

El sonido emitido por el espacio físico y el espacio invisible construido por el sonido^{1,2,3}

[sound emitted by physical space and invisible spaces built by sound]

✦

Sofía Balbontín⁴
Universidad de las Américas
Santiago, Chile

✦

Mathias Klenner
Universidad de las Américas
Santiago, Chile

Cómo citar este artículo: Balbontín, S. y Klenner, M. (2022). El sonido emitido por el espacio físico y el espacio invisible construido por el sonido. *Revista I80*, (49), 29-42.
[http://dx.doi.org/10.32995/revI80.Num-49.\(2022\).art-854](http://dx.doi.org/10.32995/revI80.Num-49.(2022).art-854)

DOI: [http://dx.doi.org/10.32995/revI80.Num-49.\(2022\).art-854](http://dx.doi.org/10.32995/revI80.Num-49.(2022).art-854)

Resumen

La investigación presenta un primer intento de definir el concepto de espacio-sonoro a partir de la experiencia estética y auditiva del sonido en el espacio, observando las interacciones entre sonido y arquitectura reveladas por la percepción sonora. La importancia del sonido en la configuración del espacio considera la arquitectura, no desde su dimensión constructiva, sino como un ambiente sensible, donde el sonido construye entornos vivos y animados. Los casos de estudio para la experimentación son espacios industriales y arquitecturas sublimes de tiempos de guerra, infraestructuras abandonadas en los márgenes de la memoria y lo urbano, lugares inhabitables con una acústica única y exacerbada. A partir de una serie de composiciones elaboradas con registros de campo al interior de los casos de estudio, se trabajó con la interpretación subjetiva de una muestra de personas utilizando la escucha reactiva como principal metodología. La experiencia estética de escucha traduce la información acústica a través de comparaciones y asociaciones que utilizan los sentidos, la sinestesia, la memoria, las construcciones personales y sociales de la realidad y la relación afectiva que tenemos con el entorno, para dar forma y definición al espacio-sonoro.

Palabras clave: arquitectura auditiva; espacio-sonoro; espacio; sonido; percepción

Abstract

This research presents a first attempt to define the concept of sound-space from the aesthetic and auditory experience of sound in space, through the observation of the interactions between sound and architecture revealed by sound perception. The importance of sound in the configuration of space regards architecture not as its constructive conditions, but instead, as a sensible environment where sound builds animated environments. The case studies for the experiment are industrial spaces and sublime wartime architectures, abandoned infrastructures at the margins of memory, and the urban, uninhabitable places with unique and exacerbated acoustics. A series of compositions were made from the field recordings within the case studies, to work with the subjective interpretation of a sample of people using reactive listening as the main methodology. This aesthetic experience translates acoustic information through comparisons and associations that use the senses, synesthesia, memory, personal and social constructions of reality, and the affective relationship we have with the environment to give shape and definition to the sound-space.

Keywords: auditory architecture; perception; sound; sound-space; space

Introducción

Este artículo presenta un primer intento de definir el concepto de espacio-sonoro a partir de la experiencia estética-auditiva del sonido en el espacio, observando los principios audibles que construyen espacios conformados por la percepción sonora, en comparación con un breve análisis acústico que permite una lectura doble cualitativa-cuantitativa. El proceso de investigación consiste en un trabajo en terreno donde se recoge información sonora de una serie de espacios industriales a través de la práctica artística y registros de campo. Luego, este material se organiza en composiciones y se aplica una metodología de escucha a una muestra de personas. Los resultados de estas entrevistas se comparan con la información acústica de los espacios para obtener las conclusiones.

A pesar de abordar temas relacionados con la acústica, es importante declarar que la presente investigación no es acerca de acústica arquitectónica, sino de *arquitectura audible* (Blesser & Salter, 2009b), lo cual redirecciona los conocimientos técnicos de la acústica hacia la manera de percibir el fenómeno del sonido en el espacio. Para Barry Blesser y Linda Ruth-Salter (2009a) tanto el sonido como el espacio comunican un mensaje con un lenguaje propio. El sonido hace audible la geometría del espacio, al mismo tiempo que la acústica espacial modifica ese mensaje sonoro y, con ello nuestra experiencia auditiva. Blesser y Salter nombran el sonido del espacio como arquitectura audible y lo definen como aquellas propiedades geométrico-espaciales que tienen una manifestación sonora y que son percibidas por la experiencia humana. La arquitectura audible utiliza la experiencia humana como su lenguaje, mientras la *arquitectura acústica* responde únicamente a las propiedades físicas del sonido en el espacio. La arquitectura audible produce una serie de señales que pueden ser detectadas, decodificadas e interpretadas por oyentes en una "conciencia espacial auditiva" (Blesser & Salter, 2009b, p. 58). Aquellas señales sonoras del espacio tienen una influencia en nuestro comportamiento, respuesta emocional y en nuestra intimidad, que reconfigura el carácter del espacio.

Según Augoyard y Torgue (2006), a pesar de que se puede medir físicamente la acústica del espacio, no es posible hacer mediciones precisas, por esa razón, las herramientas cuantitativas no son suficientes para la comprensión total de la información sonora de un espacio y es necesario implementar metodologías cualitativas. La dificultad de medición también recae en la naturaleza del fenómeno sonoro, que involucra el espacio, el tiempo y las relaciones particulares con el contexto.

Para Botteldooren et al. (2016) el sistema auditivo determina la escucha, que a su vez consiste en un sistema complejo de funciones cognitivas que involucra a la memoria (constructos predeterminados), y se determina por diferentes niveles de atención o

tipos de escucha. El sistema auditivo utiliza las propiedades acústicas del sonido (frecuencia, intensidad, ritmo, timbre, etc.) para entender su contexto espacial. El sonido en el espacio se construye a partir de las reflexiones sonoras que son filtradas por las geometrías de la arquitectura, entregando información respecto de su composición morfológica, la que es absorbida perceptualmente. Sin tener una exactitud inequívoca, la capacidad perceptual de la audición permite combinar intensidades con la reflexión acústica para estimar, por ejemplo, la distancia de una fuente sonora (Wolfe et al., 2006).

El acceso cognitivo al sonido del espacio será a través de la escucha, implicando sensibilidades y emociones que significan el espacio de acuerdo con asociaciones afectivas que conectan con la memoria acústica de otros espacios vividos. Frente a la incapacidad de llevar la muestra de personas a los espacios estudiados, el sistema de escucha se enfocará principalmente en la escucha binaural de los espacios mediante audífonos.

Espacio-sonoro

La Sociedad Acústica de América (ASA, por sus siglas en inglés) define el sonido como:

- a) Oscilación de presión, tensión, desplazamiento de partículas, velocidad de partículas, etc., propagada en un medio con fuerzas internas (por ejemplo, elásticas o viscosas), o la superposición de dicha oscilación propagada; b) Sensación auditiva evocada por la oscilación descrita en (a) (s.p.).

La norma ISO 12913-1:2014 define "acústica" como "el sonido que es modificado por el ambiente" (International Organization for Standardization [ISO], 2014, s.p.). Según Daumal (2002), la conformación del fenómeno espacial y sonoro se desprende de una trilogía básica que corresponde a emisión (fuente sonora), propagación (espacio) y audición (percepción), donde la propagación afecta el significado del mensaje sonoro y, a su vez, la concepción de los espacios. Daumal⁶ define el espacio-sonoro como la respuesta sonora de recintos (interiores y exteriores), entendiendo el espacio como un pentagrama musical que responde a la relación de los sonidos con el contexto físico, considerando la forma en que el espacio le da al aire que contiene, como una variable fundamental que definirá el carácter acústico y la personalidad del espacio.

Por su parte, Blesser y Salter (2007) destacan la gran diferencia que existe entre el espacio visual y el espacio-sonoro. A pesar de que en términos físicos tanto la luz como el sonido mantienen parámetros similares (ambos son ondas que se propagan por el espacio), la velocidad de propagación es radicalmente diferente, siendo perceptible en el caso del sonido e imperceptible en el caso de la luz. En ese sentido, la propagación del sonido por el espacio permite visualizar una temporalidad. "We hear aural architecture by the way that the space changes a sound's spectrum, intensity, and temporal sequence... in a very real sense, sound is time" (Blesser & Salter, 2007, p.17)⁷.

Xenakis (1958) considera los principios de la espacialización sonora para definir el espacio-sonoro, comenzando desde el parlante como una fuente puntual de sonido que al repetirse por el espacio podría conformar una línea y que al expandirse dentro de una red ortogonal podría definir un plano acústico. Este plano acústico podría tridimensionalizarse como un plano liso y recto o como una superficie curva, reglada o una *warped surface*, dando como fruto dos versiones de espacios-sonoros: estereofonías estáticas y estereofonías cinemáticas. En una estereofonía estática, el sonido se emite de manera simultánea por todo el espacio. En una estereofonía cinemática, el sonido está en movimiento, pasando de un punto sonoro a otro conformando líneas que dibujan espacios a través del sonido que viaja, donde podrían incorporarse nociones de velocidad y aceleración. Xenakis concibe el espacio sonoro como un proceso de transformación del sonido hacia un modo de espacialización, como formas de contracción y expansión del sonido mismo (Perez, 2008).

Para definir el espacio-sonoro, se vuelve necesario redefinir el término "espacio", entendiendo este como una secuencia de sensaciones espaciales o una serie de eventos temporales, donde el espacio se despliega en el tiempo. En la obra de Leitner (1978), arquitecto y compositor, el espacio-sonoro pasa a ser un espacio en constante transformación, definido por el sonido mismo y su evolución en el tiempo. El espacio-sonoro otorga conocimiento del tiempo y la interacción del sonido con el entorno, lo que afecta al tipo y calidad de la experiencia sonora. Leitner (1971) realizó una serie de experimentos para mover el sonido a través del espacio considerando el cuerpo como sistema de escucha, culminando en la creación de un espacio invisible que se construye solo a partir del sonido. El espacio-sonoro queda manifiesto desde la experiencia auditiva del espectador/auditor, construida por experimentos acústicos como métodos de control y articulación de la experiencia sensorial en el espacio. En la obra *Spaces* (1969/1970) en el Museo de Arte Moderno de Nueva York, MoMA, Asher (Museum of Modern Art, MoMA, 1969) forra el interior de la sala con tablero acústico para

reducir la reverberación, silenciando el espacio. El juego que genera Asher entre objeto de arte y experiencia sonora evoca la reflexión acerca de qué es lo que constituye el espacio, aumentando el espectro perceptual de la arquitectura, donde el espacio sonoro funciona como contenedor de fenómenos perceptivos (Asher, 1983). En su obra, Asher altera la expectativa perceptual al transformar la experiencia en una estimulación del espacio-sonoro, con la pretensión de guiar al espectador a un cuestionamiento de las condiciones espaciales y acústicas desde su propia interpretación perceptual (Labelle, 2015).

Metodología

La investigación combina métodos teóricos, fenomenológicos y prácticos. Los métodos teóricos aparecen en forma de revisión de literatura y entrevistas con cuatro expertos en el tema de espacio-sonido y/o música-arquitectura para construir el territorio teórico desde donde se pueda desenvolver la investigación: Brandon Labelle desde la concepción teórica del arte sonoro como una práctica social; Bernhard Leitner desde la concepción artística y práctica de la conformación del espacio a través del sonido; Anna Bofill (1975) desde el método análogo de diseño arquitectónico y composición musical; y Francesc Daumal (1986), desde la acústica arquitectónica. Los métodos prácticos aparecen en forma de activaciones sonoras y performance que se llevaron a cabo a través de medios electrónicos y acústicos registrados y luego editados en composiciones que conforman un álbum⁸. Los métodos fenomenológicos trabajan con el álbum elaborado y una muestra de personas a la que se le aplicó el método de escucha reactiva⁹ para recopilar información sensible del espacio sonoro a través de la percepción auditiva. Finalmente, se hace una comparación entre las interpretaciones subjetivas y un breve análisis acústico con la intención de visibilizar ciertas relaciones entre el comportamiento del sonido en el espacio y su efecto sensorial en las personas. El análisis acústico en formato de tablas y gráficos de información cumple la función de visualizar el comportamiento del sonido en el espacio a través de una notación descriptiva que

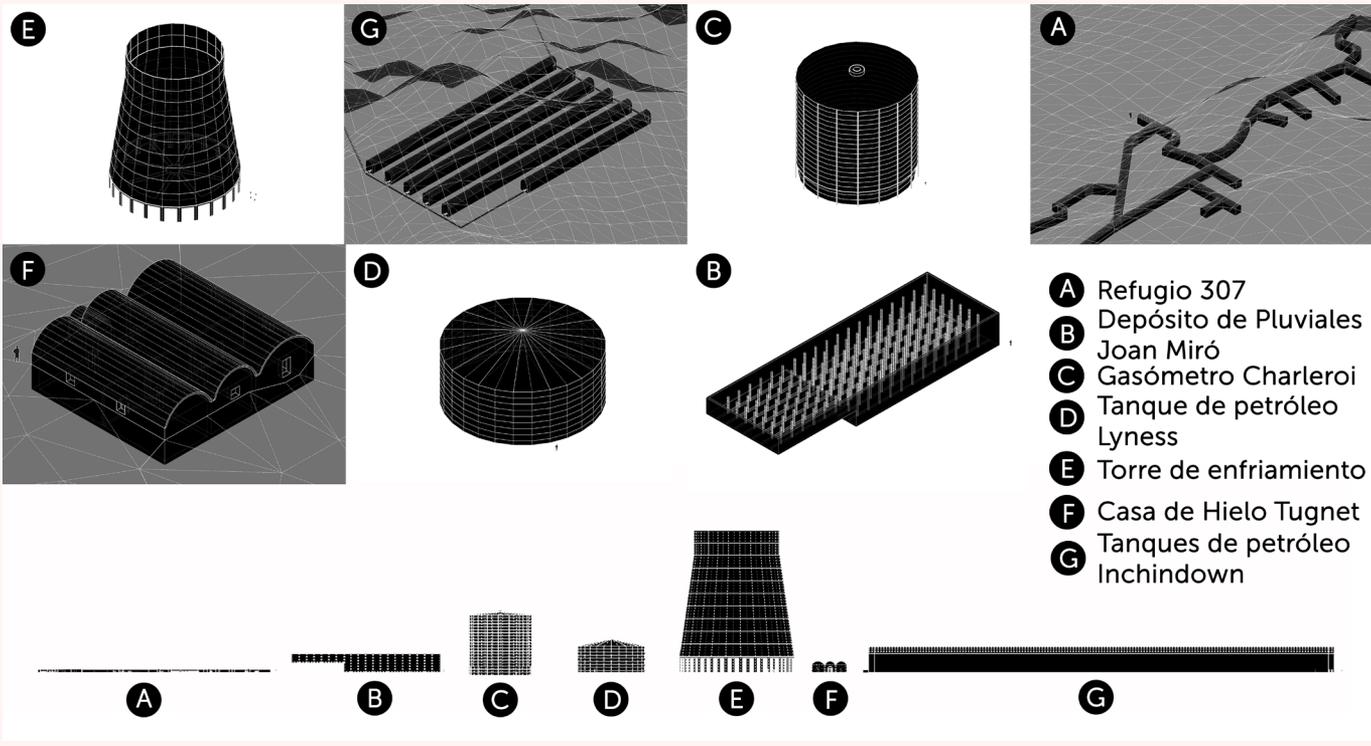


Figura 1
 Mapa de ubicación de los casos de estudio

Figura 2
 Casos de estudio

utiliza los parámetros interdependientes de intensidad, frecuencia y tiempo.

Casos de estudio

Los casos de estudio para la experimentación son espacios inhabitables con acústicas únicas y exacerbadas: una torre de enfriamiento y un gasómetro de una central eléctrica abandonada en Charleroi en Bélgica; un depósito de pluviales y un refugio anti-aéreo de la Guerra Civil en Barcelona, España; dos tanques de petróleo de la Segunda Guerra Mundial; y un depósito de hielo en Escocia, Reino Unido, con reverberaciones de 5-80 segundos (Figura 1).

Torre de enfriamiento y gasómetro Charleroi, Bélgica

La torre de enfriamiento es parte de la planta termoeléctrica de Charleroi, que fue construida originalmente en 1921, una de las más grandes de Bélgica, actualmente abandonada. La torre de enfriamiento es una estructura de hormigón en forma de cono truncado y junto con ella se ubica el gasómetro que consiste en un cilindro de acero.

Tanque de petróleo de Lyness, Escocia, Reino Unido

El tanque es una estructura de acero cilíndrica que pertenece a la base militar de Lyness, que albergó al ejército durante la Primera y Segunda Guerra Mundial.

Depósito de pluviales Joan Miró, Barcelona, España

El depósito de pluviales está actualmente en uso y es el lugar donde las aguas lluvia de Barcelona se acumulan cuando fuertes tormentas golpean la ciudad.

Refugio 307, Barcelona, España

El refugio 307, es uno de los muchos refugios anti-aéreos creados durante la Guerra Civil española para protegerse de las bombas que caían sobre la ciudad.

Casa de hielo de Tugnet, Escocia, Reino Unido

Se construyó en 1830 como un recinto industrial para almacenar hielo, siendo la locación más importante de este tipo que aún se conserva en Reino Unido.

Tanques de petróleo de Inchindown, Escocia, Reino Unido

Los tanques son un depósito subterráneo de petróleo en Invergordon, Ross-shire, Escocia, construidos con fines bélicos. Para ingresar al tanque hay que atravesar una tubería de 45 cm de diámetro y 3 m de largo. El interior del tanque, construido en hormigón, es un espacio largo y abovedado cubierto de petróleo, en un silencio absoluto que se rompe con cualquier sonido emitido.

La voz del espacio

El análisis cualitativo de los espacios se hace sobre la base de la experiencia sensible (Amphoux, 1990, 1991, 1993, 1998) de una muestra de personas a través del método de escucha reactiva, centrado en la información estética del sonido y en la interpretación subjetiva. Luego, se genera un cruce de datos y una superposición entre los resultados cuantitativos y cualitativos.

La preparación del material sonoro consiste en el registro de activaciones acústicas dentro de los espacios de estudio, con elementos encontrados en el lugar, utilizando voces y percusiones en los elementos que conforman la arquitectura; y de activaciones electrónicas a través de los métodos de respuesta de impulso¹⁰, barrido de frecuencias¹¹ y retroalimentación lenta¹², considerando la práctica artística de organizar sonidos no musicales en una acción performática de sitio específico (Pardo, 2017). Con este material, y a partir de un trabajo de selección y edición, se hizo una composición sonora de cada espacio, que en su conjunto conforman un álbum completo impreso en vinilo¹³.

A partir de la escucha reducida (Schaeffer, 1966) y la escucha profunda (*deep listening*) que considera la preparación del cuerpo desde un estado meditativo para la escucha de eventos auditivos con base en la atención plena (Oliveros, 2005), se seleccionó una muestra heterogénea de 14 personas para escuchar el álbum. Con este método se hizo un análisis estético del espacio-sonoro (Tabla 1).

Tabla I
Resultados de entrevista de escucha reactiva

	EXPERIENCIA	ESPACIO	MORFOLOGÍA	COMPORTAMIENTO SONORO
INCHINDOWN	Una tormenta, un trueno, una sensación de que una geografía entera funciona como caja de resonancia. Se siente la distancia a través de la reverberación. Hay un tono frío, oscuro y húmedo, de suspenso, de terror o ciencia ficción. Sensación de miedo, soledad y pequeñez asociado a algo místico y divino. Una sensación de oscuridad y vacío, como un hoyo negro. Sensación de encierro, claustrofobia y de la necesidad de un refugio. Las reflexiones sonoras se dan a mucha distancia, dejando en evidencia la dimensión del espacio a través del sonido, forjando una profundidad, como el movimiento de una marea en el fondo del mar. La refracción del sonido es tan intensa que todo se vuelve ininteligible. El flujo sonoro es como el viento, un coro en el aire o un gong.	Un espacio subterráneo, enorme, y cerrado, como el interior de una gran caverna acristalada con grandes abismos y acantilados cerca del mar. Un gran tambor, alto, ancho y cupular. Una fábrica vacía de metal.	Metal, vidrio, cemento, agua, liso y reflectante. Una masa sonora de formas largas y una textura de repeticiones que se amplían y se desvanecen sobre un suelo líquido.	Tonalidad mayor, viva y fuerte. El sonido viaja en espiral y decrece en un campo amplio de frecuencias que evoca un espectro de colores. Movimientos ascendentes y lentos, donde las frecuencias bajas se escuchan aún más lentas. El sonido se expande radialmente con infinitos rebotes en zonas irregulares. Se mantiene en el tiempo dejando una estela que se confunde con su origen. El movimiento del sonido es contenido y expansivo a la vez, como el movimiento de una ola.
LYNESS	Grandes masas de tierra en movimiento, sonidos telúricos, como choques de grandes masas de sonidos. Diferentes registros, timbres y tonalidades, como si hubiera 20 instrumentos distintos, o bien, como si se estuviera dentro de un piano. Sensación de oscuridad, de pequeñez, de muerte, de algo antiguo. Presencia de sonidos sintéticos y musicales, disonantes y armónicos, reflexiones, ondas estacionarias en una lucha, batimiento. Presencia de objetos vibratorios gigantes, de campanas, de un coro, de monjes tibetanos, de maquinarias, un motor, una hélice. Se genera un flujo como un viento o un oleaje de mar interno que conforma una masa sonora que se mueve y que recorre largas distancias. El espacio está contenido y tiene mucha presión, como bajo el agua, a tal nivel que se genera una vibración y una densidad. El sonido está filtrado en un mismo tono.	Espacio profundo. Un tubo gigante de plástico, ancho, largo y con curvas. Una catedral grande, metálica y rectangular. Una sala de conciertos o de un museo, de muros lisos y pulcros. Un espacio industrial, amplio y esférico. Un espacio subterráneo, amplio, bajo pero extendido y cerrado.	Metal, goma, piedra, tierra. El sonido tiene una textura viscosa. Presencia de agua.	La expansión del sonido se da en todas las direcciones, dejando una estela que se vuelve virtual. El sonido se ve modificado por el espacio como un filtro que distorsiona el sonido y lo refleja de una manera musical. Es un tono oscuro con un movimiento ascendente y con un constante <i>decay</i> .
GASÓMETRO	Una piscina temperada, neblina, agua en movimiento, un coro de voces, un xilófono, campanas, vibraciones múltiples y simultáneas, una radio que sintoniza varias emisoras a la vez, viento, flujo, la selva, vegetación. Un espacio al exterior, una represa que se abre y se viene el agua encima. Un territorio plano y urbano con mar, como una playa en la ciudad. El sonido es como el canto de un bosque amplificado, con grandes ríos, fauna y grandes acantilados, que conforman un paisaje sonoro que, a su vez, pasa por un filtro transformándose en una gran masa sonora, en un sonido congelado. El sonido es producto del eco y de ondas estacionarias, de un ruido blanco y frecuencias altas, una masa de aire que viaja, como un flujo que se vuelve melódico y rítmico. Presencia de sonidos como de herramientas de campo, maquinaria para cosechar trigo, un motor. El sonido se vuelve un <i>drone</i> , como si alguien estuviese empujando una piedra por todo el espacio, un helicóptero sobre la selva o el motor de un submarino.	Un espacio al exterior, una playa, un bosque. Es un espacio esférico, suspendido. Espacio redondo, alto y sin techo. Un túnel abovedado lleno de pájaros que pasa por una estación cúbica, como el metro. Presencia de dos espacios, generando una apertura. Es un espacio abierto, natural, húmedo y con neblina. Un desagüe.	Sonido metálico que se expande de forma radial, esférica, como metal dentro del agua. El sonido tiene una textura heterogénea, un collage de texturas; vegetal, madera, vidrio, pétrea, terrosa, metales oxidados, minerales, materialidad blanca, acuosa, viscosa y mucha humedad.	El sonido es estático y puntual que dibuja una trayectoria continua y lineal. Tiene un movimiento circular, constante y cíclico, como un espiral ascendente. Hay sonidos y vibraciones cortas y largas, que se perciben en un constante decreciendo.

<p>PLUVIALES</p>	<p>El sonido bajo un puente, dentro del metro, bajo tierra, una cueva subterránea con agua corriendo por las paredes, un alcantarillado con muchas direcciones, un río subterráneo. Un ambiente acuático y abierto, como un mirador sobre el mar que genera una sensación envolvente de mucha agua y de altura. Hay un canto como un rugido desde las profundidades de la tierra o como una ola del mar sobre un fondo rugoso y plano que evoca el movimiento del sonido, como agua en movimiento. Hay mucho aire y mucho espacio con presencia de vibraciones en tonos graves, resonancia de elementos, sonidos en capas a distintas distancias, como una galaxia de sonidos donde cada uno se mueve en su propia órbita. Se lee la distancia del espacio a través del sonido.</p>	<p>El espacio es como un estacionamiento gigante, una planta libre infinita, con techo y suelo, pero sin muros, como un horizonte sin límites. Un espacio amplio y tubular en horizontal. Un espacio subterráneo, bajo el mar.</p>	<p>Textura pétrea, metálica, rugosa, rocosa, irregular, presencia de óxido, agua, barro y tierra. Una textura dura y materialidad sólida y definida, como de hormigón.</p>	<p>El sonido viaja, se mueve, se repite, se acerca y se aleja. El sonido tiene un desplazamiento extenso, lineal y tiene un movimiento de cambio de distancias. El sonido evoca el movimiento continuo de una masa de agua, que se gatilla, viaja, se transforma, resuena y se desvanece. Una respuesta muy larga del espacio, lenta y prolongada.</p>
<p>TORRE CH.</p>	<p>Un templo de mármol en una selva frondosa con una fuente al centro. El sonido se escucha desde el interior de la fuente, desde debajo del agua, a través de un filtro acuático, como un espacio uterino. Un palacio de mármol como el gran central de Nueva York, que evoca un ambiente urbano no tan grande, más bien íntimo. Un espacio público abierto o semiabierto, amplio, una calle o una plaza rodeada de edificios, con un sonido que llena, que viene desde lo alto de los edificios. El sonido recorre y genera una sensación onírica, de sonido en movimiento, de viaje, de una realidad que va y viene. Evoca el sonido interno de una nave espacial o de un insecto, la presencia de un motor, de energía. Sensación de encierro, estrés, agobio.</p>	<p>Es un espacio diseñado, geométrico, regular, simétrico y alto. Un templo de mármol y ortogonal. Un estanque de gas metálico, cilíndrico y horizontal. Una mezcla de un espacio tubular con un espacio urbano.</p>	<p>Textura sólida y maciza como de hormigón. La reverberación del sonido le otorga al espacio un ruido de fondo, un <i>drone</i> de textura rugosa y sucia.</p>	<p>El sonido tiene un rebote, un efecto de batido. Presencia de eco y ondas estacionarias. El sonido se mueve de manera breve, con frecuencias controladas, viajes locales, como una gota que cae lento y que aumenta su radio al caer. El sonido se mueve en espiral dentro de un tubo y luego se amplía, reverbera de manera más lenta, con mayor amplitud de onda.</p>
<p>REFUGIO</p>	<p>Un montón de sábanas en horizontal ondulares y suaves, o un desierto con pequeñas lomas, un exterior irregular que a ratos es un espacio más interior que otros, producto de la presencia de reverberación y absorción al mismo tiempo. Es un espacio tonal, como un instrumento afinado, con presencia de acordes, armónicos, superposición de frecuencias sutiles y cuencos tibetanos en un flujo de aire, que conforma una sumatoria de planos con algunos lisos y otros rugosos. El espacio evoca un <i>drone</i> mecánico como una moto, un espacio caótico de trabajo o de experimentación con maquinarias funcionando con voluntad propia.</p>	<p>Un interior, pequeño, poroso, de madera y cerrado. Espacio plano, neutro y rectangular de hormigón y metal. Una mina, una caverna, una catacumba. Un hoyo en la montaña, como una mina o un tren subterráneo. Un salón de planta libre metálico y liso, con objetos como mobiliario.</p>	<p>Textura de lata y espuma. Por un lado, el interior es de tierra irregular, poroso, como una textura de tela, y por el otro lado, es metálico.</p>	<p>Se destaca la presencia de armónicos, con cambios de tono que ascienden y descienden con lentitud. El movimiento del sonido es como una tela al viento, irregular con una linealidad oscilatoria, horizontal, libre y diverso, pero estático, constante y seco. El sonido se desplaza a lo largo del túnel como un corchete, un patrón.</p>
<p>TUGNET</p>	<p>Un baño público abandonado de techos altos y abovedados. Un espacio tubular que se mueve por los extremos, como un anillo interior que va de un extremo al otro en un vaivén. Un teatro subterráneo de tonalidad aguda con un sonido estático, seco y homogéneo, que evoca la presencia de distintos materiales. El espacio está inflado y el aire es denso, y se percibe como una pieza pequeña, rectangular, de cemento, en movimiento sobre un tren con rieles de acero. El sonido es tonal, pero no tan armónico, con la presencia constante de una sombra sonora, una repetición diluida de cada sonido, como voces lejanas y distorsionadas. El sonido comienza a corrugarse, a girar en espiral sobre una superficie interna porosa que lo refleja de forma irregular, otorgándole un movimiento desordenado. El sonido rebota dentro y la respuesta del espacio es metálica. Sensación de estar a la sombra en un lugar frío y húmedo.</p>	<p>Una bóveda. Espacio a escala humana, de tamaño pequeño o medio, tubular o cupular, como un túnel con un escenario o una concha acústica como una cápsula. Una sala de clases, no completamente cúbica (con un talud), de superficie blanda, pero con rebote metálico como de cobre.</p>	<p>El sonido es de textura metálica, específicamente de cobre, lisa, con rebote limpio. Presencia de cemento, piedra y tierra, lisa y plana.</p>	<p>El sonido es estático, seco y homogéneo, que se filtra y se distorsiona por el espacio. El movimiento es reverberante, pero controlado, circular y plano. Existe un rebote del sonido. El espacio vibra desde las frecuencias graves a las agudas. Presencia de eco y reverberación.</p>

Nota: Resultados de entrevista de escucha reactiva en base a la lengua poliglota (Thibaud, 2001).

Tabla 2
 Tiempos de reverberación (T60)

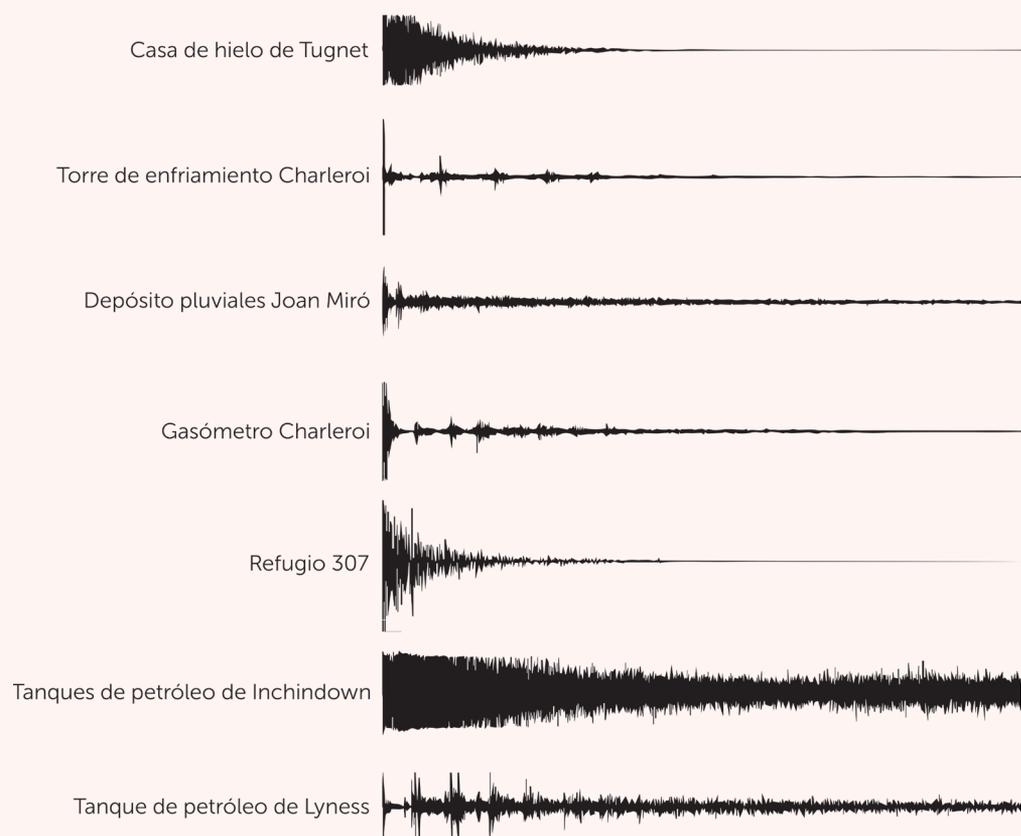
Espacios	Tiempo (S)	Volumen (M ³)	Alto (M)	Largo (M)	Ancho (M)
Torre de enfriamiento Charleroi	15	212.057,5	75	-	60
Gasómetro Charleroi	20	27.369,5	32	-	33
Tanque de petróleo de Lyness	44	17.318	18	-	35
Depósito de pluviales Joan Miró	30	55.000	10	76,75	24,4
Refugio 307, Barcelona	4-8	926	2	300	1,50
Casa de hielo de Tugnet	8	220	6	7,5	5
Tanque de petróleo de Inchindown	80	277.29	13	237	9

La entrevista aborda cuatro aspectos en directa relación con la definición estética y sensorial del espacio-sonoro: la experiencia subjetiva, la interpretación espacial, la morfología acústica y el comportamiento del sonido en el espacio. Se consideraron herramientas sinestésicas que pudieran traducir la información sensorial de un sentido audible a uno visual para lograr describir la materia sonora. El uso de la sinestesia se apoya en el hecho de que lo óptico tiene un dominio sobre el lenguaje, o más bien, el lenguaje tiene un dominio sobre lo óptico, dejando a los otros sentidos como "no entrenados" en el lenguaje. Se recurre entonces al lenguaje visual para describir lo sonoro y con ello obtener interpretaciones que evocan recuerdos y sensaciones, asociaciones conceptuales y plásticas, decantando en una visualización material del flujo sonoro (Cox, 2018). El concepto de sinestesia utilizado en esta investigación corresponde al de metáfora sinestésica utilizado principalmente en experiencias artísticas (Basbaum, 2002, 2003).

Una primera aproximación afectiva a los sonidos generados por el espacio que arrojan las entrevistas, viene de asociaciones a los movimientos de grandes masas de materia; las grandes masas de tierra en movimiento, las masas de agua en movimiento bajo el mar, las masas de aire y presión atmosférica, etc. El sonido del espacio se percibe como una masa sonora en movimiento o estática, con gran presión y fricción. Aquí es posible visualizar el sonido desde una premisa molecular común a los estados de la materia, donde la onda sonora hace vibrar y resonar

los componentes materiales del espacio (Gershon, 2013). La vibración molecular otorga la capacidad de materializar el flujo sonoro, tal como un flujo de aire (como podrían ser el viento, las nubes o incluso el aire dentro de un ducto de ventilación), al igual que el flujo del agua o de algún líquido. El movimiento de un fluido sonoro es palpable, tiene dirección, ritmo, velocidad y viscosidad, y contribuye a una articulación formal desde un tratamiento morfológico que considera el espacio íntimamente vinculado al sonido: un espacio-sonido (Solomos, 2013).

Se reconoce la presencia de eco y ondas estacionarias, que dependiendo de la geometría generan un efecto de batido del sonido, dándole un carácter diferente a cada espacio. La gran reverberación de los espacios, permite percibir el movimiento del sonido y su forma de expansión, en muchos casos descritos como circulares o en espiral ascendente, que es seguido de una estela que decrece a diferentes velocidades dependiendo del espacio. En general, existe una asociación con experiencias pasadas que comúnmente suceden en espacios arquitectónicos como catedrales, palacios, templos sagrados, salas de concierto, estacionamientos, gimnasios o piscinas, espacios públicos como estaciones de trenes o de metro, túneles, espacios industriales, espacios urbanos como calles encajonadas, espacios naturales como cavernas, y espacios geográficos entre montañas. Hay una tendencia a recurrir a experiencias previas similares para poder encausar la experiencia estética (Andersen y Balbontín, 2019), sin embargo, se le suma a este recuerdo



una asociación más bien emocional que se vincula con un contexto subterráneo y cerrado, con sensación de claustrofobia, oscuridad y frío, con dimensiones desescaladas entre cuerpo y espacio, asociadas a emociones negativas como el miedo o a recursos literarios como el suspenso o el terror.

El conocimiento afectivo que se desprende de los principales efectos sonoros presentes en el espacio —eco, resonancia y reverberación— informan del carácter espacial, de las distancias, sus formas y la materia. La dimensión, geometría y materialidad conforman un filtro sonoro que revela el espacio. Las interpretaciones subjetivas le otorgan a este filtro la capacidad de separar las diferentes frecuencias que componen el espectro auditivo, tal como un prisma que dispersa la luz blanca en el espectro lumínico, identificando la presencia de un gran abanico de frecuencias que se expresa como “diferentes timbres o armónicos”, de asociar el sonido a un “coro de diferentes voces, diferentes instrumentos, una radio con diferentes emisoras”, e incluso la sensación de estar “dentro de un instrumento, de una caja de resonancia, de un piano”, reconociendo muchas veces ciertas frecuencias sobre otras e incluso la vibración que genera cada una. La lectura de un espectro de frecuencias permite identificar la existencia de espacios más armónicos y musicales que otros, como sucede en el caso del tanque de petróleo de Lyness, en el depósito de pluviales de Joan Miró y en el refugio 307.

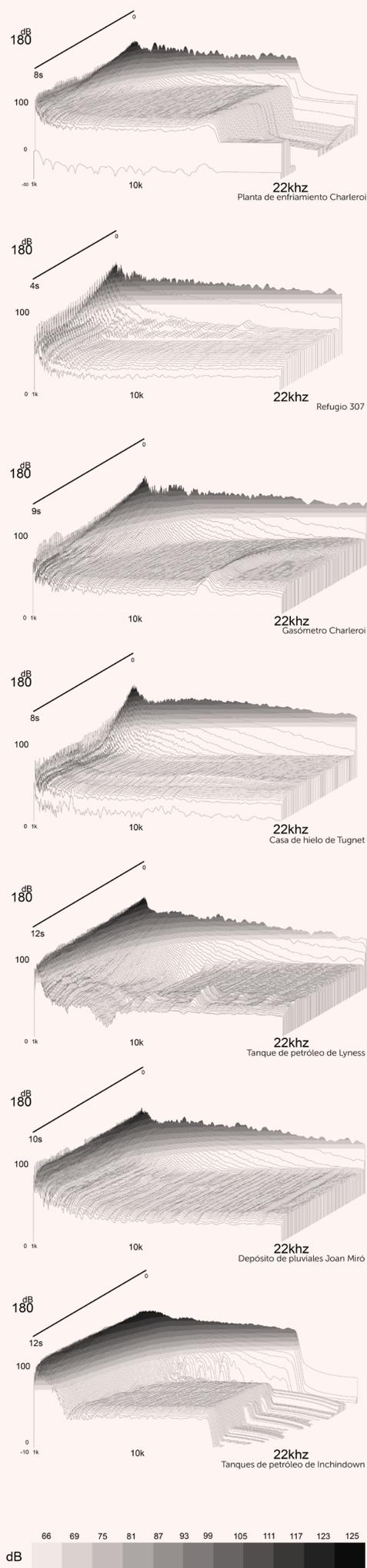
Dentro de las reiteraciones más recurrentes aparece el agua como elemento descriptivo en diferentes formas, tanto como un flujo

de agua, el agua en movimiento (el oleaje, la marea, el río), como la sensación de estar debajo del agua para describir el filtro del espacio, también asociado a la presión y densidad del sonido. La humedad aparece como esa sensación de sonido mojado (*wet*) que se opone a la sensación de sonido seco, y que coincide con la reverberación de cada lugar. A más reverberación más húmedo, a menos reverberación, el sonido se vuelve seco. La presencia de agua también tiene que ver con la reflexión del sonido y como esta “masa sonora” viaja a mayor velocidad. La primera impresión al entrar dentro de cualquiera de los recintos, es la presencia de esta “humedad” generada por la reverberación.

La reverberación se mide con la respuesta a impulso considerando la cola reverberante hasta que caiga 60dB (T60), identificando el tiempo de reverberación en relación con la morfología y dimensión del espacio (Tabla 2 y Figura 3).

Cada reverberación es distinta, no solo en cuanto a su duración, sino también en relación con su morfología y textura. A pesar de que las dimensiones de un lugar sí afectan al tiempo de reverberación —como lo podemos asociar en el caso de los lugares más íntimos (Casa de Hielo de Tugnet y Refugio 307)—, es la forma del espacio la que realmente modifica esta condición temporal. El caso más evidente de este fenómeno es la comparación entre la torre de enfriamiento de Charleroi y el tanque de Inchindown donde la relación entre volumen y reverberación es inversamente proporcional. La morfología tubular de Inchindown completamente cerrado, genera

Figura 3
Formas de onda de los casos en los primeros dos segundos de reverberación



miles de reflexiones que quedan capturadas en el espacio, aumentando su reverberación frente a la torre, que es abierta.

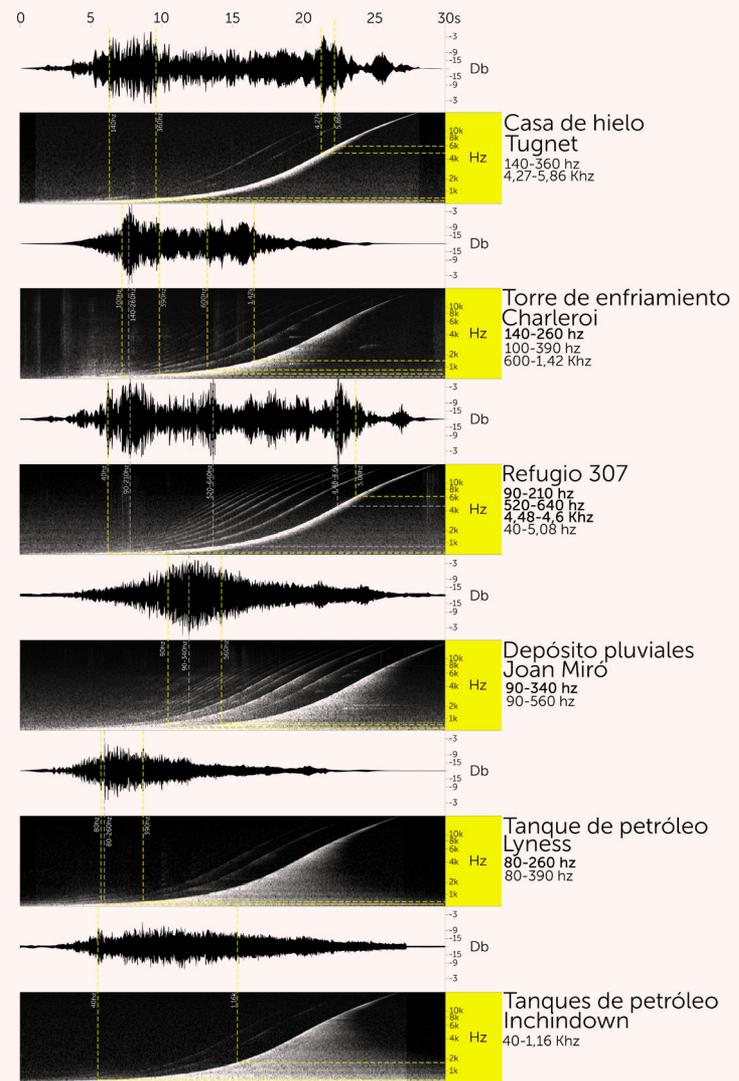
La calidad estética del sonido y su morfología sonora se ven moldeadas por la geometría del espacio. En Tugnet y el refugio 307 es posible identificar formas de onda piramidales (Figura 3), donde la intensidad del primer impulso sonoro desciende linealmente. En la torre de enfriamiento, el gasómetro, el tanque de Lyness y el depósito de pluviales, el primer impulso desciende drásticamente, destacándose en los tres primeros un "rebote" periódico del sonido que se visualiza en réplicas menores de intensidad y que se asocian a la forma cilíndrica del espacio.

La Figura 4 muestra la misma respuesta de impulso, pero en una visualización tridimensional que hace una lectura volumétrica con las variables tiempo, frecuencias e intensidad en los ejes x, y, z. La figura muestra una lectura clara del comportamiento espectral en el rango de frecuencias de los 5-22kHz a baja intensidad, lo que permite hacer un análisis de una situación acústica que resulta imperceptible al oído, pero que sin embargo afecta el carácter estético, dando lugar a alteraciones en la intensidad de ciertas frecuencias que irrumpen en la forma de la caída (tanque de Lyness y gasómetro) en contraste a dichas alteraciones que se manifiestan como rugosidades en las bajas frecuencias asociadas al ruido de fondo del lugar, producto de un ventilador en el caso del refugio o del constante flujo de agua en el caso del depósito de pluviales, que se interpreta en los diversos casos como "un *drone*" o como "una hélice, maquinarias, un rugido, como si alguien estuviese empujando una piedra por todo el espacio, un helicóptero sobre la selva o el motor de un submarino", atribuyendo a la presencia de un sonido constante que no manifiesta variación alguna.

Cada espacio, al igual que la caja de resonancia de un instrumento, tiene un timbre particular dado por la composición armónica o forma de onda de la respuesta acústica. El timbre del lugar va a estar determinado por los armónicos y parciales, y será la característica del espacio que permite diferenciarlo uno de otro, tal como si fueran instrumentos. El barrido de frecuencia (Figura 5) permite hacer una primera lectura de las frecuencias predominantes del espacio, al comparar el espectrograma del barrido de tiempo-frecuencia (Hz) y de tiempo-intensidad (dB), además de arrojar la presencia de armónicos y parciales que modifican la calidad del sonido debido a su "armonía musical". Se destaca el caso del refugio con una composición armónica rica y definida que se describe sensorialmente como "un espacio tonal, un instrumento afinado, la presencia de acordes, superposición de frecuencias sutiles y cuencos tibetanos en un flujo de aire" o como "un montón de sábanas en horizontal ondulantes y suaves". El depósito de pluviales presenta una composición armónica acompañada de parciales que se leen perceptualmente como un espectro fragmentado y reconocible por partes que se describen como "sonidos en

Figura 4
Espectrograma tridimensional de la respuesta de impulso

Figura 5
Barrido de frecuencias



capas a distintas distancias, como una galaxia de sonidos donde cada uno se mueve en su propia órbita!

Conclusiones

Considerando las referencias expuestas respecto de la definición del fenómeno sonoro-espacial propuesto en primera instancia por Daumal (2002) —emisión (fuente sonora), propagación (espacio) y percepción (audición)— se puede concluir que el espacio-sonoro es en sí mismo el sonido del espacio, el espacio conformado por el sonido y la percepción del sonido-espacio. Es un proceso que se despliega en la propagación de la onda sonora y se traduce en la percepción auditiva, por tanto, se podría decir que nace en la convergencia espacial-perceptual que gatilla el sonido. La experiencia de vivir este proceso genera información relevante (datos cualitativos) a partir de relatos y reflexiones que construyen, desde diferentes aristas, un posible lenguaje que traspasa la información sonora a información visual-sensorial capaz de describir el espacio-sonoro. La percepción, en relación con la apreciación estética, cumple un rol fundamental para traspasar la información sensible, a través de un análisis sinestésico, de asociaciones y comparaciones sonoro-visuales que permitan traducir lo acústico en un medio legible. Lo objetual, la morfología, el trayecto físico, visual y táctil

como intérpretes del sonido son traducciones fundamentales en la conformación del concepto de espacio-sonoro, que adquiere una dimensión plástica indispensable para su definición.

Los resultados de las entrevistas de escucha reactiva conforman un proceso de traducción de información del espacio-sonoro que depende exclusivamente de la relación existente entre un ambiente recreado (álbum) y la propia capacidad de interpretación de ese ambiente reproducido fuera de su contexto. Esta interpretación estará sujeta a un filtro estrictamente esculpido por la construcción mental que se tiene del mundo, de las categorizaciones personales, de los recuerdos y vivencias pasadas, y sobre todo de la sensibilidad estética para poder traspasar información de un estado sónico a un estado visual (Balbontín, 2020). Las experiencias anteriores y la asociación con sensaciones pasadas fue un recurso frecuentemente utilizado en la interpretación de las composiciones y un gran aporte para la aproximación al concepto de espacio-sonoro. El uso específico del lenguaje con recursos literarios fue capaz de gestar una nueva concepción desde lo existente, desde la metáfora abstracta, la hipérbole espacial, y la personificación del sonido a partir de epítetos del movimiento, entre otros.

Las composiciones sonoras como metodología permiten la ordenación de los recursos

en una narrativa, potenciando la faceta estética de la percepción, removiendo capas de información para dejar entrar otras y revivir ciertas experiencias acústicas del pasado, e incluso visuales que pudieron recrear en un formato legible la dimensión del espacio-sonoro. La experiencia que entrega la escucha reactiva se ve estimulada por el carácter performático del espacio, apelando a su cualidad expresiva y emotiva. Las activaciones realizadas hicieron hablar al espacio, "sacándole sonido" a sus capacidades acústicas, informando tanto de sus cualidades físicas como estéticas que solo se manifiestan en una esfera de intimidad con la sensibilidad artística de los entrevistados. La composición musical del espacio sonoro permitió la conexión afectiva con la muestra de personas, recolectando "datos" que lograron conformar información consistente para una investigación cualitativa, entendiendo los diferentes espacios sonoros como quien entiende las diversas cajas de resonancia con que sueñan los instrumentos musicales. Una posible mejora al método de escucha reactiva es el reemplazo de los audífonos por una configuración de espacialización sonora que pueda recrear con mayor fidelidad la simulación del sonido del espacio, con lo cual tener resultados más exactos.

La comparación estética-subjetiva de las entrevistas con la lectura acústica de la

información sonora permitió abordar el panorama sonoro-espacial desde una conexión entre sensaciones y fenómenos acústicos. La reverberación genera un efecto de sonido sostenido en el tiempo que moviliza las ondas sonoras a través de reflexiones en el espacio, que van modificando su composición espectral a lo largo del tiempo de descenso, lo cual se identifica metafóricamente como un coro de voces o un piano, pero que en realidad es la imagen mental que reconoce las diferentes etapas del sonido al viajar por el espacio y los elementos que reflejan esas ondas sonoras. Este proceso auditivo de percepción se le llama *ecolocalización*, que aun sin estar presente en el espacio físico, la mente humana es capaz de reconocer una cierta morfología espacial desde la reacción acústica y su composición espectral, incluso a través de audífonos. Los espacios reverberantes influyen directamente en la sensación de soledad, oscuridad, claustrofobia y humedad, aumentando esta sensación con las reverberaciones largas y que se acentúa con la carencia de armónicos (como el caso de Inchindown) que estaría asociada al silencio absoluto de su interior. En contraste, la información imperceptible del sonido que muestran los gráficos del espectrograma tridimensional de la respuesta de impulso deja en evidencia que aquella información "fantasma" es reflejo de un ruido de fondo presente en el lugar que se asocia a la presencia de armónicos y parciales (como en el caso del refugio y depósito de pluviales) y que se interpreta como un espacio musical o melódico con la constante presencia de un sonido constante tipo *drone*.

El sonido tiene una fuerza fenomenológica que opera en el espacio como un *Medium* performativo y provocador de experiencias espaciales. Estas experiencias espaciales definen el espacio-sonoro en sus diversas variedades, donde la arquitectura se manifiesta desde el sonido como un material constructivo de sensaciones y que crean un proceso de producción del espacio a través del sonido. En ese sentido, el espacio-sonoro se define desde una conexión del comportamiento sonoro con nuestras subjetividades, considerando estas como recuerdos, sueños, fantasías, normas y valores que se expresan en una diversidad de experiencias espaciales.

Referencias

- Acoustical Society of America ANSI/ASA. (2013). Sound. *Acoustical Society of America Standards, ASA*. <https://asastandards.org/Terms/sound-2/>
- Amphoux, P. (1990). *Mémoire collective et identité en milieu urbain*. Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain-École d'architecture de Grenoble.
- Amphoux, P. (1991). *Aux écoutes de la ville*. Institut de recherche sur l'Environnement Construit École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Amphoux, P. (1993). Sound Signatures, Configurations and Effects. *Architecture & Behavior*, 9(3), 387-395. https://www.epfl.ch/labs/lasur/wp-content/uploads/2018/05/AMPHOUX_en-v9n3.pdf
- Amphoux, P. (1998). *La notion d'ambiance*. Institut de recherche sur l'Environnement Construit École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Andersen, K. y Balbontín, S. (2019). Participación ciudadana en movimiento: Metodología de recorridos comentados por la Universidad de Magallanes, Punta Arenas. *AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad]*, 6(25), 32-40. <https://doi.org/10.4206/aus.2019.n25-06>
- Augoyard, J-F. (1978). *Les pratiques d'habiter à travers les phénomènes sonores*. Unité de recherche appliquée-École spéciale d'architecture.
- Augoyard, J-F. (2001). L'entretien sur écoute réactivée. En M. Grosjean, & Thibaud J-P. (Eds), *L'espace urbain en méthodes* (pp. 140-141). Éditions Parenthèses.
- Augoyard, J-F, & Torgue, H. (2006). *Sonic Experience. A guide to everyday sounds*. McGill-Queen's University Press.
- Asher, M. (1983). *Writings 1973-1983 on Works 1969-1979*. Halifax, Canada, The Press of the Nova Scotia College of Art and Design and The Museum of Contemporary Art Los Angeles.
- Balbontín, S. (2020). La experiencia sensible del paisaje sonoro frente a la catástrofe natural: el caso del tsunami del 27f en Caleta Tumbes, Talcahuano, Chile. *ACE: Architecture, City and Environment*, 14(42), 7007. <http://dx.doi.org/10.5821/ace.14.42.7007>
- Basbaum, S. (2002). *Sinestesia, arte e tecnologia*. Annablume.
- Basbaum, S. (2003). *Sinestesia e percepção digital*. Subtle Technologies Festival.
- Blessner, B., & Salter, L. (2007). *Spaces Speak, are you listening? Experiencing aural architecture*. The Massachusetts Institute of Technology, MIT Press.
- Blessner, B., & Salter, L. (2009a). *The Other Half of the Soundscape: Aural Archi-*

ecture. World Federation Acoustic Ecology Conference.

- Blessner, B., & Salter, L. (2009b). Aural Architecture. The Invisible Experience of Space. *OASE*, (78), 50–63. <https://www.oasejournal.nl/en/Issues/78/AuralArchitectureTheInvisibleExperienceOfSpace#050>
- Bofill, A. (1975). *Contribución al estudio de la generación geométrica de formas arquitectónicas y urbanas* [Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Barcelona]. Repositorio institucional <https://www.tesisenred.net/handle/I0803/364782>
- Botteldooren, D., Andringa, T., Aspuru, I., Brown, L., Dubois, D., Guastavino, C., Kang, J., Lavandier, C., Nilsson, M., Preis, A., & Schulte-Fortkamp, B. (2016). From Sonic Environment to Soundscape. En J. Kang, & B. Schulte-Fortkamp (Eds.), *Soundscape and the built environment* (pp. 17–42). CRC Press.
- Cox, C. (2018). *Sonic Flux: Sound, Art, and Metaphysics*. University of Chicago Press.
- Daumal, F. (1986). Comentarios acústicos a las reglas de oro de los tratadistas arquitectónicos. *Revista de Acústica*, 17(1–2), 13–19.
- Daumal, F. (2002). *Arquitectura acústica: poética y diseño*. Ediciones UPC de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- Gershon, W. (2013). Vibrational Affect: Sound Theory and Practice in Qualitative Research. *Cultural Studies <=> Critical Methodologies*, 13(4), 257–262. <https://doi.org/10.1177/1532708613488067>
- International Organization for Standardization. (2014). Acústica. *ISO*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12913:-1:ed-1:en>
- Labelle, B. (2015). *Background Noise, Second Edition: Perspectives on Sound Art*. Bloomsbury.
- Leitner, B. (1971). *Sound, Architecture: Space Created Through Travelling Sound*. Artforum.
- Leitner, B. (1978). *Sound: Space*. Hatje Cantz Publishers.
- Lucier, A. (1969). *I am sitting in a room* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=fAxHILK30yk>
- Lucier, A., Simon, D. (1980). I am sitting in a room. A. Lucier & D. Simon (Eds.), *Chambers*, (pp. 30–39). Connecticut: Wesleyan University Press.
- Museum of Modern Art, MoMA. (1969). Special to Architectural Magazines and Editors Spaces Exhibition at Museum of Modern Art. *Catalogue of The Museum of Modern Art*, (164), 1–2.
- Oliveros, P. (2005). *Deep Listening. A Composer's Sound Practice*. iUniverse, Inc.
- Pardo, C. (2017). The emergence of Sound Art: Opening the Cages of Sound. *The*

Journal of Aesthetics and Art Criticism, 75(1), 35–48. <https://doi.org/10.1111/jaac.12340>

- Pérez, F. (2008). Iannis Xenakis. La arquitectura de la música. *Revista ARQ*, (70), 70–73. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962008000300015>
- Schaeffer, P. (1966). *Traité des objets musicaux*. Éditions du seuil.
- Solomos, M. (2013). *De la musique au son*. Presses Universitaires de Rennes.
- Thibaud, J-P. (2001). La méthode des parcours commentés. En M. Grosjean & J-P. Thibaud (Eds.), *L'espace urbain en méthodes* (pp. 79–99). Éditions Parenthèses.
- Wolfe, J., Kluender, K., Levi, D., Bartoshul, L., Herz, R.; Klatzky, R., & Lederman, S. (2006). *Sensation & Perception*. Sinauer Associates.
- Xenakis, I. (1958). Towards an "Electronic Gesture". En Le Corbusier, *Le poème électronique* (pp.m226–231). Éditions de Minuit.

Notas

- 1 Recibido: 26 de agosto de 2020. Aceptado: 27 de agosto de 2021.
- 2 Este artículo es el resultado una investigación de dos años de duración, financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de las Américas; Núcleo de Lenguaje y Creación; Facultad de Arquitectura, Diseño y Construcción, UDLA.
- 3 Antecedentes de la investigación disponible en espaciosresonantes.com
- 4 Contacto: msbalboni@uc.cl
- 5 auditory spatial awareness.
- 6 Daumal, comunicación personal (entrevista), 8 de abril 2019.
- 7 Escuchamos la arquitectura audible por la forma en que el espacio cambia el espectro sonoro, su intensidad y su secuencia temporal. en cierto sentido, el sonido es tiempo (traducción propia).
- 8 Para llevar a cabo estos experimentos se utilizó una grabadora ZOOM H2n, TASCAM DR-05 y un parlante de 200W. Para el análisis acústico se utilizaron los softwares REW y Adobe Audition.
- 9 La escucha reactiva se práctica desde 1981 en los laboratorios de CRESSON en búsqueda de reacciones en la escucha de un cierto ambiente (Augoyard, 1978, 2001). Este método trabaja mediante el registro sonoro para luego ser reproducido fuera de su contexto.
- 10 Para generar la respuesta al impulso en cada caso de estudio, se utilizó la explosión de un globo que genera un amplio espectro de frecuencias. Cada lugar tiene su propia respuesta acústica que, al enviar un mensaje (IR), este regresa con sus propias peculiaridades debido a la materialidad del recinto y las reflexiones específicas de su morfología y dimensiones.
- 11 Con el parlante y a través de un software especializado, se generó un barrido de frecuencia del espectro audible para medir la respuesta del espacio en cada caso de estudio. Con este parámetro se pudieron identificar las frecuencias resonantes del espacio, aquellas que se mantienen durante más tiempo y con mayor intensidad, como también los

armónicos y parciales propios de cada recinto.

12 ". el espacio actúa como un filtro; filtra todas las frecuencias excepto las resonantes. Tiene que ver con la arquitectura, las dimensiones físicas y las características acústicas del espacio. Si las dimensiones de una habitación están en una relación simple con un sonido que se reproduce, ese sonido se reforzará, es decir, será amplificado por el reflejo de las paredes. Sin embargo, si el sonido no "encaja" en la sala, por así decirlo, se reflejará desfasado consigo mismo y tenderá a disiparse. Entonces, al reproducir sonidos en una habitación una y otra vez, refuerzas algunos de ellos cada vez más y eliminas otros. Es una forma de amplificación por repetición" (Lucier y Simon, 1980, p.30).

Este método se basa en la obra de Alvin Lucier / *am sitting in a room* (Lucien, 1969), donde el artista graba su voz y luego la reproduce en el espacio, grabándola, reproduciéndola y regrabándola nuevamente. La nueva grabación es reproducida y regrabada, repitiendo este proceso varias veces. El efecto del método genera que las frecuencias predominantes comienzan a enfatizarse, hasta que finalmente solo un rango de frecuencias específico se mantiene en la grabación. Para encontrar las frecuencias predominantes de cada espacio se aplica el método de la retroalimentación lenta. Las veces en que se repite el proceso va de cinco a diez veces, dependiendo de la respuesta acústica del espacio.

13 Disponible en <https://soundcloud.com/espaciosresonantes>