

# Integración de la Música al Espacio Virtual

Pablo Cetta

Algunas construcciones musicales pueden ser entendidas como el resultado de una sucesión o superposición de gestos, movimientos plenos de significación, cuya organización deviene de las características, direccionalidad y comportamiento de los elementos que las constituyen. Como tales, estos desplazamientos tienen lugar en un espacio multidimensional que les es propio, y que vamos a denominar el espacio interno de la música.

La música en general es inseparable de su espacio interno. Su aprovechamiento es recurrente a lo largo de la historia, y se manifiesta principalmente asociado al concepto de textura, si bien en épocas más recientes aparece vinculado más fuertemente al concepto de timbre.

Aún en los casos más elementales esto se pone claramente de manifiesto. El contorno melódico de una pieza monódica da cuenta del espacio interno. La partitura representa tres aspectos, la trayectoria, la velocidad y la aceleración. La altura se desplaza y la densidad cronométrica se asocia indefectiblemente a la velocidad del movimiento. Si la dinámica varía, se pone en juego una nueva dimensión. Si los eventos se repiten aceleradamente pero la altura no cambia aparece una nueva medida del movimiento, y así en orden creciente al considerar el grado de tonicidad, las articulaciones, la riqueza del espectro, las evoluciones dinámicas de los eventos sonoros, el timbre en definitiva.

Una escucha analítica nos guía a la percepción de diversos parámetros que se articulan trazando distintas trayectorias; una escucha más integradora, al reconocimiento de uno o más objetos que cambian de forma en un espacio  $n$ -dimensional.

Estas afirmaciones, que pueden parecer simplistas, no pretenden de ningún modo explicar lo que la música es, sino más bien tratan de establecer un punto de partida para explorar posibles nexos entre el espacio sonoro y el espacio de representación de los sonidos. Apuntan a la fusión del espacio interno y del espacio externo con el propósito de dar sentido a la composición musical centrada sobre la localización espacial del sonido.

Gran parte de las obras compuestas desde fines de la década de 1940 hasta principios de la década de 1960 se caracterizaron por la búsqueda de una integración de los parámetros musicales partiendo de la organización de la altura en series dodecafónicas. Tal es el caso de *Three Compositions for Piano* (1947) de Milton Babbitt, donde el compositor deriva de una serie pancombinatoria la dinámica, los ritmos, los intervalos de ataque de las notas, el orden de las acentuaciones y la densidad polifónica, anticipándose al racionalismo extremo de *Modo de valores e intensidades* (1949) de Olivier Messiaen. Es aquí donde comienza un nuevo camino de intentos de formalización absoluta de la música, basado como es bien sabido en las creaciones de la Segunda Escuela vienesa.

Más hacia fines del período en cuestión, basta con observar la primera y la última página de la *Klavierstücke IX* (1961) de K. Stockhausen, para determinar la resultante de la composición de fuerzas que allí operan. El autor propone una trayectoria que parte de un nivel máximo de periodicidad (un acorde repetido 140 veces) para finalizar con un alto grado de aperiodicidad (*acciacaturas* rápidas ubicadas aleatoriamente dentro del compás), con los desvíos intermedios necesarios que le permiten construir el discurso musical. El concepto de periodicidad se proyecta a la vez sobre otros parámetros, estableciendo comportamientos cíclicos del registro, de la dinámica, de las articulaciones y de la densidad polifónica. Las notas del acorde repetido conforman las componentes complejas de un espectro en evolución, que va del *ff* al *pppp*, mientras que las frecuencias de movimiento de los parámetros citados se establece, en cambio, fuera del registro audible permaneciendo en el dominio temporal. Todo esto es discernible a partir de la descomposición de los movimientos de los parámetros en ejes del espacio multidimensional, o como una totalidad que transforma de manera muy sutil y compleja el timbre y el espacio interno de la obra, a partir de movimientos periódicos de distinta frecuencia. Resulta clara, además, la influencia que en este período ejerce la música electrónica sobre la composición instrumental. Diversos procesos propios de la síntesis y la transformación del sonido (uso de filtros, de envolventes, modulación en frecuencia o amplitud, etc.) se trasladan al ámbito de la creación para instrumentos tradicionales.

Nuevos intentos de integración de los parámetros musicales surgen a mediados de la década de 1970, a partir de la identificación de las componentes de la música con las componentes del sonido. Este movimiento, denominado “espectralista”, encuentra sus antecedentes inmediatos en la música de Boulez y Stockhausen, pero también en los procesos graduales propios del minimalismo, y en las paradojas psicoacústicas

planteadas por Ligeti. Así es como Gérard Grisey propone la resíntesis instrumental del sonido del trombón en *Partiels* (1975), logrando una fusión íntima de la altura, de la intensidad y del tiempo, tal como aparecen en la naturaleza misma del sonido. El efecto de *zoom* temporal, necesario para la reconstrucción mecánica de las delicadas variaciones de estos parámetros, podría convertirse en clave de una posible exteriorización del espacio interno de la música.

En este último período también vemos que la incorporación de técnicas electroacústicas incrementa la riqueza espacial del timbre. En *Gondwana* (1980), Tristan Murail resintetiza espectros generados por frecuencia modulada, creando así sonoridades inusuales para la orquesta. Los gestos de la introducción son claros, doce ataques que modulan gradualmente en espectro, y cuyas envolventes dinámicas parten de la imitación de una campana hasta llegar a una trompeta.

Vemos, entonces, que los eventos sonoros, al igual que las estructuras musicales, se desenvuelven en un espacio propio e interno, delimitado por los parámetros que los caracterizan. Algunas propiedades de ese espacio son observables a través de los movimientos de un intérprete o un director de orquesta, que transforma y exterioriza los recorridos inscriptos en la partitura en gestos visibles.

En relación al espacio externo, sabemos que si bien la disposición de fuentes sonoras en el ámbito de representación acompaña a la música desde sus orígenes –partiendo del canto antifonal o responsorial, pasando por la policoralidad practicada en San Marcos en el siglo XVI– es en la década de 1950 donde comienzan a utilizarse fuentes sonoras aparentes como resultado de la utilización de dispositivos tecnológicos en la música. *Gesang der Jünglinge* (1955-56) de Stockhausen, concebida originalmente para cinco grupos de parlantes distribuidos en las esquinas y en el techo del auditorio, es la primera obra electroacústica que explora las posibilidades de la localización espacial del sonido. A partir de allí, ocurre una proliferación de obras instrumentales, electroacústicas y mixtas que exploran las propiedades del espacio, así como también, el desarrollo de sistemas de simulación de fuentes aparentes en entornos virtuales mediante el uso de parlantes.

El tratamiento de la localización espacial del sonido en la composición, siguiendo esta idea de división del espacio en la música, puede concebirse como una exteriorización del espacio interno, y a la vez, como una interiorización del espacio externo. Esto significa que las trayectorias espaciales se desarrollan en relación a los recorridos interiores del sonido, o bien, que los parámetros del sonido y la música pueden ser

alterados por la trayectoria de las fuentes virtuales. Distinguimos, entonces, dos casos posibles.

Para el primero, exteriorización del espacio interno, partimos del análisis del sonido a espacializar. Este proceso, que puede ser realizado en tiempo real, comprende la detección de algunos parámetros, cuyas magnitudes se trasladan en proporción sobre los ejes de coordenadas del espacio virtual. De este modo, la altura puede asociarse al eje vertical (eje  $z$ ), el nivel de tonicidad de los sonidos al eje  $x$ , y la intensidad al eje  $y$ . Otras variables fácilmente asimilables son la duración de los eventos, la densidad cronométrica, la densidad polifónica o la riqueza del espectro. Cualquier variación de estas magnitudes se refleja en un desplazamiento de la fuente en el espacio.

Un mismo fragmento sonoro puede realizar trayectorias bien distintas, pues depende de la terna de parámetros y el sistema de coordenadas elegido (cartesianas o esféricas). En cualquier caso, existe un marcado correlato entre las transformaciones de los eventos sonoros y su distribución espacial. Y al existir dos o más fuentes, la espacialización nos ayuda a apreciar y comparar la materia sonora de cada una de ellas, a “visualizar” sus diferencias a partir de las distintas trayectorias que se establecen.

Veamos un ejemplo. Existe un modo de representación de la altura, utilizado en psicoacústica, en el cual los grados cromáticos se distribuyen bajo la forma de una espiral ascendente, y donde las notas de igual nombre coinciden verticalmente. La espacialización de este modelo conduce a una registración espacial de la altura, pues cada grado ocupa un lugar fijo en el espacio virtual. Si ejecutamos una escala cromática de cuatro octavas, el sonido del instrumento define una trayectoria que gira cuatro veces, a la vez que asciende. Resulta interesante observar lo que sucede con la velocidad de desplazamiento de la fuente en relación a la interválica de un fragmento musical, pues si en lugar de ejecutar una escala cromática interpretamos una escala por tonos, la velocidad del movimiento se duplica. En una situación más compleja, los intervalos que se suceden linealmente se manifiestan en el espacio como transformadores de la velocidad, mientras que la direccionalidad melódica determina el sentido de giro. Siguiendo el mismo criterio, podemos incorporar la dinámica al modelo, de modo que influya en el diámetro de la espiral. Nuevamente aquí, la superposición de dos o más fuentes conduce a la percepción de una imagen sonora del contrapunto que resulta muy efectiva.

Cuando se trata de detectar los parámetros del sonido que ingresan a la computadora, la programación del entorno de procesamiento en tiempo real requiere ciertas

consideraciones. En este último ejemplo, que el sistema realice las interpolaciones necesarias frente a cambios bruscos de altura, o tome decisiones cuando el grado de tonicidad de los sonidos es muy bajo.

En general, es necesario desarrollar previamente un modelo eficaz para el posicionamiento de las fuentes, basado en transformaciones geométricas, cualquiera sea el sistema de espacialización utilizado. Encuentro apropiado, en particular para otras aplicaciones que veremos más adelante, un modelo basado en dos vectores solidarios, ambos de longitud variable. El primero parte del origen de coordenadas, ubicado en el centro del espacio virtual, y llega hasta un punto definido por su magnitud, un ángulo de azimut y un ángulo de elevación. El segundo, unido al extremo del primero, define su posición a partir de las mismas tres variables, como si se tratara del satélite de un planeta en movimiento. Esto permite lograr desplazamientos complejos y fácilmente controlables, donde una o más fuentes -satélites- rotan sobre sus ejes a la vez que se desplazan en conjunto.

Aún más, teniendo en cuenta que la exteriorización del espacio interno de determinados fragmentos musicales puede ser aprehendida rápidamente por el oyente, la rotación y la traslación sobre los tres ejes de la imagen acústica completa brinda una riqueza todavía mayor. En relación al ejemplo de registración espacial de la altura, la espiral gira o se desplaza, siguiendo una trayectoria prefijada, o bien de acuerdo al comportamiento de otras características presentes en la música.

En relación a la interiorización del espacio externo, la composición del espacio transforma al sonido. Partimos ahora de una trayectoria establecida de algún modo, que puede o no depender del comportamiento de la música. El movimiento se descompone sobre los tres ejes de coordenadas y estos valores, convenientemente escalados, modifican tres aspectos sonoros elegidos. Veamos un ejemplo, los valores  $x$ ,  $y$  y  $z$  de un recorrido afectan a la frecuencia de corte, al ancho de banda y a la ganancia de un filtro aplicado a uno o varios objetos sonoros. La trayectoria puede ser externa a la música o bien, a fin de establecer un correlato, ser extraída del registro, del ámbito y de la dinámica, respectivamente, del fragmento musical compuesto a partir de esos objetos.

Los usos compositivos que surgen de estas ideas son muy variados. Si bien buscamos un vínculo fácilmente perceptible entre música y espacio, es posible establecer diferencias que enriquezcan el discurso a partir de procedimientos simples como la imitación, aumentación o disminución, y retrogradación de las relaciones entre los

recorridos internos de la música y las trayectorias de las fuentes virtuales, o incluso, de las dimensiones o características acústicas del espacio virtual.

Es posible lograr una interiorización del espacio externo eficaz a partir de comparar el tiempo subjetivo de un fragmento musical con las dimensiones del espacio virtual. Desde el punto de vista perceptual, al aumentar el espacio la sensación de transcurso del tiempo parece disminuir. Esta idea, considerada a través del tema que nos ocupa, puede justificarse a través de diversas causas, una es la acción de la reverberación, que disminuye la resolución temporal. Otra surge en relación a los primeros ecos, los intervalos entre los tiempos de arribo de las primeras reflexiones aumenta a medida que el espacio crece.

Al citar ese breve recorrido histórico, caracterizado por una búsqueda de integración de los parámetros musicales, hice mención del efecto de *zoom* temporal aplicado al análisis de un sonido para su posterior resíntesis instrumental, utilizado por los espectralistas. Podríamos partir del mismo principio con el propósito de establecer un nexo entre las cualidades del espacio virtual y las relaciones temporales de una pieza musical. Si efectuamos un aumento considerable de las dimensiones del espacio, aumentan en proporción las diferencias en los tiempos de llegada de las reflexiones. El cambio de escala trae aparejado un cambio en la percepción, pasamos de mínimas diferencias temporales, que favorecen la localización, a tiempos de ataque expresables en términos de ritmo musical.

Estas transformaciones en el modo de percibir el sonido ocurren de muy variadas formas. Es bien sabido que si utilizamos una línea de retardo con realimentación con un tiempo muy breve el sonido se transforma a nivel espectral, si aplicamos en cambio un tiempo mayor percibimos un fenómeno similar al eco. Algo parecido ocurre al aumentar gradualmente la frecuencia de un generador de pulsos, al principio oímos sonidos breves separados por un determinado intervalo de tiempo, luego un único sonido cuya altura varía con la frecuencia. La diferencia en la percepción de eventos repetidos a bajas frecuencias y a frecuencias “audibles” sirvió como punto de partida a Stockhausen en su intención de establecer una relación coherente entre la altura de los sonidos y sus duraciones, aplicable a la composición musical.

La técnica de producción de ritmos a partir del análisis de las reflexiones permite generar secuencias modulatorias interesantes y variadas, de acuerdo a la trayectoria establecida. La ampliación gradual del espacio virtual lleva, a partir de cierto punto, a la percepción de una célula rítmica susceptible de ser resintetizada mediante instrumentos

convencionales. Y en tal sentido, las dimensiones del ambiente se manifiestan como un indicador de *tempo*.

Para alcanzar este propósito de forma rápida y efectiva diseñé un programa de computación cuyas variables de entrada son las dimensiones de un ambiente tridimensional, y la trayectoria de una fuente virtual que reproduce un sonido impulsivo. Este programa devuelve en tiempo real una secuencia de células rítmicas, que resultan de capturar periódicamente el estado de las reflexiones a intervalos especificados por el usuario, fácilmente trasladables a notación musical ya que las diferencias entre los tiempos de ataque son cuantizadas a un mínimo valor elegible. Los datos obtenidos conforman un material útil en la composición de procesos graduales. En éstos, la trayectoria de la fuente se relaciona de un modo firme con las estructuras temporales que establecen el orden los eventos sonoros de un fragmento musical.

Otros modos de exteriorizar el espacio interno de la música se relacionan con el tratamiento de la textura. Los mayores indicios que revelan al sistema perceptual la posición de una fuente ocurren durante el ataque del sonido. Es por eso que nos resulta difícil detectar las sucesivas posiciones de un sonido largo, y no iterativo, que se encuentra en movimiento. Y una forma creativa de capitalizar esta dificultad es a través de la fragmentación de eventos continuantes, proceso que se basa en la distribución espacial de gránulos extraídos de varias copias del sonido original. La suma de todos los gránulos y su concentración en un punto, aplicando las envolventes adecuadas, reconstruye al sonido. La distribución de los mismos en el espacio crea, por otra parte, una textura de interés musical. Para lograr esto, es importante contar con varias fuentes virtuales que puedan moverse de forma combinada, concentrarse en un punto o distribuirse gradual y aleatoriamente sobre una parte o la totalidad de la superficie de una esfera que rodee al oyente. La integración de la música al espacio se manifiesta de forma perceptible si la exteriorización de los comportamientos musicales determina los recorridos o formas descritas por las fuentes. La duración de cada gránulo, el tipo de envolvente dinámica establecida, y la densidad de la nube de eventos permiten, a la vez, mutar de una distribución espacial a una transformación tímbrica que modifica sustancialmente la naturaleza del sonido original.

Una variante posible, partiendo del modelo antes descrito para el posicionamiento de fuentes virtuales -basado en dos vectores solidarios controlados por transformaciones geométricas- es la de generación de volúmenes sonoros. Para ello, partimos de una figura geométrica tridimensional -un cubo por ejemplo- y ubicamos en cada uno de sus

vértices una fuente. La ubicación del primer vector es la misma para todas las fuentes, parte del origen de coordenadas y su extremo alcanza el centro del cuerpo elegido. El segundo vector parte del centro y se dirige al vértice que corresponde, para cada una de las fuentes. Esto permite una traslación y rotación en conjunto de todos los vértices, como si se tratara de una forma que se desplaza y gira sobre sí misma. Cada fuente posee un sonido característico, que proviene de distintos instrumentos, o versiones transformadas tímbricamente del mismo instrumento. De este modo, la rotación del cuerpo se percibe acústicamente, el objeto virtual nos muestra sus facetas y sus cualidades materiales, que asociamos con las características texturales propias de cada sonido o estructura sonora.

Haciendo uso de nuestra imaginación, a fin de llevar esto más lejos aún, podríamos pensar que quien se desplaza y rodea al objeto es el oyente, como si se tratara de una verdadera escultura sonora. Tendríamos así la posibilidad de modificar el tiempo de lectura de ese objeto, y detenernos en aquello que transmite de acuerdo a nuestro propio tiempo interno. El interés crece, obviamente, frente a la presencia de diversos objetos interrelacionados y distribuidos en el espacio virtual, y a la de otros eventos cuyo tiempo y espacio no dependen de nuestra voluntad perceptiva.

Diversos programas de espacialización y composición asistida, así como parte de las ideas aquí expuestas, han sido la base de la composición de mi obra *Interiores* (2004), escrita para flauta, oboe, saxo alto, clarinete bajo y piano, con procesamiento electrónico del sonido en tiempo real. Tanto la parte de procesamiento como las aplicaciones de composición asistida fueron creadas en el entorno Max-MSP<sup>1</sup>.

Las tareas de programación comienzan con el diseño y desarrollo de varias unidades de localización espacial del sonido basadas en la técnica Ambisonics<sup>2</sup>, con decodificación en ocho canales y parlantes dispuestos en los vértices de un cubo. El modelo incorpora el diseño del ambiente virtual, el cálculo y la reproducción en tiempo real de las primeras reflexiones, y la absorción del aire en función de las distancias recorridas. Continúa luego con la programación de objetos destinados a la generación de trayectorias definidas en coordenadas cartesianas y esféricas, y a la aplicación de transformaciones geométricas a diversas fuentes que se mueven en conjunto, utilizando coordenadas homogéneas.

---

<sup>1</sup> <http://www.cycling74.com/products/maxmsp>

<sup>2</sup> [http://www.york.ac.uk/inst/mustech/3d\\_audio/welcome.html](http://www.york.ac.uk/inst/mustech/3d_audio/welcome.html)

La detección de los parámetros musicales se realiza con diversos programas orientados a la exteriorización del espacio interno. La altura, la duración de los sonidos, el grado de tonicidad, la densidad de los eventos, se constituyen en variables de la espacialización. Otras unidades de procesamiento, en cambio, realizan transformaciones tímbricas de los sonidos instrumentales, y sirven a la interiorización del espacio externo.

Objetos destinados a la registración espacial de la altura y la generación de volúmenes virtuales, procesos antes mencionados, junto a la armonización de determinados sonidos utilizando conjuntos de grados cromáticos, se integran al programa principal de procesamiento en tiempo real.

Los programas de composición asistida, por otra parte, se utilizan para el control de la altura en la obra, y para la construcción de secuencias rítmicas derivadas de los intervalos de ataque del sonido directo y de las primeras reflexiones.

La obra se divide en 17 secciones, con una duración total aproximada de 25 minutos.

Desde el punto de vista de la notación musical, la escritura de esta pieza exhibe por momentos cierto grado de flexibilidad en el aspecto temporal, lo cual apunta a una mayor libertad y naturalidad en la interpretación, aprovechando la posibilidad de tratamiento en tiempo real. Según se observa en la figura 1, la articulación entre los constituyentes del gesto musical depende en gran medida de la acción del director, y a simple vista podemos imaginar trayectorias asociadas a los desplazamientos que ocurren en el espacio interno de ambos fragmentos.

The image shows a musical score for five instruments: Flute (Fl), Oboe (Ob), Saxophone (Sax), Clarinet Bass (Cl B), and Piano (Pf). The score is written in a single system with five staves. It includes dynamic markings such as *p*, *sfzp*, *mf*, *pp*, *f*, and *mp*. Performance instructions like "vib. variable ad lib." and "ped" are present. There are also numerical markers 7 and 8 in diamond shapes at the bottom, and a circled number 3 above the Flute staff.

Figura 1

En esta sección, las articulaciones de los acordes, enmarcadas por el piano, son cada vez más complejas y variadas. Aumenta gradualmente la rugosidad de los acordes tenidos, partiendo de sonidos lisos hasta llegar a los trinos y trémolos. La estructura de alturas es también modulante. El tipo de distribución espacial de los eventos se realiza por registración espacial de la altura, y luego por simulación de los primeros ecos, en un ambiente virtual que crece en dimensiones.

La organización de la altura de toda la pieza se establece a partir de la utilización de conjuntos de grados cromáticos (PCS por *pitch class sets*). Del análisis de las características de los conjuntos surgen clasificaciones orientadas a la generación de similitudes, oposiciones o transformaciones entre campos de altura. En el caso de los conjuntos formados por cuatro sonidos, por ejemplo, una clasificación posible surge en relación al grado de asociación respecto al sistema tonal -acordes de séptima, tríadas con notas agregadas, acorde bimodal, conjuntos cuyos subconjuntos son acordes por terceras, acordes por cuartas, fragmentos de escalas reconocibles- o disociación respecto a este sistema, ordenados por sus características propias.

Las relaciones entre los campos de altura se regulan en función al nivel de consonancia de cada conjunto. La determinación del grado de consonancia puede establecerse por varios métodos, pero básicamente tiene en cuenta la cantidad y calidad de las clases interválicas presentes en cada grupo, y la disposición vertical u horizontal de sus sonidos en el registro. En el ordenamiento se comparan todos los conjuntos, pero también se establecen subcategorías de acuerdo a ausencia de uno o más intervalos en particular, cantidad de clases interválicas presentes, cantidad de transposiciones o inversiones no redundantes, etc.

Considerando este método de organización, la registración espacial de la altura, y en consecuencia las trayectorias asociadas a los distintos giros melódicos, no sólo depende de la direccionalidad y la duración de cada nota, sino también de la interválica lineal que cada fragmento presenta. A intervalos más amplios, mayor es la velocidad de desplazamiento de la fuente, por lo cual es posible especular con la disposición de los PCS en el registro y con sus permutaciones, a fin de controlar la velocidad y la aceleración de los recorridos sonoros. La figura 2 ilustra de algún modo este fenómeno, que trae aparejado la percepción del contrapunto en términos espaciales.

Figure 2 is a musical score for five instruments: Flute (Fl), Oboe (Ob), Saxophone (Sax), Clarinet Bass (Cl B), and Piano (Pf). The score is written in a key signature of one sharp (F#) and a common time signature. The Flute part features a melodic line with dynamic markings of *mf*, *p*, and *mf*, and includes slurs and accents. The Oboe part has a similar melodic line with dynamics of *p*, *mf*, and *p*. The Saxophone part is mostly silent, with some notes in the later measures. The Clarinet Bass part has a melodic line with dynamics of *p*, *mf*, *mp*, and *mf*. The Piano part provides a harmonic accompaniment with chords and a steady rhythm, marked with *ped* (pedal) throughout.

Figura 2

El piano, en esta misma sección, ejecuta una secuencia de acordes modulante en consonancia, cuyo ritmo deviene de las relaciones temporales entre los ecos de un espacio particular, en relación con la posición de la fuente virtual en ese ámbito (en este caso la reproducción del sonido del instrumento, que va rotando alrededor de la sala). Luego de este fragmento y eliminado el plano contrapuntístico, el piano permanece solo continuando la secuencia de acordes. Se perciben claramente aquí las características moduladoras de la sucesión de ritmos provenientes de la imitación de los primeros ecos (figura 3).

Figure 3 shows three staves of Piano (Pf) music. The score is a single melodic line with complex rhythmic patterns, including many sixteenth and thirty-second notes. The piano part is marked with *ped* (pedal) throughout, indicating a sustained harmonic accompaniment. The key signature remains one sharp (F#) and the time signature is common time.

Figura 3

Por otra parte, el sector M de la obra, rítmicamente muy preciso, presenta otra instancia de exploración de las primeras reflexiones. En el 6/4 de la figura 4 se observa una resíntesis del comportamiento de los primeros ecos, propios del ambiente simulado. Significa que el comportamiento “natural” de la sala virtual es luego imitado por los ataques de los instrumentos.

The image displays two systems of musical notation for a woodwind ensemble. The first system, labeled '4', covers measures 4 through 8. It features a tempo of quarter note = 52 and a box labeled 'M' above the first measure. The instruments are Flute (Fl), Oboe (Ob), Saxophone (Sax), and Clarinet Bass (Cl B). The Flute part has dynamics ppp, mp, pp, mp, p, p, p. The Oboe part has ppp, mp, p, mp, p, p. The Saxophone part has ppp, mp, mp, mp, p, p, p. The Clarinet Bass part has dynamics mp > p, f, mp, p, mp, f. A 'poco accel.' marking is present above the Saxophone staff. The second system, labeled '6', covers measures 9 through 13. It features a tempo of quarter note = 60. The Flute part has dynamics mp, p, pp, f, p, pp, mp, p, pp. The Oboe part has dynamics mp, mp, pp, mp, pp, p, pp, mf, pp. The Saxophone part has dynamics mp, mf, pp, pp, f, pp, mp, pp. The Clarinet Bass part has dynamics mp, mp, f, mf, mf, pp, f.

Figura 4

Aquí también se trata de un proceso gradual, pues a partir de M, el espacio virtual crece en dimensiones –lo cual se aprecia al escuchar el comportamiento de las reflexiones para cada ataque de los vientos- hasta alcanzar un punto en el cual se produce la resíntesis mencionada.

Pero volviendo al tratamiento de la altura, cuando varios instrumentos monódicos ejecutan simultáneamente las notas de un conjunto, cada sonido se diferencia por su timbre, por el modo de ejecución empleado y por la ubicación de cada instrumentista en el escenario. Cualquiera de estas características puede ser transformada aplicando el procesamiento adecuado. Pero es posible, además, simular la producción de varias alturas organizadas con un único instrumento monódico, transportando aquella que ejecuta a otras distancias, y aplicando a cada nota un tratamiento tímbrico diferenciado y una ubicación particular en el espacio.

Para la implementación de este proceso programé un objeto de control que genera los índices de transposición a utilizar. Estos índices son calculados para conjuntos de grados cromáticos de tres y cuatro elementos, cuya denominación se especifica en uno de sus entradas. Si elegimos el PCS 4-15, por ejemplo, e informamos al programa que la nota ejecutada corresponde a la posición de la contralto, al tocar un *do*, es posible obtener *do#*, *mi* y *fa#*, que completan el conjunto antes mencionado en las tres voces restantes. El objeto calcula una transposición posible y decide si lo invierte o no, por lo cual, en cada interpretación de la misma nota escuchamos un acorde con la misma estructura interválica pero transpuesta, invertida, o permutada de formas distintas.

Las transposiciones del sonido de un mismo instrumento presentan un nivel de coherencia mucho mayor que en el caso de varios instrumentos ejecutando las notas de un acorde. Obviamente la relación de las componentes espectrales es la misma para todas, pero desplazada en frecuencia. Esta característica genera una integración de los sonidos, que guía a la percepción de un único espectro, por lo cual, este tratamiento de la altura produce resultados más bien tímbricos. El efecto se potencia en la combinación de estos acordes-espectros con el tratamiento interválico de las fundamentales.

Con el propósito de generar acciones musicales variadas, recurrimos a un objeto que detecta si la nota supera en duración un cierto umbral. Sólo en ese caso la operación de armonización es llevada a cabo. Esto permite la ejecución de giros rápidos –adornos, por ejemplo- sin armonización y detenciones, donde la armonía aparece a través de un *crescendo* programado. La distribución espacial de estas acciones complementa el efecto buscado. La figura 5 muestra un fragmento solista donde se aprecian los puntos de detención que dan lugar a la armonización. Los acordes que se producen poseen la misma interválica que los giros melódicos, estableciéndose así cierta coherencia entre el aspecto horizontal y vertical.



Figura 5

Algo similar ocurre al comienzo de la obra. Aparece aquí una transformación en el grado de tonicidad de los sonidos, que es enfatizada a través del filtrado de las bandas de ruido que producen los instrumentos de viento. El sonido instrumental se procesa a partir de un banco de filtros pasabanda, cuyas frecuencias de corte se corresponden con las frecuencias de las notas que conforman una sucesión de PCS, que modulan de disonancia a consonancia. La figura 6 muestra este pasaje inicial. Al igual que en la transposición por PCS, cada banda que resulta del filtrado puede ubicarse en distintas posiciones del espacio virtual.

The image displays a musical score for Figure 6, consisting of two systems of staves. The first system includes parts for Flauta (Flute), Oboe, Saxo alto (Alto Saxophone), Cl Bajo (Bass Clarinet), and Piano. The Flute part is marked 'soplo' and features dynamic markings such as *mf*, *p < f*, *p < f*, and *f*. The Oboe part is marked *ppp*. The Saxophone part is marked *soplo* and includes dynamics like *mp*, *p < mf*, *f*, *mf*, *mf*, and *p < mf*. The Bass Clarinet part is marked *soplo* and shows dynamics such as *p < mp*, *p < mf*, *pp < mf*, *p < mf*, *p < mf*, *mf*, and *p < mp*. The Piano part is marked 'Max-MSP Patch' and contains diamond-shaped markers labeled 1 and 2. The second system includes parts for Flauta (Flute), Oboe, Saxo (Saxophone), Cl B (Bass Clarinet), and Piano. The Flute part is marked 'A' and 'con el piano', with dynamics like *ppp*, *p*, *ppp < mp*, *pp < mf*, *ppp < mf*, and *ppp < p*. The Oboe part has dynamics *mp*, *pp*, *p*, *ppp < mp*, *ppp < mf*, and *pp < p*. The Saxophone part shows dynamics *p < mf*, *p < >*, *ppp < mf*, and *ppp < mf*. The Bass Clarinet part has dynamics *mf*, *p < >*, *p < >*, *pp < >*, and *ppp < mf*. The Piano part includes a 'Ritardo' section with dynamics *mf*, *mf*, *p*, *mp*, *mf*, *mp*, *mf*, and *p*, along with 'ped' markings.

Figura 6

La modulación en grado de tonicidad se traslada posteriormente a la parte de piano, pero como una modulación en términos de consonancia-disonancia (conjuntos de

grados cromáticos 4-1, 4-4, 4-12, 4-13, 4-16, 4-18 y 4-27, manteniendo el *do* como sonido común en el bajo). El principio de este proceso se observa en la misma figura 6. Hacia el final se aplica la fragmentación de los acordes tenidos que resultan.

En relación con el tratamiento espacial de la textura, vimos la posibilidad de generar volúmenes que se desplazan y giran sobre sí mismos. En el sector D de *Interiores* los vientos, con y sin procesamiento, se ubican en los vértices de una forma geométrica que rota sobre sus ejes, y a la vez se traslada. A fin de generar un tipo de textura localizable en términos de espacialización, los instrumentos producen giros de cuatro sonidos, repetidos a gran velocidad (por momentos también se aplica fragmentación). Las relaciones interválicas de los giros repetidos modulan, partiendo del conjunto de grados cromáticos 4-1, hasta llegar por orden sucesivo al 4-22. La rapidez de cada grupo se indica de acuerdo a tres niveles:  $v-1$ ,  $v0$  y  $v1$ , para evitar las coincidencias rítmicas. El piano, por otra parte, se desenvuelve en un plano independiente, pero al mismo tiempo articula los ataques de los vientos. La escritura de esta sección (ver figura 7) manifiesta cierta libertad desde el punto de vista temporal. La unión efectiva de las partes depende en gran medida de la interpretación del piano y del director.

The image displays a musical score for five instruments: Flute (Fl), Oboe (Ob), Saxophone (Sax), Clarinet Bass (Cl B), and Piano (PI). The Flute, Oboe, and Clarinet Bass parts feature rapid, repetitive chromatic patterns labeled v-1, v0, and v1 respectively, with dynamic markings of piano (p). The Saxophone part also has a similar pattern labeled v0. The Piano part is more complex, with dynamic markings ranging from piano (p) to fortissimo (f), and includes performance instructions like 'ped' (pedal) and 'rall.' (ritardando). The score is written in a common time signature and includes various musical notations such as slurs, accents, and dynamic hairpins.

Figura 7

La obra finaliza con una reexposición variada de las técnicas expuestas. En la figura 8 se observa un fragmento cercano al final que combina registración espacial de la altura y generación de volúmenes.

The image shows a musical score for five instruments: Flute (Fl), Oboe (Ob), Saxophone (Sax), Clarinet Bass (Cl B), and Piano (PI). The score is divided into two systems. The first system starts at measure 3 and the second system starts at measure 28. The tempo is marked as quarter note = 60. The score includes various dynamic markings such as *p*, *f*, *pp*, *mf*, and *sf*. There are also performance instructions like *Ritardato* and *ped*. The score is written in a key with one sharp (F#) and a 3/4 time signature. The Flute and Oboe parts have a melodic line with some trills and slurs. The Saxophone and Clarinet Bass parts have a more rhythmic and harmonic accompaniment. The Piano part has a complex texture with many notes and pedaling instructions.

Figura 8

Al realizar un ordenamiento intuitivo de diversos objetos, es en cada uno de ellos donde encontramos el modo, de acuerdo con las características materiales, formales y funcionales de cada elemento en relación con el contexto. Así como es posible atribuir una duración particular a un acorde dentro de una sucesión, debido al grado de tensión y relevancia que presenta en relación con el resto, también es posible atribuir una trayectoria a un sonido o conjunto de sonidos, considerando sus cualidades y los recorridos interiores que los caracterizan. Pero, como siempre ocurre, la dificultad aparece al intentar la formalización de estas acciones, incluso cuando a veces puedan parecer elementales. Si a esto sumamos que en la mayoría de los casos donde los procesos se realizan en tiempo real resulta imposible predecir el futuro, notamos inmediatamente la complejidad del problema. Lo que aquí he manifestado no pretende resolver la integración del espacio en la música. Es simplemente el punto de partida que permitió la composición de una pieza musical en particular. La vinculación de los aspectos temporales y espaciales de la música, la exploración de su espacio interno en relación al espacio externo, la creación de programas que hagan posible una música interactiva basada en las decisiones de un oyente, proponen desafíos nuevos, y deben ser profundizados en el futuro.

## **Bibliografía**

Cetta, P., “Principios de estructuración de la altura empleando conjuntos de grados cromáticos”, en “Altura – Timbre – Espacio“, Cuaderno N° 5 del Instituto de Investigación Musicológica “Carlos Vega”, Buenos Aires, Editorial EDUCA, 2004, pp. 9-35.

Cetta, P., “Modelos de localización espacial del sonido y su implementación en tiempo real”, en “Altura – Timbre – Espacio“, Cuaderno N° 5 del Instituto de Investigación Musicológica “Carlos Vega”, Buenos Aires, Editorial EDUCA, 2004, pp. 269-291.

Cetta, P., *Un modelo para la simulación del Espacio en Música*. Serie Tesis de Doctorado, Instituto de Investigación Musicológica “Carlos Vega”, Editorial EDUCA, 2007.