memoria colectiva un simbolismo que puede transferirse, ya sea a otro sonido con características similares (tono, envolvente de amplitud, intensidad), o bien a un nuevo objeto que desempeñe la misma función del objeto original.

La corneta de posta, empleada para anunciar la salida y llegada de transportes locales, utilizaba un sistema preciso de códigos para indicar el tipo de correo trasladado.<sup>53</sup> Su simbolismo, sin embargo, no tiene que ver con la semántica de dicho sistema sino con su función como elemento

---

<sup>51</sup> PISTA 24: *Preludio a la siesta de un fauno*, Claude Debussy (1894).

<sup>52</sup> PISTA 25: *The Imperial March*, John Williams (1980).

<sup>53</sup> Schafer, *The Soundscape*, 47.

centrípeta: su sonido representa la llegada de objetos deseados del exterior. Los herederos de la corneta de posta son la corneta y el fliscornio, instrumentos musicales con pistones que ofrecen la capacidad de tocar melodías a diferencia de las primeras trompetas. Su carácter cálido y dulce les confiere un *color* melancólico, acaso relacionado con el recuerdo de la emotividad que despertaba su predecesora.<sup>54</sup>

Podemos aventurarnos a reconocer los ritmos propios de un paisaje dentro de los ritmos de los estilos musicales de esa región.<sup>55</sup> La canción popular afroamericana, por ejemplo, estaría nutrida por los ritmos del trabajo en el campo. Esta teoría es valiosa como ejemplo de obtención de información simbólica y etnológica a partir de la música perteneciente a situaciones sociales concretas, pero es apenas una conjetura. Reconocemos que el ritmo musical consigue reflejar la velocidad de un estilo de vida, pero no indica de ninguna manera una situación definitiva y generalizada de toda una sociedad.

El carácter de un paisaje sonoro también está definido por los materiales de la región. Las tónicas del paisaje provienen de distintas fuentes; sin embargo, la preponderancia de un material implica la producción de ciertos sonidos, y de manera más importante, condiciona la forma en que se comportan en el espacio. Las superficies donde los sonidos inciden presentan distintas condiciones de absorción y reflexión,

---

<sup>54</sup> PISTA 26: *Sinfonía no. 3 en re menor, 3er movimiento*. Gustav Mahler (1902).

<sup>55</sup> Howard Broomfield, Max Haymes y Eugene Marlow señalan la presencia de los ritmos de los trenes en el jazz, blues y bluegrass. Citados por Eugene Marlow, 27 de enero 2014, comentario sobre "The Influence of Transportation Technologies on Popular Culture", The Marlowsphere Blog (sitio web), consultado el 15 de abril de 2014, <http://www.eugenemarlow.com/2014/01/27/the-influence-of-transportation-technologies-on-popular-culture>.

modificando los parámetros de duración, timbre y reverberación, y como consecuencia, alterando la percepción del receptor. Con la Revolución Industrial, nuevos materiales como el acero, el vidrio y el concreto proliferaron y modificaron las cualidades acústicas de los paisajes urbanos en todo el mundo.

Encima, los músicos callejeros y pregoneros desarrollaron un papel controversial en los primeros paisajes urbanos. Cuando la música se transportó de las calles a las salas cerradas, el arte callejero sufrió un cambio de valoración y comenzó a representar un serio inconveniente para los auditantes, tanto así, que en ciudades de Inglaterra y Alemania se aplicaron políticas desde el siglo XIX para eliminar de forma definitiva su presencia. Sin embargo, para principios del siglo XX, la nostalgia comenzaba a provocar aflicción en los auditantes por la desaparición de los sonidos que habían caracterizado estos entornos por décadas.

Específicamente, en las políticas de abatimiento de ruido se hace explícito un criterio de calificación de los elementos que conforman el paisaje sonoro. Con una evaluación dicotómica, se clasifican los sonidos como indeseados (ruido) o admisibles. Los sonidos indeseados se distinguen generalmente por una intensidad que resulta fatigante debido a su magnitud en comparación con el nivel sonoro general del paisaje, pero implican también una incongruencia entre la función a la que sirven y las necesidades de la comunidad. Cuando un sonido representa una necesidad de los auditantes, es admitido dentro del paisaje, y cuando su utilidad caduca, se prescinde de él. Como vimos en el ejemplo de Inglaterra y Alemania, las legislaciones antiguas poseían un sistema selectivo del cual carecen las políticas actuales, que establecen parámetros únicamente cuantitativos para definir al ruido.

La importancia del ruido como factor de contaminación ambiental se intensificó durante la década de 1960, cuando surgieron los grandes movimientos ecologistas en respuesta al impacto de la rápida expansión urbana. Durante esta época, los esfuerzos se dirigieron a la creación de regulaciones jurídicas y al control del ruido mediante aislamiento acústico.

En la década posterior se buscó identificar relaciones cuantitativas entre las características físicas del ruido y las respuestas humanas, concretamente de molestia. Se especificaron niveles y umbrales de exposición al ruido, pero se observó que la intensidad no es la variable exclusiva que define la relación entre ruido y molestia, pues un ambiente saturado de sonido puede valorarse tan negativamente como uno con nula estimulación sonora. Se descubrió que la definición de ruido depende de factores tanto físicos como psicosociales, contextuales, simbólicos y emocionales.

En la década de 1980 se comenzaron a investigar mecanismos para considerar la problemática sonora en la planificación urbana, definiendo algunos criterios cualitativos para la calidad acústica ambiental, como su legibilidad, familiaridad y relación con el contexto. Sin embargo, en las legislaciones vigentes<sup>56</sup> continúan regulándose únicamente los límites máximos permisibles de nivel sonoro y no se consideran estas importantes cualidades del sonido. De hecho, en las normas actuales tampoco se consideran otros parámetros objetivos como la frecuencia y duración de los sonidos.

---

<sup>56</sup> En la República Mexicana, las regulaciones jurídicas están recogidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994(modificada en abril del 2013), donde se establecen los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

Los límites permisibles en México varían de acuerdo con tres condiciones: actividad generadora del sonido, las zonas en las cuales puede producirse (correspondientes a los usos de suelo) y los horarios en los cuales puede generarse. En España, la legislación sobre el ruido es más exhaustiva y sus parámetros pueden servir como punto de partida para desarrollar una política de abatimiento del ruido más eficaz. En su norma vigente se diferencian áreas acústicas (en atención al uso predominante del suelo) con objetivos de calidad acústica particulares que dependen del grado de exposición de la población, la sensibilidad de la fauna y de sus hábitats, y el patrimonio histórico expuesto. Además se definen tipos de emisores acústicos, se delimitan zonas de servidumbre acústica (como áreas de aeropuertos o de obras de infraestructura) que quedan exentas de la ley, se estipula la creación de reservas de sonidos de origen natural (en las que la contaminación acústica producida por la actividad humana no perturbe dichos sonidos y donde se lleven a cabo planes de conservación de sus condiciones acústicas), se prevé la delimitación de zonas de protección acústica especial en aquellos territorios donde se incumplan los objetivos de calidad acústica, y se proyecta la mejora acústica progresiva del medio ambiente en dichas zonas. Las infracciones y sanciones están claramente concertadas, y las disposiciones se apoyan en una cartografía sonora detallada.<sup>57</sup>

Es necesario transitar hacia una legislación sonora más amplia que no sólo garantice la salud y armonía de la población, sino que reconozca el derecho a un espacio acústico personal, que regule los territorios acústicos y valore al sonido como patrimonio cultural.

---

<sup>57</sup> Ley 37/2003 de 17 de noviembre, Ruido (Ministerio de fomento, Gobierno de España, 2003).

## ERA DE DENSIDAD

Con la llegada de las Revoluciones Industrial y Tecnológica, el mundo conoció una enorme variedad de sonidos y formas de transmisión informática insólitas, que rápidamente colmaron el repertorio del entorno acústico. Además de un aumento de la densidad sonora, las revoluciones trajeron nuevos efectos y niveles de intensidad que aportaron nuevos simbolismos e identidades.

La intensidad está asociada al poder, dada su capacidad de dominar el espacio acústico. Se puede revisar el recorrido histórico que ha seguido el simbolismo de los “grandes sonidos”, al transferirse desde los poderosos rugidos de la naturaleza a los de la guerra, y de éstos a los objetos religiosos como la campana y el órgano. Posteriormente, la maquinaria industrial introdujo nuevos sonidos estridentes en los cuales se depositó el simbolismo de poder, esto perpetuó el esquema donde la clase dominante ejerce el derecho de emitir los mayores niveles sonoros.<sup>58</sup>

Los sonidos estáticos son distintivos de la era industrial, pues son un producto común de la maquinaria, que puede perpetuar un movimiento continuo más allá de los ritmos biológicos. Como consecuencia, los sonidos estáticos implican un carácter artificial. Son profusos en el paisaje urbano, lo sumen en tónicas permanentes con poca personalidad y lo dotan de una importante cantidad de ruido que dificulta la escucha eficiente. Por esta razón, los paisajes urbanos actuales ofrecen pocas referencias espaciales y sentido de perspectiva.

---

<sup>58</sup> Schafer, *The Soundscape*, 77.

El advenimiento del teléfono, el fonógrafo, la radio, y posteriormente el internet, ha ocasionado que el sonido se disloque espacialmente. La fuente emisora ya no corresponde al punto original donde se produce el sonido, puesto que el fenómeno de sonar ya no es único en el tiempo ni en el espacio.

Las tecnologías descubrieron también el uso del sonido como analgésico, a través de “muros sonoros” que enmascaran las distracciones indeseadas del ambiente, pues la continua reproducción de sonidos grabados permite formar barreras físicas que delimitan y aíslan espacios acústicos.

Quizás el mayor impacto de los medios electrónicos se ha producido en el imaginario sonoro colectivo. La tecnología musical electrónica ha abierto un campo de nuevas posibilidades sonoras. Durante el siglo XX, los instrumentos como el *theremin*, el *ondes martenot* y el sintetizador, junto con las tecnologías para la grabación y reproducción sonora, ofrecieron parámetros auditivos que nunca antes se habían experimentado. En la cultura popular, los nuevos sonidos encontraron asociaciones cósmicas, psicodélicas y extra-humanas, y la música electrónica descubrió estructuras de interacción sonora que no se suscribían a las narrativas musicales tradicionales. Sus implicaciones espaciales se pueden percibir a través del despliegue de insólitos paisajes sonoros en varios ámbitos, como: las bandas sonoras para películas, específicamente dentro del género de ciencia ficción y todas sus subcategorías;<sup>59</sup> la música jamaicana del género Dub,<sup>60</sup> que confecciona

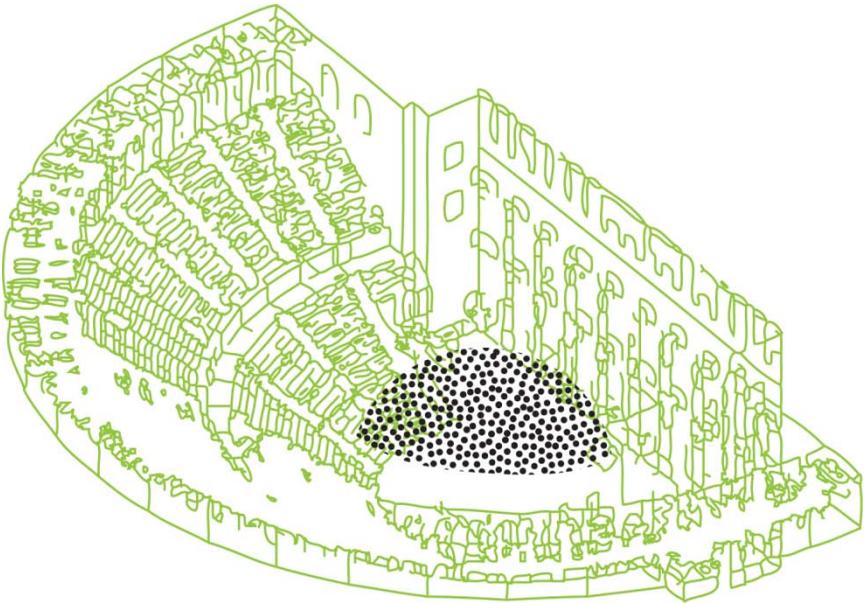
---

<sup>59</sup> PISTA 27: *Sci-Fi Sound Effects Futuristic - Future Sound FX Volume 1*, compilación por Stolting Media Group.

<sup>60</sup> PISTA 28. *Chip on fire*, Disrupt (2005).

sensaciones espaciales ficticias; o la gama de estilos musicales reunidos bajo la Psicodelia, que buscan replicar estados alterados de conciencia. A través del sonido, el humano se insertó entonces, y continúa haciéndolo, dentro de nuevos entornos virtuales.

# ESPACIOS ACÚSTICOS





A lo largo de este capítulo realizaremos una revisión, que no pretende ser exhaustiva, de rasgos concretos definidos por la acústica arquitectónica. Con ello, buscamos orientar nuestra reflexión hacia aplicaciones prácticas en la labor de diseño. Si bien hemos hecho notar que los mecanismos de interacción entre espacio y sonido que la acústica investiga resultan insuficientes para explicar la complejidad del ambiente sonoro, nos interesa incorporar sus bases científicas como punto de partida para conformar una perspectiva integral de trabajo.

Ahora bien, los parámetros de la acústica navegan dentro de una polaridad definida por el único objetivo funcional de “escuchar correctamente”. En otras palabras, la valoración del diseño acústico está tradicionalmente guiada por la referencia binaria de buena/mala audición. Nuestra meta es admitir más metas de diseño, buscando más adjetivos acústicos. Por ende, no profundizaremos aquí en las típicas (y sumamente valiosas) aportaciones que reúnen los libros especializados en acústica. En éstos, habitualmente se describen a detalle los lineamientos para el diseño apropiado de “espacios destinados a la escucha”, como salas de concierto, teatros, cines, iglesias, gimnasios o aulas, y se enumeran sistemas para controlar el ruido dentro de recintos, entre recintos, entre instalaciones y recintos, o desde exterior a interior y viceversa.

El propósito de la acústica ha sido que cada sonido deseado se vuelva audible a un nivel adecuado, con naturalidad y sin interferencias en todos los puntos del espacio. Esta tarea es, en sí misma, una empresa ardua, casi

utópica, que requiere de precisión científica, calidad constructiva, aptitud auditiva y una paciencia de artesano. No obstante, con el continuo perfeccionamiento de los métodos de evaluación, modelado y predicción acústica, podemos vislumbrar un futuro donde la arquitectura se oriente hacia lo aural. Conjuntamente, se continúan mejorando los sistemas de refuerzo sonoro (micrófonos, preamplificadores, consolas de control, equipos procesadores de señales, amplificadores y altavoces) para integrarse mejor al diseño y permitir mayor control de las condiciones acústicas.

Aunque reconocemos la utilidad de los medios de control activo para manipular el sonido (por ejemplo, los sistemas eléctricos con sensores y altavoces que se emplean para la cancelación de ruido), como arquitectos debemos comprender en primer lugar los principios pasivos, pues son éstos los que están mayormente relacionados con el diseño. A fin de cuentas, es través de la geometría y la materialidad que moldeamos el espacio y, por ende, nuestro entorno sonoro.

Como hemos observado, el sonido se puede examinar a partir de sus propiedades físicas, psicológicas y perceptuales. Los parámetros físicos de intensidad, frecuencia y envolvente de onda, que regulan los rasgos principales de cada entidad sonora, dependen de las características de la fuente y de la manera en que ésta emite la señal. Pero además, durante su recorrido hasta el oído, el sonido sufre alteraciones por la forma en que se transmite a través del entorno físico. Por esto, la conformación del espacio juega un papel trascendental en la definición del sonido y el ambiente sonoro, pues las ondas sonoras *son* la vibración del aire y de los materiales que forman un espacio.

Podríamos decir que el sonido es espacio (aire) y volumen (cuerpos) en vibración.

En el pasado, la labor de la acústica arquitectónica gravitaba alrededor del acondicionamiento de espacios construidos y del esbozo de reglas de diseño. No obstante, con la evolución de esta disciplina y el desarrollo de programas de simulación acústica de mayor potencial, ahora es posible analizar y evaluar propiedades acústicas previamente a la construcción. Con la aplicación de las herramientas adecuadas, el diseño acústico puede devenir una parte integral del proceso de diseño arquitectónico.

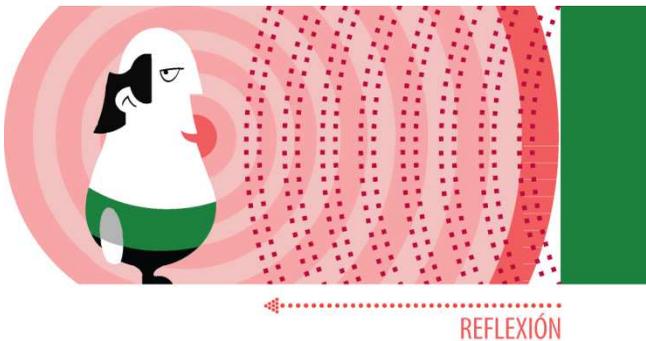
Cuando Wallace Clement Sabine intervino en la concepción del *Symphony Hall* de Boston, inauguró un paradigma de diseño. Hasta entonces, para obtener resultados acústicos se imitaban configuraciones espaciales que ya habían probado su éxito. Los esfuerzos se basaban en el empirismo y la tradición. Pero al aplicar exitosamente modelos matemáticos para figurar el comportamiento del edificio, se dejaron de reproducir arquitecturas, para dar paso a la construcción de entornos acústicos.

## ENTORNOS CERRADOS Y ABIERTOS

Toda consideración de acústica arquitectónica puede pensarse como un sistema de fuentes, recorridos y receptores de sonido. Incluso el problema más complejo puede reducirse a estos términos, y el control puede ser ejercido sobre cada elemento del sistema.

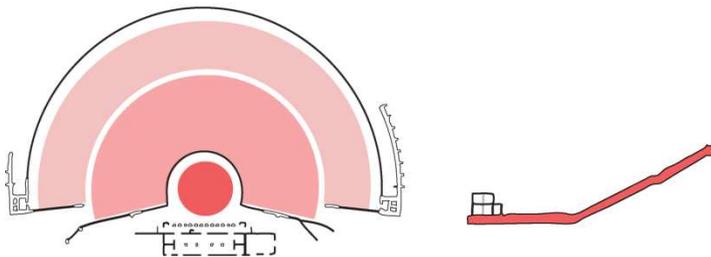
El entorno acústico es el espacio donde se desplaza el sonido. Podemos identificar dos conformaciones espaciales que afectan al sonido: espacios cerrados y espacios abiertos.

En los espacios cerrados, las alteraciones más importantes se deben a los fenómenos de reflexión sonora. Este fenómeno responde a la capacidad de las superficies para rebotar o atrapar (transformar en calor) parte de las ondas sonoras. Es necesario controlar dicho comportamiento de las ondas sobre las superficies, porque se pueden producir desfases que causen refuerzos de algunas frecuencias (aumento en la intensidad debido a una suma constructiva) o incluso su anulación (como consecuencia de una interferencia destructiva). La reflexión sonora depende de la superficie reflectora, variando según su forma y material.



En los espacios abiertos el fenómeno preponderante es la difusión sonora. Como hemos descrito, las ondas sonoras se propagan en tres dimensiones, desde la fuente de perturbación hacia todas las direcciones. En este caso, la acústica se preocupa por redirigir el sonido y focalizarlo en el área donde se va a escuchar.

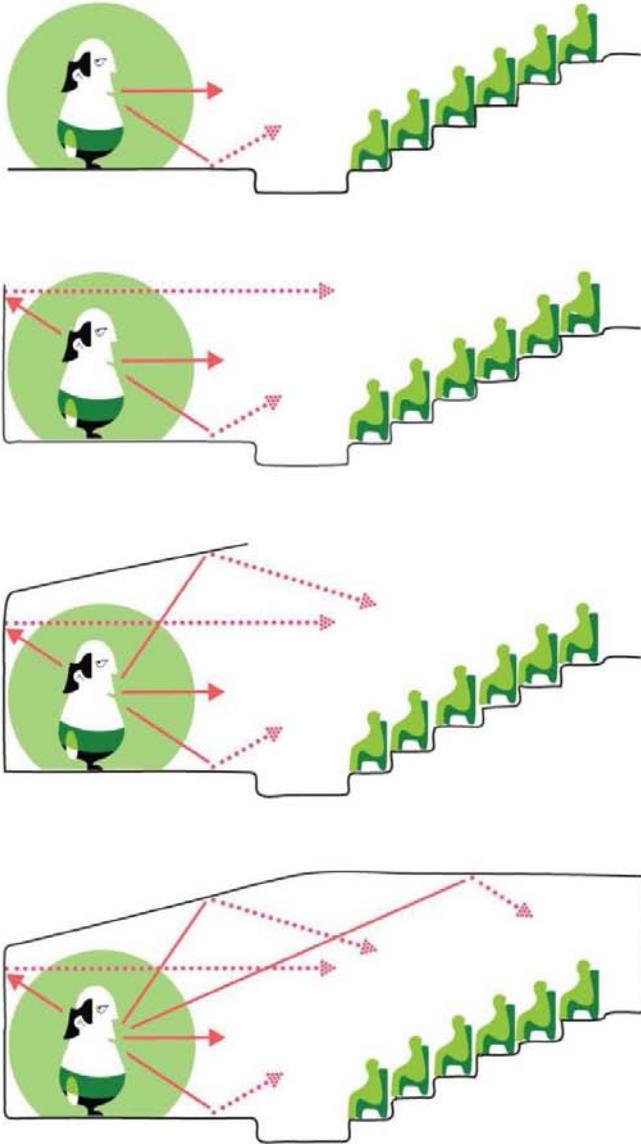
Los griegos resolvieron problemas de acústica de espacios abiertos en sus teatros al aire libre, donde aprovecharon las gradas escalonadas de espectadores como superficies reflectoras, con ello lograron que las reflexiones reforzaran el sonido directo.



**FIG. 30.** PLANTA Y SECCIÓN DEL TEATRO DE EPIDAURO CONCEBIDO POR POLICLETO EL JOVEN (S. IV A. C.), QUE SIRVIÓ COMO MODELO PARA MÚLTIPLES TEATROS GRIEGOS.

Cuando el recorrido que las ondas sonoras siguen para llegar al oído no ofrece ningún obstáculo, no se producen reflexiones y se dice que existe un campo sonoro directo. En este caso, el sonido no sufre ninguna modificación, excepto la atenuación que provoca la distancia entre el emisor y receptor.

En contraste, se llama campo reverberado o difuso a aquella zona en que el sonido llega al auditante tras haber sufrido reflexiones. El campo difuso implica una perturbación en el sonido, porque los desfases temporales de las reflexiones modifican la forma en que finalmente es



**FIG. 31.** TRANSICIÓN DE AMBIENTES ABIERTOS A CERRADOS.

distinguido. La reverberación,<sup>61</sup> consecuencia de las reflexiones sonoras, se percibe como una permanencia del sonido original después de que la fuente ha dejado de emitirlo. Cuando la reflexión sonora se aprecia como un sonido separado, se denomina eco.<sup>62</sup>

Debido a su injerencia en la modificación de los sonidos originales, la reverberación conforma un importante parámetro de calificación del comportamiento acústico de los recintos. Su efecto depende en gran parte de las dimensiones de los volúmenes arquitectónicos, pues es más notable en salas grandes que en salas pequeñas. Si manipulamos el campo reverberado de un espacio reducido para recrear la sensación acústica que provoca un lugar más amplio, modificaremos la percepción global de sus dimensiones.

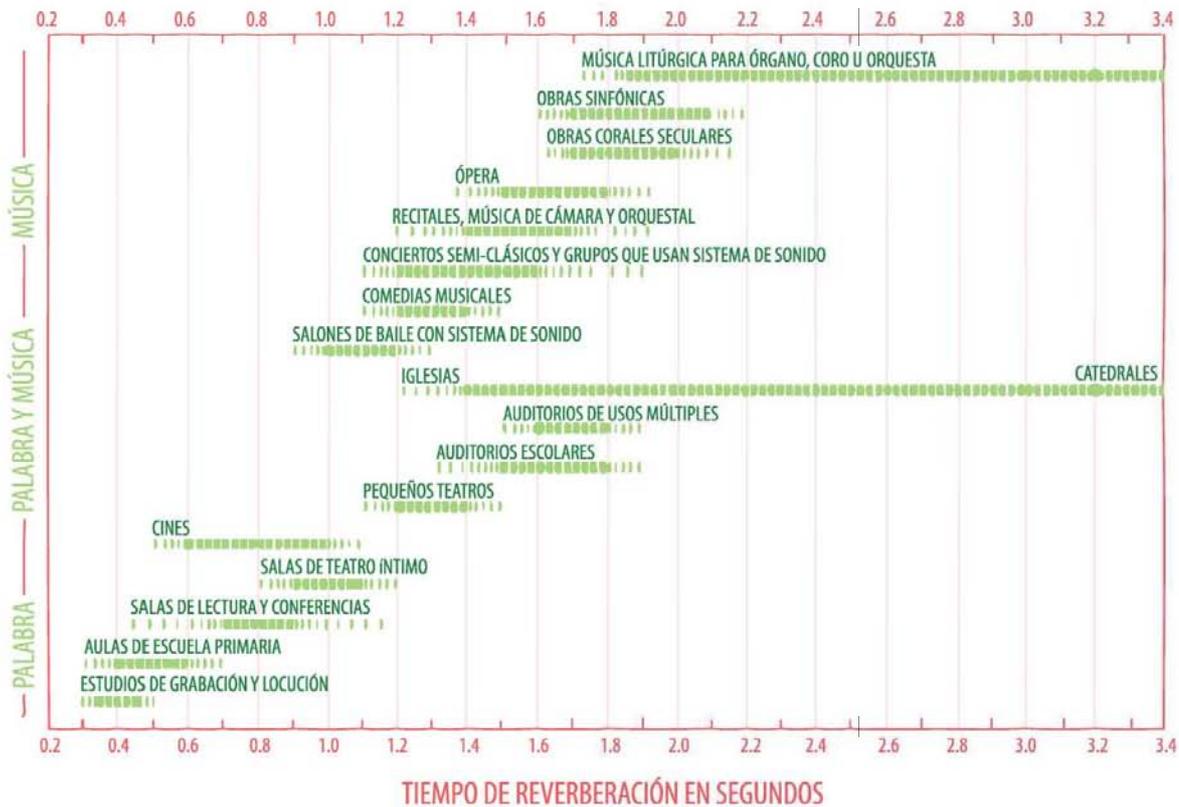
La Acústica considera tiempos ideales de reverberación para distintos volúmenes y usos del espacio. Para la comunicación oral se requiere bajo tiempo de reverberación, y para la música en general, tiempos más altos. En cualquier caso, se debe partir de un sonido de fondo suficientemente silencioso que se obtiene mediante un aislamiento del exterior.

---

<sup>61</sup> La reverberación se define como el tiempo que un sonido tarda en reducirse (en términos de percepción) a una millonésima parte de su intensidad original (esto corresponde a una atenuación de 60 dB). Este tiempo, medido en segundos, depende de la forma, el volumen y la capacidad de absorción de los elementos que conforman el volumen arquitectónico. A mayor absorción, menor tiempo de reverberación; a menor absorción, mayor tiempo de reverberación.

<sup>62</sup> El eco flotante es la repetición breve de un sonido. Aparece entre dos superficies paralelas reflectantes y lisas, con mayor notoriedad en distancias cortas.

FIG. 32. TIEMPOS IDEALES DE REVERBERACIÓN PARA DISTINTOS USOS DE RECINTOS.



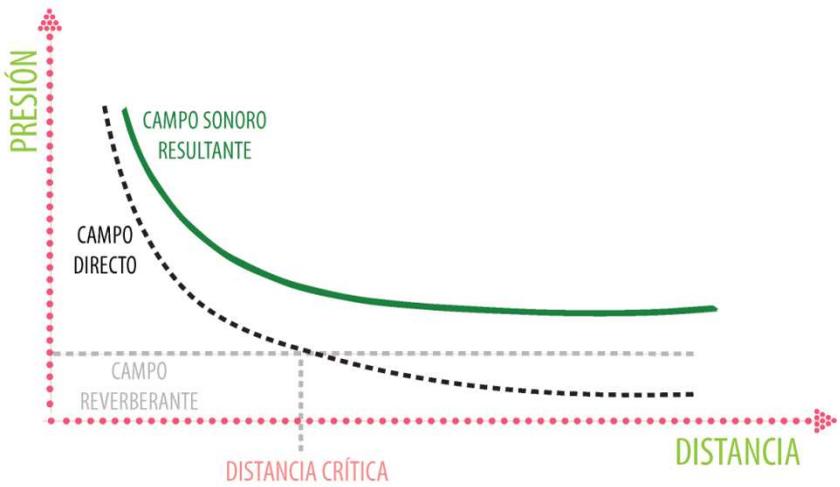
A grandes rasgos, se proponen los siguientes tiempos de reverberación como máximos permisibles para un recinto funcional:

De	6	a	200 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	200	a	600 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	600	a	1000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	1000	a	2500 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	2500	a	4300 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	4300	a	7000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	7000	a	10 000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	10 000	a	15 000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	15 000	a	25 000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	25 000	a	30 000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	30 000	a	35 000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	35 000	a	40 000 m <sup>3</sup>	0.3 s
De	40 000	a	50 000 m <sup>3</sup>	0.3 s

En un mismo ambiente sonoro coexisten los campos directo y difuso, sin embargo, en cada caso predomina uno de ambos comportamientos.

En descubierto, el sonido se propaga libremente sin que se produzcan reflexiones, de modo que prevalece la componente de campo directo. Su comportamiento se caracteriza por la disminución de intensidad conforme aumenta la distancia a la fuente, a razón de 6 dB por cada duplicación de la distancia.

En cambio, en un ambiente cerrado, cerca de la fuente predomina el campo directo. Su característica principal es la constancia de la intensidad porque el sonido es reforzado por las reflexiones, que resultan en una distribución sonora uniforme.



**FIG. 33.** COMPORTAMIENTO DE LAS DOS COMPONENTES DE PRESIÓN SONORA: CAMPO DIRECTO Y CAMPO REVERBERANTE, Y EL CAMPO SONORO RESULTANTE DE LA SUPERPOSICIÓN DE AMBAS. LA DISTANCIA CRÍTICA LIMITA LAS REGIONES EN LAS QUE PREDOMINA UNO U OTRO CAMPO. EN DISTANCIAS MENORES A LA CRÍTICA, PREDOMINA EL CAMPO DIRECTO, Y EN DISTANCIAS MAYORES, EL CAMPO REVERBERANTE.

# GEOMETRÍA

Hemos reconocido ya la importancia de la arquitectura en la definición del ambiente sonoro. Las principales variables que el diseño puede manipular para incidir en la acústica son la geometría y la elección de materiales. Las dimensiones, formas y texturas de las superficies moldearán el ambiente sonoro de la misma forma en que modelan el espacio visual.

Para organizar del espacio arquitectónico podemos analizar la geometría de las reflexiones sonoras. La teoría geométrica consiste en un análisis acústico que parte de una analogía con los estudios de física óptica. Se supone una correspondencia entre los principios que rigen al sonido y los principios de la reflexión de la luz, principalmente con el principio de Fermat,<sup>63</sup> que afirma que la trayectoria real que sigue un rayo de luz entre dos puntos es aquella en la que emplea un tiempo mínimo en recorrerla. Así, se introduce el concepto de “rayo sonoro”, y se estudia su difracción, refracción y reflexión.

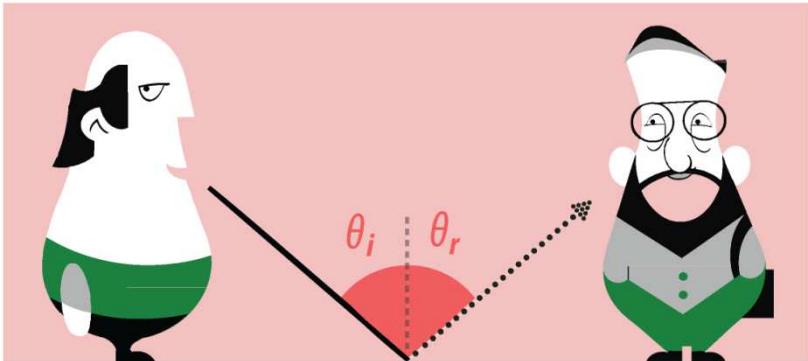
La reflexión acústica ocurre cuando el rayo sonoro encuentra un obstáculo en su recorrido, que provoca que parte de la energía retorne a su punto original. Se diferencian dos tipos de reflexiones:

---

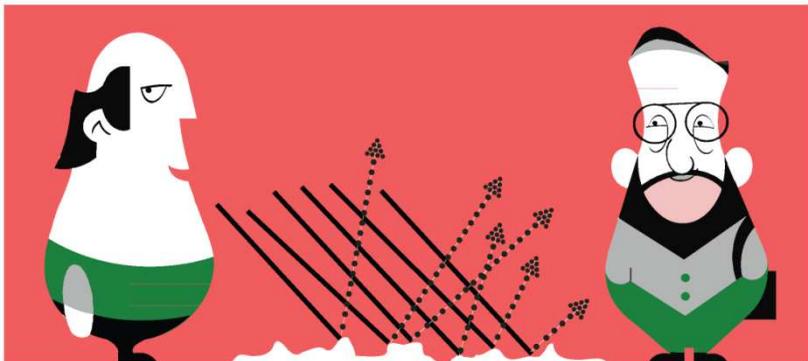
<sup>63</sup> Desarrollado por el matemático francés Pierre de Fermat (1601-1665) en *Analyse des réfractons*, con base en los estudios de Christiaan Huygens.

- Reflexión especular: ocurre cuando la superficie de reflexión es lisa, entonces el rayo se refleja en una sola dirección.

- Reflexión difusa (Ley de Lambert-Beer): cuando la superficie reflectante es difusa (su materia tiene una concentración molar baja) o rugosa, el rayo que incide se refleja en diversas direcciones.



REFLEXIÓN ESPECULAR

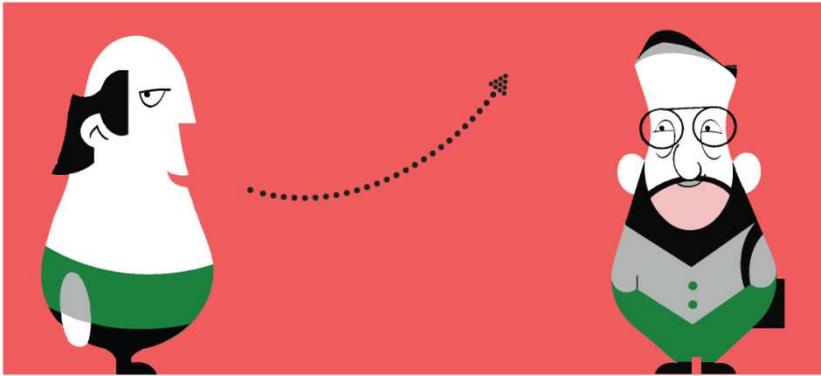


REFLEXIÓN DIFUSA

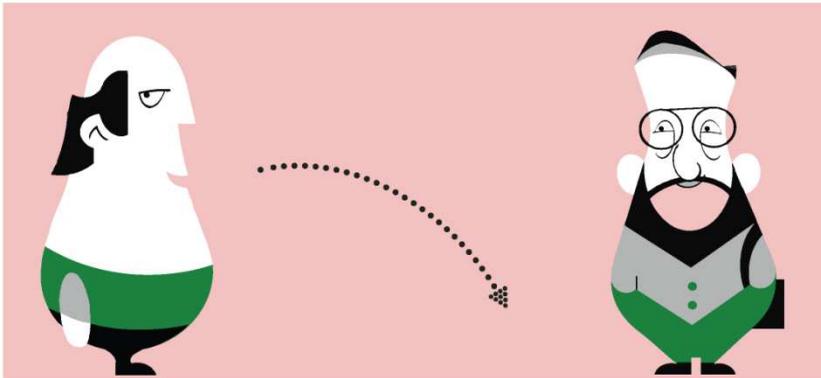
La difracción se suscita cuando el rayo sonoro encuentra a su paso un pequeño obstáculo y lo rodea, o cuando incide sobre un pequeño agujero y lo atraviesa. La cantidad de difracción estará dada en función del tamaño de la abertura y de la longitud de onda: si el orificio es grande en comparación con la longitud de onda, el efecto de la difracción es reducido; si el tamaño de la abertura es menor, los efectos de la difracción son mayores y el sonido se comporta, tras atravesarla, como si procediera de una fuente puntual localizada precisamente en la abertura.



La refracción sucede cuando el rayo cambia de medio, desviando su dirección original. En acústica de interiores no se suele tomar en cuenta la refracción, pues los rayos sonoros se desplazan por el aire sin cambiar nunca de medio. Sin embargo, los grandes cambios de temperatura producen un enrarecimiento del aire que provoca un efecto de refracción en los sonidos.



REFRACCIÓN - DÍA CALUROSO

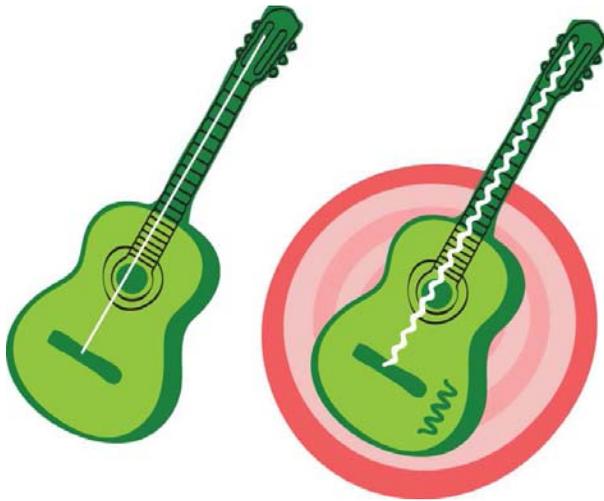


REFRACCIÓN - DÍA FRÍO

Otro elemento que interviene en la calidad acústica es la resonancia. Cada cuerpo tiene una frecuencia natural de vibración (aquella a la que oscilaría si lo desviáramos de su posición de equilibrio y lo dejáramos mover libremente). Cuando un sonido tiene una frecuencia similar a la frecuencia natural de un cuerpo, e incide en él de forma constante, el

cuerpo comienza a vibrar con una amplitud progresiva. Se dice entonces que el cuerpo entra en resonancia. El ejemplo más referido es el caso de la cantante soprano, cuya voz alcanza y mantiene aquel tono que coincide con la frecuencia natural de una copa de vidrio, provocando que ésta entre en resonancia y vibre con tanta intensidad que termina quebrándose. De cualquier modo, debemos considerar que la mayoría de los objetos que vibran tienen múltiples frecuencias de resonancia.

Cuando existen dos muros paralelos y una onda sonora se desplaza perpendicularmente a ellos, se reflejará en uno y después en el otro, volviendo sobre sí misma de forma periódica. Este fenómeno se denomina onda estacionaria, y cuando se trata de ondas sonoras, se percibe como un sonido prolongado. Si la longitud de la onda estacionaria es igual a una de las dimensiones de una sala (largo, alto o ancho), se dice que la sala está en resonancia.



**FIG. 34.** AMPLIFICACIÓN SONORA EN GUITARRA MEDIANTE CAJA DE RESONANCIA: EL CUERPO DE MADERA ESTÁ DISEÑADO PARA ENTRAR EN RESONANCIA CON LAS DISTINTAS FRECUENCIAS DE VIBRACIÓN DE LAS CUERDAS.

En síntesis, las resonancias se ponen de manifiesto cuando algún periodo de vibración de la sala se acerca a la frecuencia de la onda que se está emitiendo. Si se ejecuta continuamente, la sala entra en resonancia y se amplifica ese sonido.

Para controlar las resonancias, se recurre a algunas medidas:

- Evitar superficies paralelas.
- Aumentar la absorción acústica de las superficies, para reducir las reflexiones.
- Cuando la fuente sonora es emitida por medios electrónicos, se puede equalizar el sistema de amplificación para atenuar las frecuencias próximas a la resonancia.

Por medio de la aplicación de leyes geométricas en la distribución espacial de un recinto, podremos generar ambientes sonoros específicos. La definición de campos sonoros directos o difusos, el control de las primeras reflexiones, y la eliminación o el favorecimiento de resonancias, tendrán como consecuencia la composición de espacios acústicos diferenciados.

*Grosso modo*, las tipologías geométricas (tanto en planta como en alzado y en cubiertas) presentan los siguientes comportamientos:

- Configuraciones con elementos paralelos (forma de cruz, cuadrado, rectángulo, octágono, etc.) propician la difusión de la energía sonora debido a las reflexiones.
- Configuraciones con ángulos diferentes a los 90° (triángulos oblicuángulos, pentágonos, trapecios, polígonos irregulares) dificultan la difusión de la energía sonora.

- Formas circulares, elípticas y otras cóncavas presentan focos, donde se concentra la energía sonora.
- Formas convexas irradian la energía sonora hacia el exterior.

ELEMENTOS PARALELOS

PROPICIAN REFLEXIONES

---






ÁNGULOS NO RECTOS

DIFICULTAN LA REFLEXIÓN

---






ELEMENTOS CÓNCAVOS

CONCENTRAN LAS REFLEXIONES

---





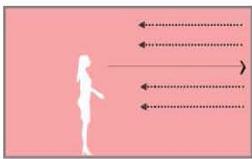

ELEMENTOS CONVEXOS

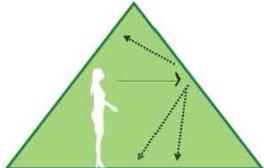
IRRADIAN EL SONIDO

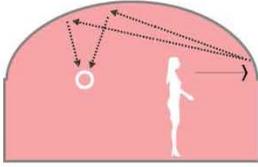
---

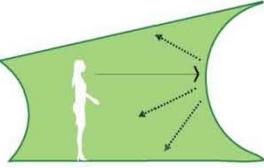




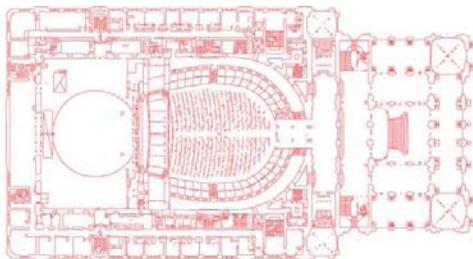




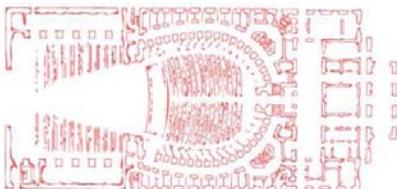




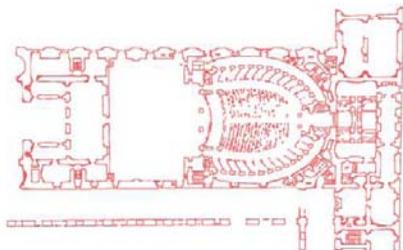
TEATRO COLÓN BUENOS  
AIRES



TEATRO ALLA SCALA,  
MILAN



TEATRO REGIO, TORINO



PROYECTO PARA LA  
CASA DE LA ÓPERA,  
BOULLE



**FIG. 35.** PLANTAS ARQUITECTÓNICAS DE TRES DE LOS TEATROS MÁS EXITOSOS EN MATERIA DE ACÚSTICA DE SALAS, CON DISPOSICIÓN EN HERRADURA, Y EL PROYECTO ESFÉRICO PARA LA ÓPERA, DE BOULLÉ, QUE DEBÍA SUPONER CONDICIONES ACÚSTICAS INSÓLITAS.

# MATERIALIDAD

Cualquier material es acústico, en tanto que afecta el entorno sonoro de algún modo. Por lo tanto, para comprender las herramientas que poseemos para diseñar ambientes aurales, debemos estudiar el vasto catálogo de materiales y acabados arquitectónicos en términos de comportamientos acústicos (frecuencia natural de vibración, aptitud para la absorción y reflexión, índice de transmisión sonora, etc).

A grandes rasgos, podemos identificar que:

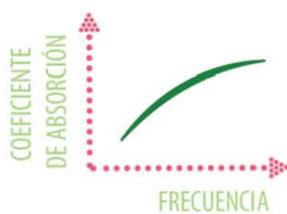
- Masa, peso y densidad son los factores que determinan las cualidades de aislamiento de los materiales empleados en la construcción.

- Los materiales porosos absorben el sonido, particularmente las altas frecuencias. Al aumentar el espesor de un material poroso, se incrementa la absorción de frecuencias bajas. Entre los productos más efectivos para esta función encontramos: deck acústico de metal y fibra de vidrio; madera (absorbe por resonancia, así que necesita tener cierta libertad para vibrar y preferentemente ser delgada y porosa); espuma acústica de poliuretano; yeso acústico; fibra de vidrio; fibra de celulosa; cortinas pesadas; y revestimiento de ductos.

- Los materiales duros no absorben sonido, lo reflejan. Algunos materiales que cumplen esta función son: vidrio laminado; placas de plomo; selladores.

- Combinar materiales tipo membrana con materiales porosos es útil para mejorar la absorción de altas y bajas frecuencias.

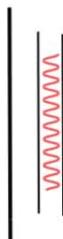
MATERIAL  
POROSO  
DELGADO



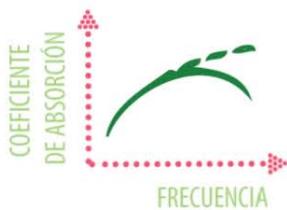
MATERIAL  
POROSO  
GRUESO



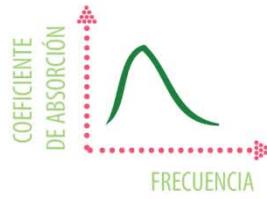
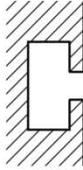
MATERIAL  
POROSO  
DELGADO  
CON CÁMARA  
DE AIRE



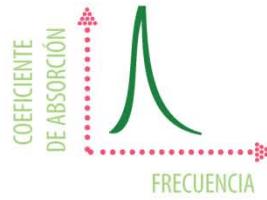
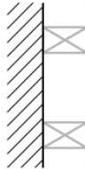
MATERIAL  
POROSO  
DELGADO  
CON  
SUPERFICIE  
PERFORADA



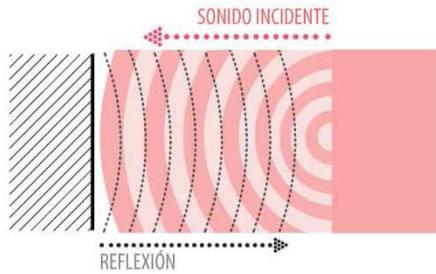
RESONADOR  
EMPOTRADO



RESONADOR  
DE MEMBRANA  
DELGADA



MATERIAL  
DURO



SISTEMA  
COMBINADO

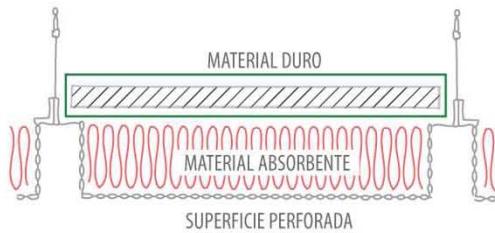
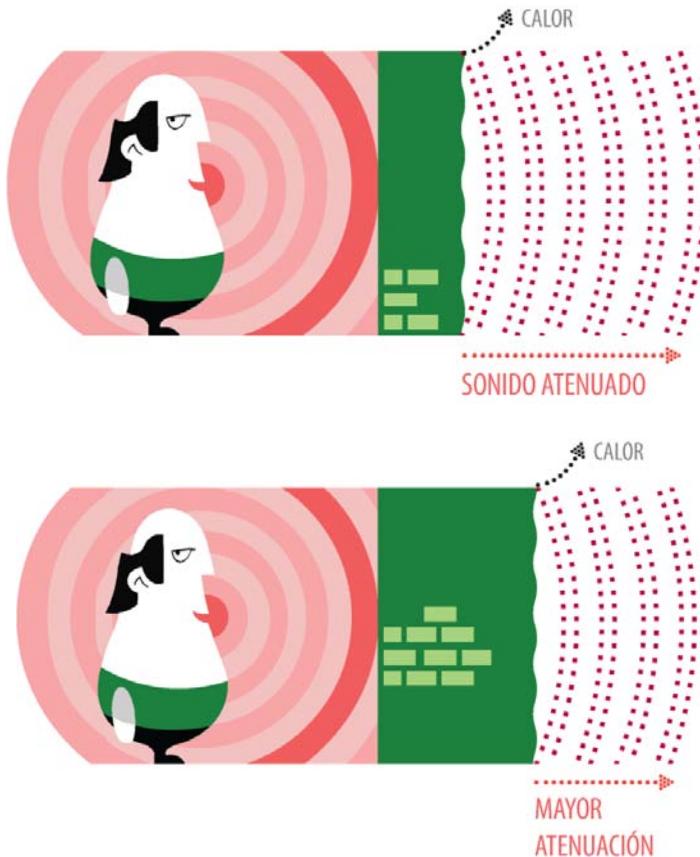


FIG. 36. COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DE LAS DIFERENTES CONFORMACIONES MATERIALES.

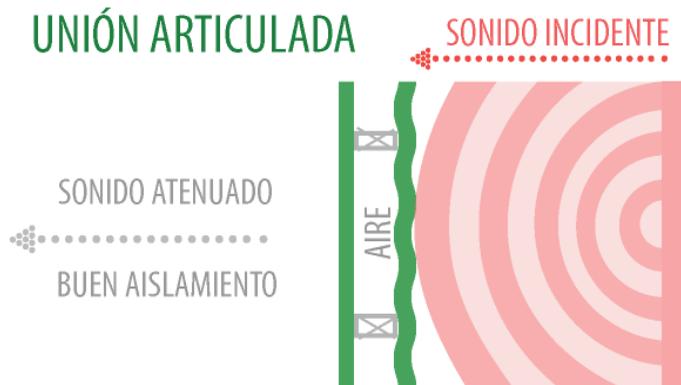
Los materiales sólidos transmiten el sonido de diferente forma según su constitución. Por ejemplo, cuando un vidrio recibe energía sonora en una de sus caras, esta energía provoca que el vidrio vibre y la oscilación se transforma de nuevo en sonido. Durante el proceso se transmite sonido pero se pierde energía y por ende se reduce el nivel sonoro final. A este fenómeno se le llama pérdida por transmisión.



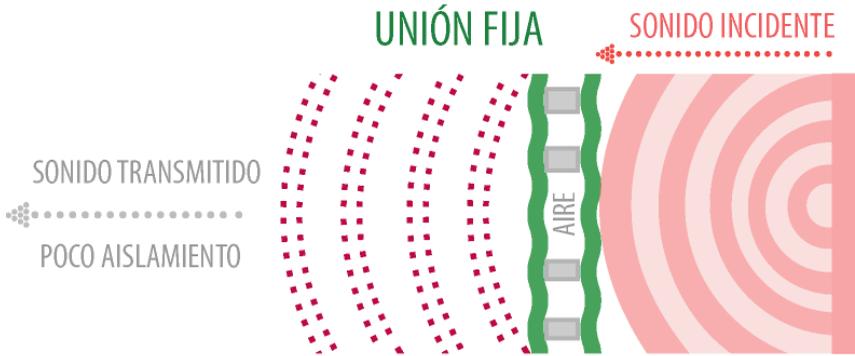
**FIG. 37.** ATENUACIÓN SONORA DEBIDA A PÉRDIDA POR TRANSMISIÓN. AL VIBRAR, EL MATERIAL LIBERA ENERGÍA EN FORMA DE CALOR Y PIERDE ENERGÍA SONORA.

En construcciones homogéneas, la pérdida por transmisión sonora aumenta proporcionalmente al peso por unidad de área. Dentro de este tipo de construcciones, debe tenerse en cuenta que la masividad no es un mecanismo eficiente de aislamiento acústico, pues generalmente resulta poco práctico multiplicar el grosor de las estructuras para una reducción relativamente escasa del nivel sonoro.

Los muros dobles son sistemas conformados por capas de materiales (por ejemplo, dos placas de yeso separadas por una capa de aire) y tienen mayor eficiencia de pérdida por transmisión sonora que los elementos homogéneos. Además, el sistema de muros dobles se puede hacer más eficiente si se agrega material absorbente (como textiles y fibras aislantes) dentro de la cavidad constructiva. El sistema se torna menos eficiente, sin embargo, cuando los dos muros están firmemente vinculados por medio de elementos que transfieren las vibraciones directamente de uno a otro.



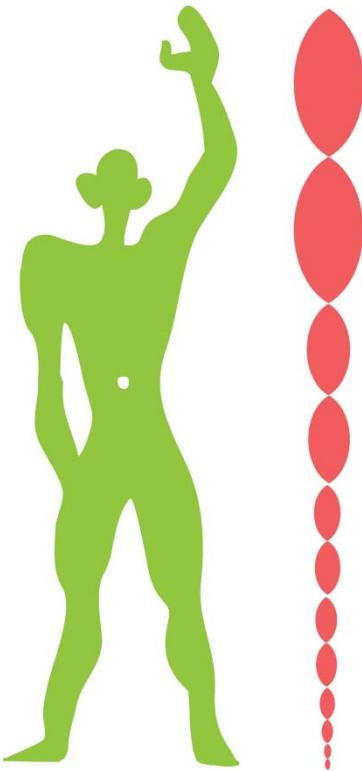
**FIG. 38.** FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MUROS DOBLES. CONSECUENCIA DE MAYOR ATENUACIÓN CUANDO LAS MEMBRANAS ESTÁN VINCULADAS CON LIBERTAD.



**FIG. 39.** MENOR EFICIENCIA DEL SISTEMA DE MUROS DOBLES CUANDO LAS MEMBRANAS ESTÁN VINCULADAS FIRMEMENTE Y TRANSMITEN LAS VIBRACIONES ENTRE UNA Y OTRA.

Las divisiones constituidas por más de un componente (como muros con puertas, ventanas, o diferentes materiales constructivos) tienden a lograr una pérdida por transmisión sonora tan efectiva como aquella del componente menos aislante. Aquí, las fugas de sonido que ocurren en las intersecciones de elementos (como entre muros y pisos, o muros y ventanas) significan un factor importante a considerar.

# CONCLUSIONES



# IV

## DE LA ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA A UNA ARQUITECTURA ACÚSTICA

Como hemos observado, en arquitectura y urbanismo se ha atendido la acústica como una condición funcional del espacio. Se ha estudiado la forma en que los volúmenes y espacios arquitectónicos moldean el ambiente sonoro, pero de todas las propiedades expresivas y semánticas que el sonido posee, han aprovechado escasas. A pesar del patente potencial del sonido para generar impresiones espaciales, inducir estados anímicos, expresar símbolos o formar lazos de identidad, en raras ocasiones se utiliza la arquitectura como una herramienta para manipularlo y provocar sensaciones complejas. Si asumiéramos que el arquitecto desempeña siempre el papel de diseñador acústico (aún si no lo hace voluntariamente), porque todo espacio interactúa con un ambiente sonoro, reconoceríamos que puede impactar en la forma en que se constituyen los paisajes sonoros contenidos dentro de los edificios y fuera de ellos.

Es hora de dejar de pensar en el usuario como un auditante solamente cuando ocupa una sala de conferencias, una iglesia o un estadio: en realidad, el usuario tiene oídos y voz a donde quiera que vaya. Es tiempo de cambiar nuestra visión para pasar de una acústica arquitectónica a una arquitectura acústica

## HACIA UNA SENSIBILIZACIÓN AURAL



Para transitar hacia una arquitectura acústica es menester adquirir una educación aural. Independientemente de una formación musical, se requiere una sensibilización sonora dentro de las experiencias cotidianas. Como alternativas para conseguirla, se proponen cuatro tipos de prácticas: ejercicios de reconocimiento del ambiente sonoro, ejercicios de introspección sonora, ejercicios de composición sonora y ejercicios de diseño arquitectónico acústico.

1- Los ejercicios de reconocimiento del ambiente sonoro se centran en percibir conscientemente el entorno a través del oído. Deben examinarse con atención los sonidos que nos rodean, reflexionando sobre su fuente, significado, utilidad, valor cultural, impacto emocional y rasgos físicos. Un ejemplo de esta práctica son los recorridos y rodadas sonoras por distintas rutas dentro de la ciudad.

La experiencia sensorial dirigida precisa contrastarse, además, con otra información sobre el entorno sonoro, como textos descriptivos, estudios sobre el sonido, registros históricos y materiales resguardados en fonotecas. El objetivo es adoptar una actitud activa y crítica con respecto a todo lo que se escucha.

2- Los ejercicios de introspección reflejan la forma de asimilar el sonido. Para adquirir una capacidad de crítica acústica, es necesario ejercitar la expresión de nuestras apreciaciones, pues la impresión representa tan solo la primera mitad del proceso de percepción, que debe completarse mediante una representación. La mejor forma de examinar las percepciones es solicitando a los auditantes que reproduzcan lo que han escuchado, ya sea mediante imitaciones onomatopéyicas con la voz, instrumentos musicales, manipulación de grabaciones o generación de modelos por computadora. Hoy en día, los programas de modelado virtual permiten reconstruir entornos sonoros con razonable precisión, pero es predecible un constante perfeccionamiento de los recursos informáticos para alcanzar un mayor realismo.

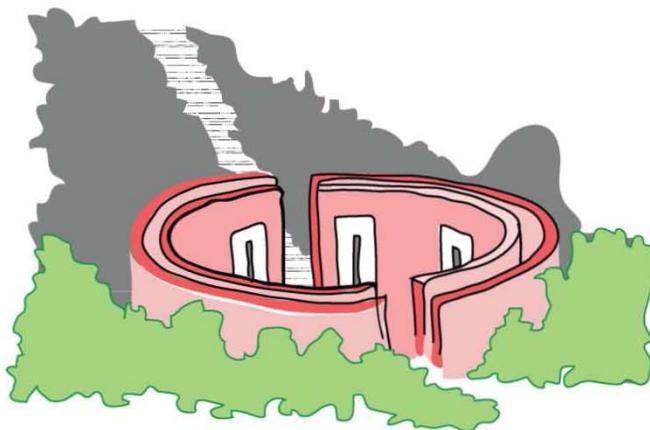
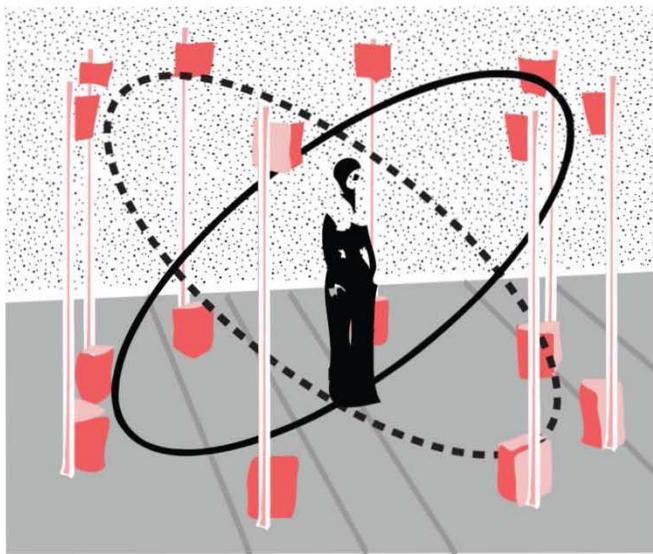


Un admirable ejemplo en esta práctica es el sitio web *Soundscape Architecture*, que ha creado la profesora Karen Van Lengen de la Universidad de Virginia en colaboración con el artista James Welty y el músico Troy Rogers, donde se ponen a disposición pública representaciones audiovisuales de espacios arquitectónicos icónicos como el Taj Mahal o el Centro Rockefeller.

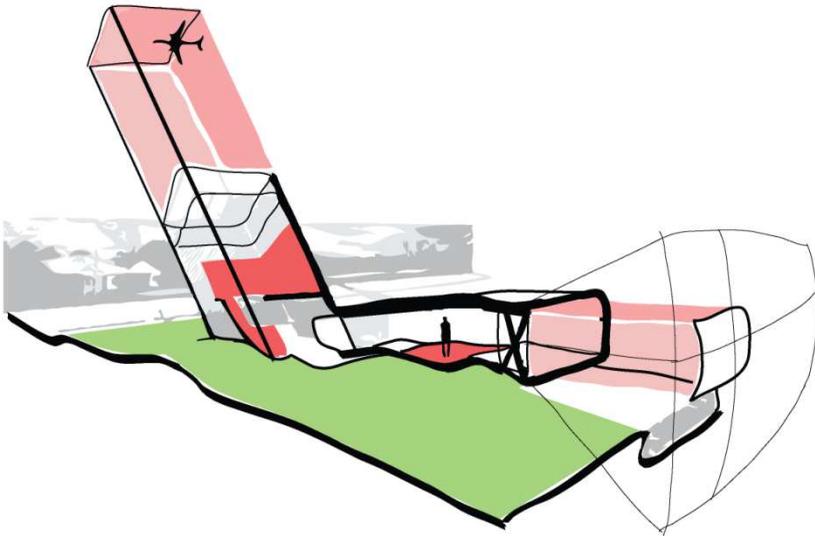
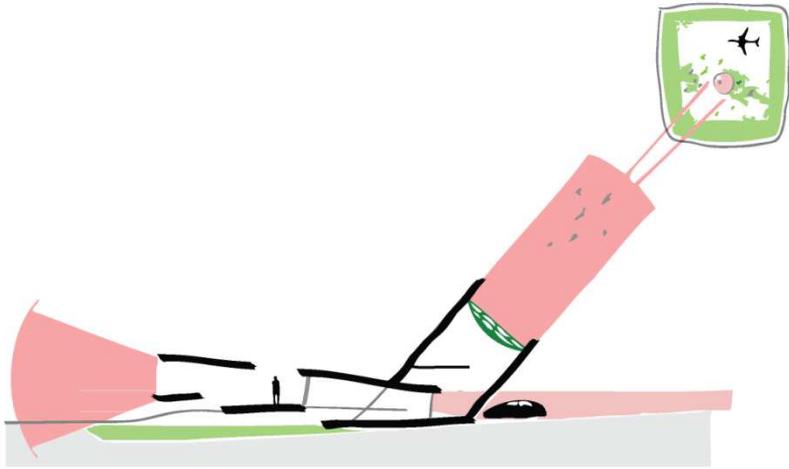
3- Los ejercicios de composición sonora promueven la creatividad en el uso deliberado del sonido. Esta práctica consiste en inventar experiencias y ambientes auditivos de forma premeditada. Por ejemplo, pueden representarse paisajes sonoros de lugares fantásticos, del remoto pasado o versiones futuras de paisajes sonoros. Encontramos muestras fascinantes en las obras *Metropolis Shanghai Showboat to China* (varios artistas), *The Sidewalks Of New York: Tin Pan Alley* de Uri Caine, y *Chavez Ravine* de Ry Cooder, donde se reconstruye de manera ficticia el entorno sonoro de dichas ciudades en periodos históricos específicos.

4- Los ejercicios de diseño arquitectónico acústico transportan las exploraciones sonoras a la materialidad constructiva. Esta labor promueve el desarrollo de metodologías de diseño, lenguajes arquitectónicos y comprobaciones plásticas para las intenciones acústicas.

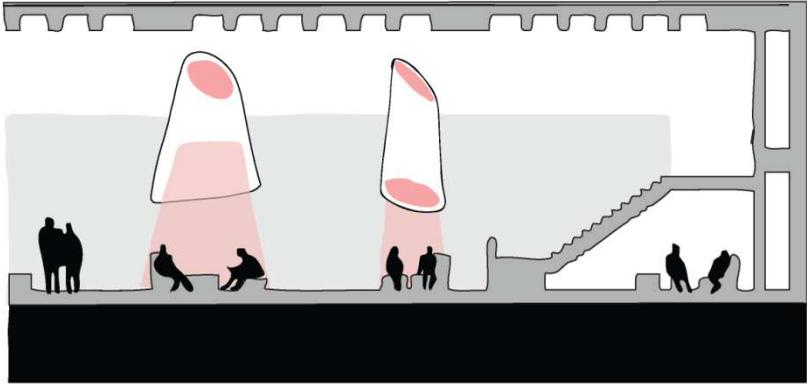
La finalidad de estos ejercicios es construir ambientes sonoros con arquitectura. Para este efecto, es útil revisar los edificios ya existentes que ostentan un claro planeamiento acústico (como el *Symphony Hall* de Boston, el *Concertgebouw* de Ámsterdam o la *Musikverein* de Viena), así como las propuestas arquitectónicas que exploran el sonido bajo una perspectiva inusitada, como por ejemplo, la *Mix House* y la renovación del *Campbell Hall* en la Escuela de Arquitectura de Charlottesville, Virginia, ambas de Joel Sanders; o las ingeniosas obras de Bernhardt Leitner. Igualmente, es necesario conocer las herramientas virtuales de modelado acústico y desarrollar otras técnicas para verificar la obtención de los resultados sonoros deseados.



**FIG. 40.** OBRAS DE BERNHARDT LEITNER, QUE EXPLORAN LAS RELACIONES ENTRE SONIDO, ESPACIO Y CUERPO. ARRIBA: INSTALACIÓN CON ALTAVOCES PARA CREAR DIFERENTES GEOMETRÍAS SONORAS. ABAJO: CILINDRO SONORO EN EL PARQUE DE LA VILLETTE, PARÍS.



**FIG. 41.** "Mix-House", PROYECTO DE JOEL SANDERS, DONDE SE INTRODUCE EL SONIDO EN LAS RELACIONES ENTRE HABITANTE Y SE EXPLORAN MECANISMOS DE TRANSPARENCIA VISUAL Y AUDITIVA. VENTANAS SÓNICAS SE ORIENTAN HACIA LOS PUNTOS DEL EXTERIOR CON MAYOR CANTIDAD DE ESTÍMULOS, Y LOS PROCESAN PARA PRODUCIR COMBINACIONES SONORAS EN EL INTERIOR.



**FIG. 42.** VESTÍBULO SONORO EN EL *CAMPBELL HALL* DE LA ESCUELA DE ARQUITECTURA DE CHARLOTTESVILLE, VIRGINIA. PROYECTO DE JOEL SANDERS PARA GENERAR UN ESPACIO PÚBLICO INTERACTIVO.

MEDIANTE LA INSTALACIÓN DE CONOS LLAMADOS “MOSTRADORES SONOROS”, SE PRETENDE REUNIR A GRUPOS DE INDIVIDUOS DENTRO DE MICRO-AMBIENTES ACÚSTICOS ESPECÍFICOS QUE ELLOS MISMOS TENGAN CAPACIDAD DE DISEÑAR Y MANIPULAR.

## HACIA UNA INFRAESTRUCTURA AURAL

Aparte de la labor individual de sensibilización, es necesario impulsar medidas generales que soporten los esfuerzos por diseñar una arquitectura acústica. Para empezar, es urgente desarrollar una terminología adecuada para describir el mundo sonoro. La presente investigación pretende servir a este propósito, sintetizando los elementos fundamentales en este campo de estudio (ver la “Propuesta para analizar las dimensiones perceptuales del paisaje sonoro” en el capítulo II) y recogiendo las definiciones más relevantes en un Glosario (ver “Anexos”).

Además, deben impulsarse investigaciones que engrosen el marco teórico para el estudio del paisaje sonoro. Por ejemplo, aún es necesario reconocer un criterio de valoración sobre los elementos del paisaje sonoro. El trabajo conjunto de las Universidades de Salford, Warwick, Manchester, Manchester Metropolitan y London Arts dentro del *Positive Soundscape Project*, ha realizado una excelente contribución al tema. También es preciso adoptar un enfoque multidisciplinario como se hizo en aquel proyecto, que tuvo un grupo conformado por especialistas provenientes de las ciencias sociales, fisiología acústica, artes sonoras, ecología acústica, psicoacústica y acústica de salas.

A partir de la determinación de los paisajes sonoros positivos, por ejemplo, será posible establecer políticas más complejas que las actuales legislaciones de control de ruido. Se haría factible la redacción de normativas que regulen el resguardo, valorización, observación, desarrollo y restricción del ambiente sonoro de cada territorio. Una de las consecuencias inmediatas más valiosas sería la garantía de un espacio

acústico urbano mínimamente intrusivo, que permita la inteligibilidad de los ambientes sonoros diseñados en su interior.

Ya hemos expuesto la situación actual en esta temática y afirmamos la conveniencia de continuar enriqueciendo nuestro conocimiento del ambiente sonoro mediante estudios y prácticas multidisciplinarias. De cualquier modo, como parte de esta disertación es útil enfocarse en el diseño y elaborar algunas propuestas tentativas donde se ilustre la manera en que la arquitectura aplicaría y abundaría en este conocimiento.

# HACIA UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO AURAL

## LA LECCIÓN DE LA MÚSICA Y EL ARTE SONORO

Hasta antes del siglo XX, bajo el concepto de música se reunía a todas aquellas manifestaciones que organizaban los sonidos con una finalidad estética. Sin embargo, cuando surgieron nuevas expresiones vertebradas alrededor del sonido, vagamente recogidas bajo la denominación “arte sonoro”, se hicieron notorias también otras formas de relación aural. El sonido escapó de la lógica musical que interpreta las relaciones sonoras mediante los principios de melodía, ritmo y armonía. William Furlong habla sobre la libertad que goza el sonido para continuar siendo incorporado en distintas disciplinas artísticas sin necesidad de responder a un único lenguaje:

El sonido nunca se ha convertido en una área discreta y distintiva de la práctica artística al igual que otras manifestaciones y actividades que sí lo fueron en los años sesenta y setenta [...] Este fracaso del sonido por intentar construir una categoría distintiva en sí misma, se ha convertido de hecho en una ventaja, dado que las categorías al final se vuelven restrictivas y que el trabajo circunscrito se marginaliza. Entonces, a pesar de la frecuencia con que el sonido se ha utilizado dentro de los trabajos de varios artistas, sigue estando remarcablemente libre de asociaciones a priori, y no depende de precedentes históricos o del peso de la tradición. El sonido ha proveído incluso un ingrediente y una estrategia adicionales para el artista, el potencial de dirigirse e informar a los sentidos que no son visuales (Furlong, 1994).

De cierta forma, la arquitectura tiene las puertas abiertas para elaborar un discurso sonoro propio. Para fines demostrativos, esbozaremos más adelante una metodología para diseñar arquitectura acústica basada en los principios musicales que discutimos brevemente en los capítulos previos, pero esto no significa que las formas de interactuar con los sonidos deban limitarse al lenguaje musical.

## **ESTÉTICA EXTRA-MUSICAL**

Por otra parte, es relevante prestar atención a la forma en que las tecnologías de audio y grabación de sonidos sobre soportes fijos (cinta, disco de vinilo, disco compacto, disco duro) han incitado el desarrollo de nuevas cualidades estéticas independientes de aquellas musicales. Sirvan de ejemplo los audiófilos, personas que encuentran deleite en la audición de grabaciones con la máxima calidad. Para valorar las grabaciones, los audiófilos aprecian rasgos que dependen de la forma en que se registran, combinan, equilibran y sitúan (en el espacio acústico virtual) los sonidos. Estas virtudes van más allá de las intenciones propias del mensaje musical. De esta forma, los audiófilos revelan otra estética de la audición, indiferente a la calidad de composición y ejecución de la música, que depende en gran medida de las cualidades espaciales de las grabaciones sonoras. Al escuchar música registrada, podemos aprender que el oído es capaz de interpretar sensaciones espaciales, pues dependiendo de la ubicación en el plano horizontal (paneo), la reverberación, los ecos (*delay*) y las frecuencias resaltadas (ecualización), el cerebro elabora una imagen sonora con todos los elementos ubicados en distintos puntos del espacio. Así como es posible manipular estos parámetros artificialmente para

confeccionar espacios mentales, la arquitectura puede modificarlos mediante configuraciones materiales para superponer espacios aurales.



**FIG. 43.** LAS GRABACIONES SONORAS CREAN ESPACIALIDAD DE FORMA VIRTUAL: AUNQUE LOS INSTRUMENTOS SEAN REGISTRADOS INDIVIDUALMENTE Y DENTRO DE ESPACIOS FÍSICOS PEQUEÑOS, SE MANIPULAN PARA SER PERCIBIDOS COMO SI SONARAN DENTRO DE ESPACIOS DE GRANDES DIMENSIONES, E INCLUSO, CONFORMADOS POR MATERIALES DIFERENTES.

Una vez que consigamos definir las variables que intervienen en la arquitectura acústica que deseamos alcanzar, tendremos posibilidad de traducirlas en un sistema algorítmico. Se haría viable la solución de los problemas de arquitectura acústica a través del diseño paramétrico. Por ejemplo, podríamos comenzar a observar la forma en que las geometrías de los edificios determinan las frecuencias que predominan en su interior, y, de forma más importante, la manera en que esas frecuencias impactan en el auditante. Si decidimos hacer un edificio en una “tonalidad menor”, donde se acentúen las frecuencias que provocan esa sensación auditiva, quizás podremos caracterizar el espacio con un ambiente sonoro oscuro,

más susceptible para inducir un estado de ánimo afligido a quien lo habita.

Por ello, se propone indagar en un diseño arquitectónico enfocado a la construcción de ambientes sonoros, a partir de las siguientes pautas:

- Tonalidades espaciales: diseño basado en el control de resonancias que favorecen frecuencias específicas.

- Unidades semióticas acústicas: diseño basado en categorías de espacios acústicos con semántica particular.

Para ambos casos, tomaremos en cuenta que los estímulos en cada tipo de ambiente sonoro incidan sobre parámetros de percepción específicos (activación/no activación, agrado/desagrado) por medio del control de sus propiedades de legibilidad, coherencia, novedad o complejidad.

## **TONALIDADES ESPACIALES**

Las proporciones matemáticas subyacen en nuestras percepciones estéticas. Los humanos interpretamos un orden riguroso en la armonía de la naturaleza, y lo reproducimos en nuestras expresiones artísticas. De esta forma hemos examinado el mundo sonoro, continuo y misterioso, haciéndolo pasar por nuestro prisma occidental que organiza la información en razones numéricas. Por ejemplo, ordenamos los tonos que nuestro oído recoge, que en realidad son ilimitados, dentro de un esquema de fracciones precisas.

Hace milenios, Pitágoras consiguió formular relaciones abstractas exactas para la armonía musical. Mediante un monocordio de su propia confección probó que, para un tono determinado, los intervalos

consonantes provienen de su división exacta en dos, tres y cuatro partes iguales. Esto es, si al hacer vibrar la cuerda completa se obtenía la nota *do*, sus consonancias perfectas se obtendrían dividiendo la misma cuerda a la mitad (sonaría una octava, o sea, otro *do*), a  $2/3$  (sonaría una quinta, o sea, un *sol*) y a  $3/4$  (sonaría una cuarta, o sea, un *fa*).

Si los volúmenes que modelan los espacios acústicos guardan relaciones matemáticas perfectas (en la proporción entre sus tres dimensiones, o en la proporción con que se distribuyen las superficies en el espacio), los sonidos albergados en su interior responderán produciendo armonías precisas.

Los lauderos usan esta cualidad sonora de los volúmenes, modificando sus materiales y proporciones geométricas, para elaborar instrumentos en los cuales sólo ciertas frecuencias se fortalecen. Así consiguen timbres, colores y capacidades de expresión distintivas.

Podemos imaginar los objetos arquitectónicos como instrumentos musicales interactivos, conformados materialmente para provocar la resonancia de las frecuencias que se relacionan específicamente con los auditantes en ese contexto. Si nos proponemos diseñar espacios arquitectónicos como lo haría un *luthier*, debemos asumir que construiremos ambientes sonoros no neutros. Es decir, la búsqueda del confort acústico daría paso a una ambición diferente: la exploración de paisajes sonoros tonales, expresivos y sugerentes.

De la música tomaremos prestada la educación aural que guía nuestra emotividad y psicología al enfrentarnos al sonido, pues estamos ineludiblemente inmersos en una cultura auditiva musical, que condiciona la forma en que respondemos a los estímulos sonoros. Salvando las concepciones individuales, compartimos un lenguaje afectivo que

permite intuir, colectivamente, los significados abstractos de la música. Por ello reconocemos personalidades en las tonalidades y sensaciones cinéticas en las Unidades Semióticas Temporales.<sup>64</sup>

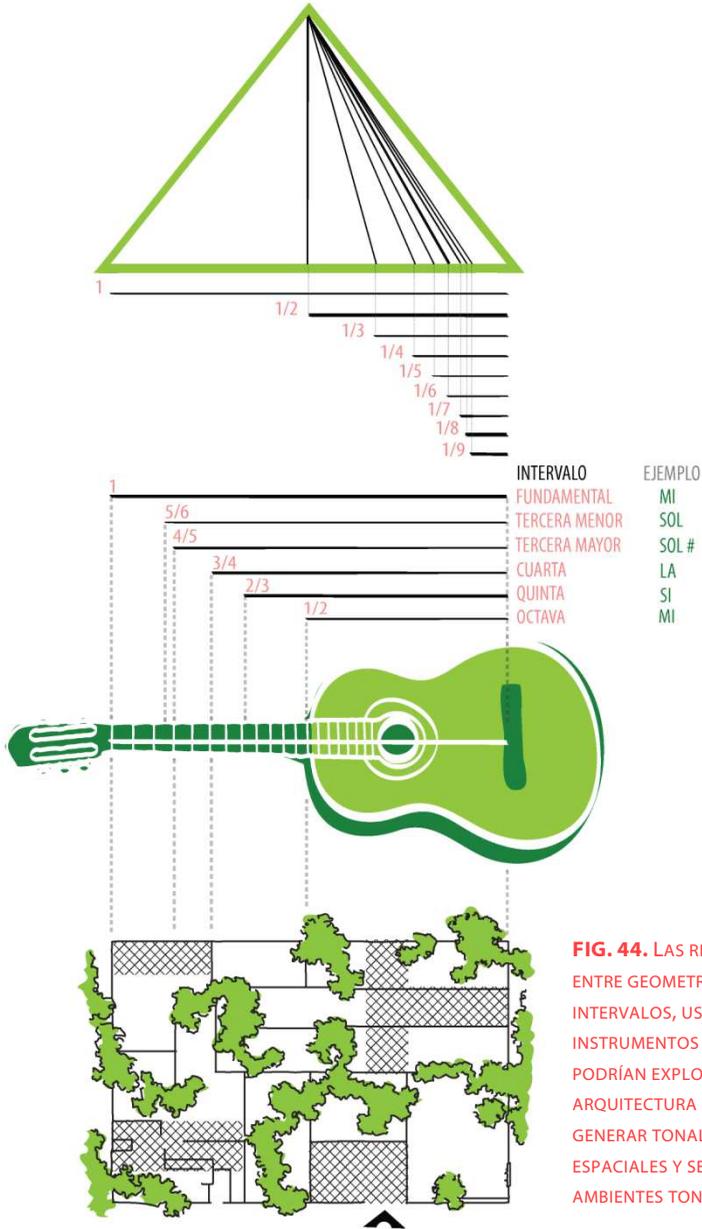
Stefan Koelsch, doctor en neurociencia, músico y psicólogo, ha realizado experimentos para investigar las asociaciones de significado que provocan los sonidos musicales. Para este propósito se ha enfocado en una de las cualidades musicales: el timbre. Encontró que sonidos cortos que son escuchados incluso fuera de contextos musicales, son capaces de transmitir información con acepciones de significado.<sup>65</sup> Por otra parte, en sus estudios sobre música y emoción a través de neuro-imagenología, el doctor Koelsch ha demostrado que la música puede modular la actividad de estructuras cerebrales que están envueltas en las respuestas afectivas, como la amígdala; el núcleo accumbens; el hipotálamo; el hipocampo; la corteza insular; la circunvolución cíngulo anterior y la corteza del cíngulo orbitofrontal.<sup>66</sup> El potencial para modular la actividad cerebral ha tenido importantes implicaciones para el uso de la música en tratamientos psiquiátricos y desórdenes neurológicos.

---

<sup>64</sup> Las Unidades Semióticas Temporales (UST) forman parte de una propuesta realizada por los músicos e investigadores del Laboratorio de Música e Informática de Marsella (MIM) en 1991. Buscan concretar segmentos sonoros mínimos con significados bien definidos, pues a los compositores les interesa manipular unidades sonoras que tienen un contenido semiótico.

<sup>65</sup> Stefan Koelsch y Julia Grieser. "Can Out-of-Context Musical Sounds Convey Meaning? An ERP Study on the Processing of Meaning in Music", *Psychophysiology* 48 (mayo 2011).

<sup>66</sup> Stefan Koelsch, "Brain Correlates of Music-Evoked Emotions", *Nature Reviews Neuroscience* 15 (febrero 2014).



**FIG. 44.** LAS RELACIONES ENTRE GEOMETRÍA E INTERVALOS, USADAS EN LOS INSTRUMENTOS MUSICALES, PODRÍAN EXPLORARSE EN LA ARQUITECTURA PARA GENERAR TONALIDADES ESPACIALES Y SECUENCIAS DE AMBIENTES TONALES.

Las tonalidades mayor y menor suponen apenas una forma de abordar la organización acústica de la arquitectura, pues existen múltiples posibilidades estructurales, y cada una dará resultados diferentes en la percepción espacial y las respuestas afectivas.

Para llevar a la práctica las Tonalidades espaciales, será necesario desarrollar un trabajo experimental, donde se comprueben, por una parte, la correspondencia entre las estructuras armónicas de la arquitectura y las respuestas afectivas de los auditantes. Por otro lado, es imperante también comprobar la precisión de los parámetros de composición espacial (geometría, proporción y materialidad) que permiten manipular las resonancias y frecuencias deseadas.

## **UNIDADES SEMIÓTICAS ACÚSTICAS**

Las Unidades Semióticas Acústicas (USA) serán categorías de espacios con una significación simbólica. Las USA buscarán reducir a su mínima expresión los segmentos de ambientes sonoros, o sea, sonidos contextualizados en el espacio, que poseen significados puntualizados (afectivos, cinéticos, arquetípicos).

A partir de la experiencia auditiva en entornos acústicos existentes, y de las hipótesis que formamos con base en los simbolismos arquetípicos o en el lenguaje musical, precisaremos las tipologías de ambientes sonoros que caracterizarán a cada USA. Las categorías no responderán a una conformación volumétrica, sino a las condiciones acústicas globales que los espacios ofrecen. Es decir, solamente atenderán lo que el oído percibe, sin importar su configuración visual.

Los criterios para caracterizar una unidad responderán a las cualidades espaciales que afectan (por ejemplo, si aparentan reducir o aumentar las dimensiones del recinto, o si parecen modificar su geometría), el efecto cinético que provocan, las texturas que generan y el estado anímico que estimulan.

Para reconocer las diferentes USA, se precisará del análisis sistemático de múltiples ambientes sonoros contenidos en espacios arquitectónicos. La cantidad y descripción de cada categoría resultará de las características reconocidas en los modelos a estudiar,<sup>67</sup> pero podemos proponer ejemplos de categorías a priori:

- Expansivo.
- Repetitivo.
- Contraído.
- Ligero
- Profundo
- Activador
- Apagado
- Estacionario

Los resultados que esta propuesta arroje permitirán caracterizar los ambientes sonoros, y brindar una herramienta para el diseño acústico. A saber, se pretende formar una metodología particular, no universal, para la conformación de ambientes sonoros significativos.

---

<sup>67</sup> De forma análoga a las UST propuestas por el Laboratorio de Música e Informática de Marsella (MIM), las USA serán fruto de una investigación, idealmente multidisciplinaria, a largo plazo, de modo que lo que aquí se presenta es una introducción al sistema y especulaciones que sirvan para ilustrar su alcance.

## PROYECCIONES

El panorama actual es fecundo para el florecimiento de una arquitectura acústica. Actualmente, los mismos cálculos para tiempos de reverberación, aparatos de medición y sistemas de absorción son empleados tanto en las salas de conciertos de la Ciudad de México, como en el *Symphony Hall* de Boston; las aulas escolares de Dublín; los estudios de grabación de Tokio y otro sinfín de espacios diseñados acústicamente. El uso de estas tecnologías se ha expandido con éxito por todo el planeta porque brindan la posibilidad de obtener un sonido claro, directo, definido y eficiente. Pero como consecuencia, las acústicas arquitectónicas de todos los espacios se han homogeneizado, y la particularidad sonora de cada sitio se ha abandonado. Salvando juicios de valor, podemos asegurar que no debería ser lo mismo escuchar una pieza musical ejecutada en la Catedral de Notre Dame de París, que otra ejecutada en un jardín de Jáltipan, Veracruz. Los materiales, las formas, las dimensiones; en resumen, la configuración del espacio, imprime un carácter distintivo al sonido y permite obtener información sobre el sitio donde lo escuchamos. Por ello, quizás futuras arquitecturas utilizarán losetas de barro jalisciense no solamente para conseguir un aspecto autóctono, sino también porque contribuyen a formar una acústica que informa sobre el contexto cultural donde se enclavan. Una arquitectura con identidad acústica sería valorada, incluso para fines políticos, como una vía para inspirar cohesión social y sentido de pertenencia dentro de las comunidades.

Frank Gehry, Zaha Hadid y una generación de proyectistas especializados en arquitectura paramétrica, han desarrollado propuestas con geometrías sumamente complejas, demostrando que el advenimiento del *software* de diseño asistido por computadora (CAD) puede ampliar las posibilidades de diseño y construcción para concretar creaciones inusitadas. Las tecnologías informáticas en el campo de la acústica continúan siendo perfeccionadas para incrementar la precisión de sus herramientas. Además, las aplicaciones web y los servicios de internet comienzan a hacer visible su impacto en la transformación de las relaciones humanas y las formas de articular el espacio. Aparecen *apps* que entrelazan espacios físicos entre sí o con espacios virtuales, e instrumentos que permiten regular desde un teléfono inteligente las condiciones energéticas de los edificios de acuerdo con índices de consumo. Se torna verosímil un futuro con soluciones acústicas que usen métodos digitales para integrar problemas complejos de diseño.

Por estas razones, puede vislumbrarse un porvenir cercano donde la información sobre el ambiente sonoro se intercambie a través de medios electrónicos en tiempo real (manualmente o por medio de sensores automatizados) para interactuar con una arquitectura cinética. Las edificaciones modificarán la geometría, porosidad, rigidez y densidad de sus superficies para responder a distintos usos, o para armonizar con los auditantes y otras construcciones. Así, la arquitectura suscitará, con plena premeditación, experiencias estéticas también a través del sonido.



# ANEXOS

# AUDIOS

Pista 1: *Kyrie*, Canto gótico de la escuela de Notre Dame. Ensamble Organum.

Pista 2: *Romance de Altisidora*, autor anónimo. Intérprete Arianna Savall.

Pista 3: *Pavane pour une infante défunte*, Maurice Ravel (1899).

Pista 4: *Pavane en fa sostenido menor, Op. 50*, Gabriel Fauré (1887).

Pista 5: *Sinfonía No. 1 en do mayor, Op. 21, 3er movimiento*, Ludwig van Beethoven (1800).

Pista 6: Grito de independencia en el zócalo de la Ciudad de México, 2010.

([https://www.youtube.com/watch?v=5w\\_IFI55Vc8](https://www.youtube.com/watch?v=5w_IFI55Vc8))

Pista 7: *Veglio Di Una Città*, Luigi Russolo (1913).

Pista 8: *Hyperprism* Edgard Varèse (1922).

Pista 9: *Déserts*, Edgard Varèse (1950-1954).

Pista 10: *Études aux chemins de fer*, Pierre Schaffer (1948).

Pista 11: *Étude aux casseroles*, Pierre Schaffer (1948).

Pista 12: *Symphonie pour un homme seul*, Pierre Schaffer y Pierre Henry (1950).

Pista 13: *Carré*, Karlheinz Stockhausen (1950).

Pista 14: *Presque Rien*, Luc Ferrari (1964).

Pista 15: Paisaje sonoro de la playa de Beach Cove en Carolina del Norte, E.U.A.

Grabación de campo por Jeff Rice. Biblioteca J. Willard Marriott, Universidad de Utah, 2010.

(<http://content.lib.utah.edu/cdm/singleitem/collection/wss/id/2576/rec/2>).

Pista 16: Paisaje sonoro de lluvia en un ambiente suburbano de Seattle,

Washington, E.U.A. Grabación de campo por Jeff Rice. Biblioteca J. Willard Marriott, Universidad de Utah, 2009.

(<http://content.lib.utah.edu/cdm/singleitem/collection/wss/id/2446/rec/43>)

Pista 17: Paisaje sonoro de una breve lluvia en Wallowa-Whitman National Forest,

Oregon, E.U.A. Grabación de campo por Jeff Rice. Biblioteca J. Willard Marriott, Universidad de Utah, 2010.

(<http://content.lib.utah.edu/cdm/singleitem/collection/wss/id/2754/rec/42>)

Pista 18: Paisaje sonoro del desierto de Carbon County en Utah, E.U.A. durante una nevada. Grabación de campo por Kevin Colver, Biblioteca J. Willard Marriott, Universidad de Utah, 2010.

(<http://content.lib.utah.edu/cdm/singleitem/collection/wss/id/2916/rec/70>)

Pista 19: Paisaje sonoro de Nye Beach en Oregon, E.U.A. con trueno durante una tormenta eléctrica. Grabación de campo por Jeff Rice. Universidad de Utah, 2008.

(<http://content.lib.utah.edu/cdm/singleitem/collection/wss/id/941/rec/7>)

Pista 20: Paisaje sonoro de Antelope Island en Bridger Bay, Utah, E.U.A. con gaviotas californianas (*Larus californicus*). Grabación de campo por Jeff Rice. Biblioteca J. Willard Marriott, Universidad de Utah, 2010.

(<http://content.lib.utah.edu/cdm/singleitem/collection/wss/id/2634/rec/12>)

Pista 21: Paisaje sonoro de Santa Mónica, San Pedro Sula en Honduras, con varias especies de aves: (*Rupornis magnirostris*, *Psilorhinus morio*, *Amazona albifrons*, *Pitangus sulphuratus*, *Psarocolius montezuma*). Grabación de campo por Francisco Dubon, 2014.

([www.xeno-canto.org/194119](http://www.xeno-canto.org/194119))

Pista 22: *El mirlo negro*, Olivier Messiaen (1952).

Pista 23: *Catálogo de aves*, Olivier Messiaen (1958).

Pista 24: *Preludio a la siesta de un fauno*, Claude Debussy (1894).

Pista 25: *The Imperial March*, John Williams (1980).

Pista 26: *Sinfonía no. 3 en re menor, 3er movimiento*, Gustav Mahler (1902).

Pista 27: *Sci-Fi Sound Effects Futuristic - Future Sound FX Volume 1*, compilación por Stolting Media Group. (<http://www.stoltingmediagroup.com>)

Pista 28: *Chip on fire*, Disrupt (2005).

# GLOSARIO

## A

### **absorción**

Capacidad de un material para convertir el sonido incidente en energía calorífica.

### **acorde**

Emisión simultánea de dos o más sonidos.

### **acorde de tónica**

Conjunto de notas que, dentro de una pieza musical, funciona como referencia de reposo y centro tonal.

### **acorde dominante**

Conjunto de notas que, dentro de una pieza musical, funciona como referencia de tensión o inestabilidad, en oposición a la tónica.

### **acorde perfecto**

Conjunto de tres notas, conformado por: una nota fundamental, una nota a un intervalo de 3ª mayor o 3ª menor con respecto a la fundamental, y una nota a un intervalo de 5ª justa de la fundamental.

### **acorde de tríada**

Conjunto de tres notas que se ejecutan simultáneamente.

### **acústica**

Rama de la física interdisciplinaria que estudia el sonido.

Relativo al oído. Sinónimo de aural.

Condiciones sonoras de un local.

### **acústica arquitectónica**

Disciplina que estudia el control del sonido en el espacio.

Condiciones sonoras de un local.

### **agudo**

Forma en que se percibe un sonido de frecuencia elevada.

### **aislamiento acústico**

Acción y resultado de evitar o disminuir la propagación del sonido.

### **algarabía**

Combinación agradable de sonidos.

### **alta definición (*hi-fi*)**

Condición de claridad y legibilidad en los paisajes que poseen un bajo nivel de interferencias ambientales.

**ambiente sonoro**

Grupo de elementos perceptibles a través del oído, contextualizados en un espacio preciso. Sinónimo de paisaje sonoro

**áreas acústicas**

Término que se emplea en las legislaciones para referirse a territorios con objetivos de calidad acústica particulares. Por ejemplo, aquellos que comparten el mismo uso de suelo.

**armonía**

Unión y combinación de sonidos simultáneos.

Ciencia de la formación y encadenamiento de acordes.

**armónico**

Componente sinusoidal de una señal. Su frecuencia es múltiplo de la componente fundamental.

**arqueo-acústica**

Subdisciplina de la arqueología que usa la acústica como herramienta metodológica para estudiar la actividad humana del pasado.

**arquetipo**

Símbolo común a toda la humanidad.

**arquitectura aural**

Enfoque de diseño arquitectónico donde prima el sentido auditivo.

**arquitectura cinética**

Paradigma de diseño arquitectónico donde se aprovecha la capacidad de movimiento de algunas partes de la estructura de los edificios.

**arquitectura paramétrica**

Paradigma de diseño arquitectónico que se basa en el uso de procesos algorítmicos para expresar y controlar las variables que relacionan las intenciones con las respuestas de diseño. Mediante programas informáticos se pueden ordenar datos concretos y obtener soluciones precisas para esos datos. Las variables se modifican fácilmente, de modo que se pueden probar diferentes soluciones eficientes para el mismo problema de diseño.

**arte sinestésico**

Conjunto de expresiones artísticas que pretenden fusionar varias experiencias sensoriales de manera simultánea.

**atenuación**

Disminución del nivel sonoro.

**audiófilo**

Persona que encuentra placer en escuchar grabaciones sonoras con la máxima fidelidad y calidad posible.

**auditante**

Término introducido para referirse al habitante o usuario aural, es decir, aquél que interactúa con el entorno sonoro, escuchando y produciendo señales.

**aural**

Relativo al oído o al sonido. Sinónimo de acústico.

## B

**baja definición (*lo-fi*)**

Condición de confusión y densidad en los paisajes que poseen un alto nivel de interferencias ambientales.

**bajo fundamental**

Fenómeno psico-auditivo que ocurre cuando se escucha un acorde y se percibe en la mente un sonido grave complementario, que no está siendo emitido en realidad.

## C

**cacofonía**

Combinación negativa de sonidos.

**cadencia**

Secuencia formada por acordes que describen una progresión tonal de acuerdo con sus funciones armónicas.

**calma**

Cualidad de reposo en el ambiente sonoro.

**campo difuso**

Espacio donde el sonido se desplaza sufriendo reflexiones.

**campo directo**

Espacio donde el sonido se desplaza sin encontrar obstáculo ni sufrir reflexiones.

**campo tonal**

Gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano. Sinónimo de espectro audible.

**coherencia**

Propiedad informacional de un estímulo que se refiere a su relación con el contexto. Esta propiedad identifica la lógica, ambigüedad o contradicción del paisaje.

**composición acústica**

Diseño deliberado de un ambiente sonoro.

**conocimiento locativo**

Dentro del proceso de percepción ambiental, se refiere a la conciencia del individuo sobre su ubicación en el contexto, por medio de la interpretación de señales informativas del espacio físico.

**conocimiento no-locativo**

Dentro del proceso de percepción ambiental, se refiere las experiencias que permiten evaluar un ambiente a partir de respuestas de agrado o desagrado.

**consonancia**

Relación armónica que provoca una sensación auditiva de distensión.

**constancia**

Presencia ininterrumpida del sonido dentro de un paisaje.

**control activo del sonido**

Referido al empleo de artefactos mecánicos o electrónicos para modificar las cualidades acústicas de un ambiente. Por ejemplo: sistemas que atenúan sonidos indeseados mediante el envío de señales de cancelación a través de un altavoz.

**control pasivo del sonido**

Referido al empleo de parámetros fijos para definir las cualidades acústicas de un ambiente. Por ejemplo: el diseño de la geometría de un recinto.

**cuerpo sonoro**

Objeto físico que produce un sonido

## D

**delay**

Efecto sonoro de eco, logrado por manipulación artificial a partir de la multiplicación y retraso de una señal procesada.

**densidad sonora**

Concentración elevada de señales en un ambiente sonoro.

**difracción**

Dispersión de una onda sonora al ser interceptada por un obstáculo o una abertura estrecha.

**difusión**

Diseminación de la energía sonora en el espacio y las superficies.

**dinámica musical**

Graduación de los niveles de intensidad sonora dentro de una composición.

**disonancia**

Relación armónica que provoca una sensación auditiva de tensión.

# E

**eco**

Reflexión sonora que se percibe como un sonido individual.

**ecualización**

Acción de modificar las frecuencias de un sonido para ajustarlas dentro de determinados valores.

**envolvente acústica**

Forma en que evoluciona la amplitud de una onda sonora durante su existencia. Su desarrollo se descompone en las etapas de: ataque, decaimiento, sostenimiento y caída.

**escala temperada**

Sistema de afinación más utilizado en la música occidental actual, que se basa la división de una octava en doce partes iguales.

**escucha**

Audición.

Persona que percibe el entorno a través de su sistema auditivo. Sinónimo de oyente.

**escucha causal**

Actitud auditiva orientada a identificar la fuente que produce el sonido.

**escucha reducida**

Actitud auditiva orientada a examinar el sonido y sus cualidades intrínsecas.

**escucha semántica**

Actitud auditiva orientada a comprender el mensaje que el sonido transmite.

**espacio acústico**

Área física que presenta rasgos sonoros en común.

Espacio virtual que se proyecta en la mente cuando se perciben estímulos sonoros con cualidades de ubicación.

Forma ilimitada y no lineal de estructurar información (según Marshall McLuhan).

**espacio significativo**

Territorio físico que un individuo o comunidad dota de contenido semántico.

**espectro audible**

Gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano. Sinónimo de campo tonal.

**estática (flat-line)**

Percepción sonora de monotonía, permanencia e invariabilidad.

**estruendo**

Sonido de gran intensidad.

**evento sonoro**

Sonido que se percibe como entidad individual dentro del contexto.

## F

**familiaridad**

Relación de un estímulo con referencias conocidas.

**fase**

~en fase: sincronía de las ondas sonoras que existen simultáneamente y con idéntico comportamiento en el tiempo.

**frecuencia**

Magnitud que relaciona el tiempo con el número de repeticiones de un suceso periódico. En las ondas sonoras, la frecuencia representa la cantidad de ciclos que ocurren durante el intervalo de un segundo. La frecuencia de vibración de la onda sonora suscita una sensación auditiva que llamamos tono.

**fuelle sonora**

Dispositivo o fenómeno que emite sonido.

**fundamental fantasma**

Fenómeno psico-auditivo que ocurre cuando se escucha un sonido y la mente completa la serie armónica que lo conforma, incluso cuando la frecuencia fundamental está ausente.

## G

**gesto**

Manifestación de una entidad individual

**grave**

Percepción de un sonido con frecuencia baja.

# H

## **hito sonoro**

Sonidos únicos que guardan un valor semántico importante y funcionan como referencia dentro del paisaje. Sinónimo de hito sonoro.

# I

## **imagen sonora**

Representación mental que se elabora al escuchar un estímulo auditivo.

## **imaginario sonoro**

Conjunto de ideas y símbolos colectivos con respecto al sonido.

## **índice acústico**

Sistema numérico para designar las octavas.

## **inteligibilidad**

Cualidad que permite que los elementos del ambiente sean percibidos.

## **intensidad acústica**

Magnitud física que depende de la amplitud de la onda sonora. Se percibe en términos de potencia que se pueden ordenar en una escala de fuerte a débil

## **intensidad musical**

Percepción subjetiva de la potencia acústica.

## **interlocutor**

Individuo que interactúa con el entorno a través del sonido, produciendo señales y utilizando su sistema auditivo.

## **intervalo**

Diferencia de frecuencia o altura entre dos notas musicales.

# L

## **legibilidad**

Capacidad del paisaje para ser asimilado.

# M

## **marca sonora**

Sonidos únicos que guardan un valor semántico importante y funcionan como referencia dentro del paisaje. Sinónimo de hito sonoro.

## **muro sonoro**

Barrera producida por la emisión continua de sonidos, que delimita y aísla espacios acústicos.

## **música**

El arte de organizar los sonidos mediante procesos psicológicos y emocionales para suscitar experiencias estéticas.

## **música abstracta**

Paradigma de composición donde las obras son primero concebidas y luego ejecutadas por intérpretes que producen los sonidos.

## **música acusmática**

Corriente que agrupa aquellas piezas compuestas mediante la manipulación de grabaciones y reproducidas mediante un sistema especial de altavoces cuidadosamente dispuestos en el espacio, llamado acusmónium.

## **música concreta**

Paradigma de composición que parte de la manipulación de sonidos registrados para concebir las piezas.

## **música electrónica**

Música producida con medios electrónicos.

# N

## **nota**

Sonido con una altura específica o tono.

## **nota tónica**

Sonido organizador que subyace bajo el conjunto de sonidos que conforman el paisaje sonoro, dotándolo de un carácter específico.

# O

## **objeto sonoro**

Partícula mínima del paisaje sonoro.

**octava**

Intervalo existente entre dos sonidos que guardan una distancia de ocho notas (dentro de una escala musical diatónica). La octava divide el espectro audible en partes iguales, a partir de los múltiplos exactos de una frecuencia dada.

**oyente**

Persona que percibe el entorno través de su sistema auditivo. Sinónimo de escucha.

## P

**paisaje sonoro**

Grupo de elementos perceptibles a través del oído, contextualizados en un espacio preciso. Sinónimo de ambiente sonoro.

**paneo (*panning*)**

Técnica que permite distribuir una señal sonora dentro del eje horizontal que definen los oídos. En un medio estéreo o multicanal, se percibe como un movimiento del sonido desde un lado al otro (de derecha a izquierda o viceversa).

**percepción aural**

Capacidad de recibir por medio del oído los estímulos para conocer algo.

Sensación interior que resulta de la captación realizada a través del sistema auditivo.

**pérdida por transmisión**

Fenómeno de atenuación que se debe a la transformación de la energía sonora en energía mecánica y térmica al incidir en un material.

**perspectiva sonora**

Percepción de planos espaciales al escuchar un paisaje sonoro.

**polifonía**

Textura musical en la que suenan múltiples voces de manera simultánea.

**propiedades colativas**

Cualidades de los estímulos que despiertan la curiosidad, porque provocan un conflicto perceptivo que incita a explorar y comparar el estímulo con otros para intentar resolverlo. Identificamos cuatro: novedad, complejidad, sorpresa y congruencia.

**propiedades informacionales**

Cualidades de los estímulos que permiten comprenderlos y explorarlos, de modo que afectan significativamente el juicio de preferencia sobre ellos. Distinguimos entre ellas: inteligibilidad, familiaridad y coherencia.

### **propiedades psicofísicas**

Cualidades objetivas de los estímulos y la forma en que nuestro aparato sensorial los percibe. Por ejemplo, en el sonido distinguimos intensidad, altura tonal, duración, disonancia, aspereza, etcétera.

## **R**

### **reflexión**

Fenómeno por el cual una onda se absorbe o regresa al chocar con un obstáculo.

### **refracción**

Fenómeno por el cual una onda desvía su dirección original al cambiar la densidad del medio.

### **registro sonoro**

Proceso de captura de datos o conversión de información auditiva a un formato almacenado en un medio físico. Equivalente de grabación.

Producto del proceso de captura de información auditiva en un medio físico.

### **resonancia**

Fenómeno que ocurre cuando un sonido tiene una frecuencia similar a la frecuencia natural de un cuerpo, e incide en él de forma constante, provocando que el cuerpo comience a vibrar con una amplitud progresiva.

### **reverberación**

Es la consecuencia de las reflexiones sonoras, y se percibe como una permanencia del sonido original después de que la fuente ha dejado de emitirlo.

### **ruido**

Perturbación que interfiere sobre la transmisión de señales. Se asocia con los sonidos indeseados, debido a su monotonía, alta intensidad, frecuencia perjudicial, larga duración, incoherencia dentro del contexto, nulo valor cultura, etcétera.

## **S**

### **semitono**

Cada una de las doce partes en que se divide la octava. Es la unidad mínima de la escala musical temperada.

### **señal sonora**

Entidad perceptible a través del oído.

**serie armónica**

Conjunto de armónicos que conforman una señal sonora. Se ordenan en orden creciente de acuerdo con su frecuencia.

**servidumbre acústica**

Término que se emplea en las legislaciones para referirse a territorios que quedan exentos de la aplicación de las regulaciones. Son espacios que por su función deben estar sometidos a altos niveles de intensidad sonora, como aeropuertos, zonas en obra con maquinaria, patios de maniobras, etc.

**signo**

Señal sonora que representa otra realidad física.

**símbolo**

Señal sonora que representa un concepto abstracto (moral o intelectual) por convención.

**símbolo identitario**

Componente del paisaje sonoro que representa un concepto con el que una comunidad se identifica.

**sinestesia**

Asimilación conjunta de sensaciones de diferentes sentidos en un mismo acto perceptivo. Por ejemplo: ver sonidos o escuchar colores.

**sistema de notación musical**

Convención que regula la forma de escribir en términos visuales; los parámetros que la música impone al sonido.

**sistema tonal**

Conjunto de principios musicales que regulan la forma de relacionar los sonidos a partir de su frecuencia o altura.

**sonido**

Onda mecánica que se transmite debido al desplazamiento de las moléculas de un fluido, y la sensación que provoca en el oído.

**soporte fijo**

Medio físico que almacena información auditiva.

# T

**temporalidad**

Presencia esporádica o puntual del sonido dentro de un paisaje.

**textura**

Conjunto de sonidos que forman una aglomeración donde no pueden percibirse como entidades individuales.

**timbre**

Cualidad acústica que permite identificar “el color” de cada sonido. Depende de los armónicos que conforman la señal y de la envolvente de amplitud.

**tonalidad**

Forma en que se manipulan las consonancias y las disonancias para jerarquizar los sonidos dentro de una composición. La tonalidad dota de una sensación armónica global a la obra.

**tonalidades espaciales**

Metodología de diseño arquitectónico basada en el control pasivo de resonancias para favorecer frecuencias específicas.

**tono**

Es la forma en que percibimos la frecuencia de las ondas sonoras.

**tono puro**

Señal sonora constituida por una sola onda sinusoidal simple.

# U

**unidades semióticas temporales**

Categorías de espacios acústicos, diferenciados por la semántica particular que poseen.

# V

**vitalidad**

Cualidad de actividad del ambiente sonoro.

# BIBLIOGRAFÍA

- Augoyard, Jean-François.** 1978. *Les pratiques d'habiter à travers les phénomènes sonores*. Grenoble: Cresson.
- Aragonés Tapia, Juan Ignacio y María Amérigo Cuervo-Arango.** 2010. *Psicología ambiental*. España: Pirámide.
- Daniel Berlyne.** 1960. *Conflict, Arousal and Curiosity*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Berry, John W.** 1992. *Psicología Intercultural: Investigación y aplicaciones*. Inglaterra: Cambridge University Press.
- Blesser, Barry.** 2009. *Spaces Speak, Are You Listening?: Experiencing Aural Architecture*. Massachusetts: MIT Press.
- Blesser, Barry y Linda-Ruth Salter.** 2012. Eventscapes: The Aural Experience of Space. Conferencia presentada en Academy of Architecture, mayo, en Amsterdam.
- Botella Ripoll, Ignacio.** 2011. Creación de un programa de simulación de sistema de refuerzo sonoro. Tesis de Grado. Telecomunicaciones, sonido e imagen, Escuela Politécnica Superior de Gandía.
- Bull, Michael.** 2003. *The Auditory Culture Reader*. Nueva York: Berg.
- McLuhan, Marsall.** 1960. Acoustic Space. En *Explorations in Communication*. Edmund Carpenter y Marshall McLuhan. Boston: Beacon Press.
- Cavanaugh, William (ed.) et al.** 2010. *Architectural Acoustics: Principles and Practice*. 2ª ed. Nueva York: Wiley John & Sons.
- Cavell, Richard.** 2009. *McLuhan in Space: A Cultural Geography*. Toronto: Toronto University Press.
- Chalkho, Rosa Judith.** 2008. Semiótica del sonido. *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación* 9 (febrero). Buenos Aires: Universidad de Palermo.
- Cochrane, Tom (ed.) et al.** 2013. *The Emotional Power of Music: Multidisciplinary Perspectives on Musical Arousal, Expression, and Social Control*. Inglaterra: Oxford University Press.
- Davis, Erik.** 1997. Acoustic Cyberspace. Conferencia presentada en "Xchange", noviembre, en Riga, Latvia.

- Davies, William et al.** 2013. Perception of Soundscapes: An Interdisciplinary Approach. *Applied Acoustics* 74, Elsevier.
- Eiriz, Claudio.** 2012. Una guía comentada acerca de la tipología y la morfología de Pierre Schaeffer. *Alquimia de lenguajes: alfabetización, enunciación y comunicación* 39. Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Buenos Aires: Universidad de Palermo.
- Eliade, Mircea.** 1957. *Lo sagrado y lo profano*. España: Paidós Ibérica.
- Elvira, Raffaele.** 2007. El teatro Goldoni de Livorno y la acústica de salas a la italiana. Ensayo presentado en Fundació UPC, septiembre, en Barcelona.
- Fritz T., Schmude P., Jentschke S., Friederici A. y Koelsch S.** 2013. From Understanding to Appreciating Music Cross-Culturally. *PLoS ONE* 8 (septiembre).
- Furlong, William.** 1994. Sound in Recent Art. *Audio Arts, discourse and practice in Contemporary Art*. Fragmento tomado de *¿Qué es el arte sonoro?* por Manuel Rocha Iturbide en: (*sitio web*), consultado el 30 de octubre de 2014.  
<http://www.artesonoro.net/artesonoroglobal/QueEsElArteSonoro.html>
- Grueneisen, Peter.** 2003. *Soundscape: Architecture for sound and vision*. Basilea: Birkhäuser.
- Gumbrecht, Hans Ulrich.** 2005. *Producción de presencia: Lo que el significado no puede transmitir*. México: Universidad Iberoamericana.
- Hall, Edward.** 1972. *La dimensión oculta*. México: Siglo XXI.
- Hautbois, Xavier.** "Temporal Semiotic Units (TSUs), a Very Short Introduction" en *Laboratoire Musique et Informatique de Marseille (sitio web)*, consultada el 22 de marzo de 2014.  
<http://www.labo-im.org/site/index.php?2013/03/29/225-temporal-semiotic-units-tsus-a-very-short-introduction>
- Holahan, Charles J.** 2007. *Psicología ambiental: Un enfoque general*. México: Limusa.
- JOEL SANDERS ARCHITECT.** Sitio web oficial del arquitecto Joel Sanders.  
<http://www.joelsandersarchitect.com>
- Kandinski, Vasili.** 1989. *De lo espiritual en el arte*. México: Premià editora.

- Koelsch, Stefan y Julia Grieser.** 2011. Can Out-of-Context Musical Sounds Convey Meaning? An ERP Study on the Processing of Meaning in Music. *Psychophysiology* 48 (mayo).
- Koelsch, Stefan.** 2014. Brain Correlates of Music-evoked Emotions. *Nature Reviews Neuroscience* 15 (febrero).
- LaBelle, Brandon.** 2010. *Acoustic Territories: Sound Culture and Everyday Life*. Inglaterra: Bloomsbury Academic.
- Lefebvre, Henri.** 1992. *The Production of Space*. EUA: Wiley-Blackwell.
- Levitin, Daniel J.** 2007. *This Is Your Brain on Music: The Science of a Human Obsession*. Nueva York: Plume Penguin.
- López Barrio, Isabel y Carles, J.L.** 1995. Acoustic Dimensions of Inhabited Areas: Quality Criteria. *The Soundscape Newsletter* 10.
- López Barrio, Isabel y José Domingo Guillén Rodríguez.** 2005. *Medio ambiente y comportamiento humano*. España: Resma.
- López, Juan-Gil.** 2013. *La auralidad consensuada: paisaje sonoro y redes sociales*. Ensayo en Centro Virtual Cervantes (*sitio web*), consultado el 5 de noviembre de 2014.  
[http://cvc.cervantes.es/artes/paisajes\\_sonoros/p\\_sonoros01/gil/gil\\_01.html](http://cvc.cervantes.es/artes/paisajes_sonoros/p_sonoros01/gil/gil_01.html).
- Lynch, Kevin.** 1972. *What Time is This Place?* Massachusetts: MIT Press.
- Marlow, Eugene,** "The Influence of Transportation Technologies on Popular Culture", The MarlowSphere Blog. Comentario publicado el 27 de enero 2014 (consultado el 15 de abril de 2014):  
<http://www.eugenemarlow.com/2014/01/27/the-influence-of-transportation-technologies-on-popular-culture>.
- Merino de la Fuente, Jesús Mariano.** 2006. *Las vibraciones de la música*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- MINISTERIO DE FOMENTO.** Gobierno de España. 2003. España: Jefatura del Estado. Ley 37/2003 de 17 de noviembre, Ruido.
- Narváez, A.** 2010. *La morfogénesis de la ciudad: elementos para una teoría de los imaginarios urbanos*. Monterrey: UANL.
- Pallasmaa, Juhani.** 2006. *Los ojos de la piel*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Pajares Alonso, Roberto L.** 2011. *Historia de la música en 6 bloques*. España: Visión Libros.

- Porteous, J.** 1990. *Landscapes of the Mind*. Toronto: University of Toronto Press.
- Room, H. y Blackwell, B. (ed.)** 1986. *The Social Construction of Emotion*, Inglaterra: Oxford Press.
- Saposhkov, Mijail.** 1983. *Electroacústica*. Barcelona: Reverte.
- SEMARNAT.** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2013. México: SEGOB. Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, modificada en abril del 2013.
- SOUNDSCAPE ARCHITECTURE.** Sitio web de Karen Van Lengen, Worthy Martin, James Welty y Troy Rogers. <http://soundscape.iath.virginia.edu>.
- Southworth, Michael.** 1969. The Sonic Environment of the Cities. *Environment and Behavior* 1 (junio): 49-70.
- Schaeffer, Pierre.** 1988. *Tratado de los objetos musicales*. Madrid: Alianza.
- Schafer, Murray.** 1977. *The Soundscape: the Tuning of the World*. Vermont: Destiny Books.
- Schafer, Murray,** conversación por videoconferencia, marzo 19, 2014.
- Sterne, Jonathan (ed.)** 2012. *The Sound Studies Reader*. Inglaterra: Routledge.
- Stocker, Michael.** 2013. *Hear Where We Are: Sound, Ecology, and Sense of Place*. Nueva York: Springer.
- Stuckenschmidt, H.** 1960. *La música del siglo XX*. Madrid: Guadarrama.
- Swinkin, Jeffrey.** 2012. An Account of Emotional Specificity in Classic-Romantic Music. *Current Musicology Journal* 94. Nueva York: Universidad de Columbia.
- Tácito,** 1877. *The Agricola and Germania*, trad. A. J. Church y W. J. Brodribb. Londres: Macmillan (consultado en internet el 10 de noviembre de 2013) en <http://www.fordham.edu>.
- Thompson, Emily.** 2002. *The Soundscape of Modernity: Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America 1900-1933*. Massachusetts: MIT Press.
- Truax, Barry.** 1984. *Acoustic Communication*. Nueva Jersey: Ablex Publishing.

