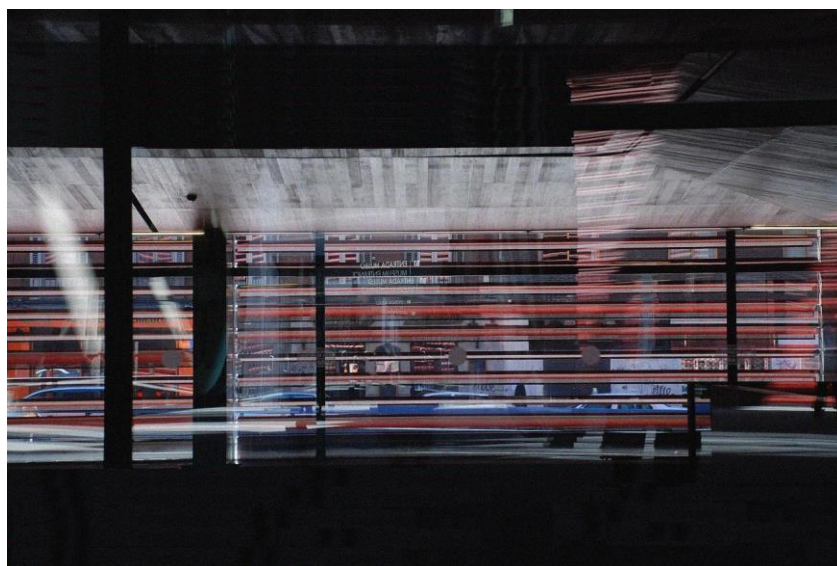


ESPACIOS SONOROS Y AUDIOVISUALES 2013: CREACIÓN, REPRESENTACIÓN Y DISEÑO



**Centro Superior de Investigación y Promoción de la Música,
y Departamento Interfacultativo de Música,
Universidad Autónoma de Madrid**



Centro Superior
de Investigación
y Promoción
de la Música



Relaciones entre la percepción de estructuras en el tiempo de la música y en el espacio de las artes visuales

Daniel BISIG y Pablo PALACIO²²³: Fusión espacial y acoplamientos dinámicos en Stocos.

Resumen

Stocos es una obra trans-disciplinar que conecta síntesis estocástica, dinámica de sonido y simulaciones de vida artificial con el fin de crear co-dependencias estéticas y comportamentales entre entidades sonoras, movimiento corporal, entidades virtuales e imaginaria visual.

En el corazón de *Stocos* se encuentra la noción de un entorno sinérgico cuyas características físicas y virtuales están relacionadas entre sí a través de simulaciones de fenómenos naturales. Este entorno está habitado por entidades naturales y artificiales que se perciben mutuamente y cuyo comportamiento oscila entre diferentes formas de autonomía y dependencia. La estructura coreográfica de la pieza emerge del flujo de estos acoplamientos dinámicos.

Stocos se centra en el análisis y desarrollo de las relaciones gestuales entre entidades sonoras, bailarines y entidades simuladas visualmente. Las actividades de las bailarinas, la música y las imágenes se relacionan entre sí a través de los procesos algorítmicos subyacentes de movimiento browniano y comportamiento enjambre. De esta forma, una densa red de influencias mutuas emerge estableciendo una coherencia entre las propiedades espaciales, perceptivas y comportamentales de los participantes naturales y artificiales que conforman el ecosistema híbrido de *Stocos*.

Fenómenos estocásticos

El título de la pieza *Stocos* proviene de la traslación libre del vocablo griego στόχος a caracteres latinos, vocablo que hace referencia a *el objetivo*. Es por esto que el término estocástico hace apunta al grado de dispersión de los eventos cuando se intenta

²²³ Pablo Palacio, Independent Composer. www.pablopalacio.com e-mail: acusmatrix@pablopalacio.com; Dr. Daniel Bisig. Institute for Computer Music and Sound Technology Zurich University of the Arts swarms.cc. e-mail: daniel.bisig@zhdk.ch

acometer un objetivo (por ejemplo acertar una flecha a un blanco). Por lo tanto cuando hablamos de un fenómeno estocástico hablamos de un fenómeno que comparte un proceso aleatorio con uno selectivo, es decir, como los sucesos se dispersan de manera parcialmente aleatoria (1). Siguiendo este razonamiento, tanto el cambio genético ordenado por las transformaciones protoplasmáticas en el ADN, como el aprendizaje y el pensamiento en general son procesos estocásticos, y en este sentido podemos afirmar que nada nuevo puede haber sin esta parte aleatoria.

Si trasladamos esta imagen al ámbito de la práctica instrumental observamos una relación similar, la misma nota escrita en un pentagrama y que es ejecutada sucesivamente por el mismo intérprete con el mismo instrumento contendrá una dispersión parcialmente indeterminada de los incontables detalles que conforman la insondable naturaleza de cada evento sonoro. Esta combinación de un proceso selectivo con otro indeterminado es lo que mantiene la atención del oyente en el ámbito de la música en vivo a cada nueva interpretación de una obra anotada en el mapa de cinco líneas y cuatro espacios.

Xenakis desarrolló de forma brillante este problema en su artículo *On Determinacy and Indeterminacy*, y en un ámbito aún más abstracto Alfred Korzybski con su idea del mapa y el territorio²²⁴. Siguiendo este enfoque, en *Stocos* hemos intentado recrear esta riqueza de los fenómenos naturales mediante el uso de procesos estocásticos para generar sonidos sintéticos y video generativo a partir de simulaciones de inteligencia artificial.

Sinergia y acoplamientos dinámicos.

Stocos está concebido como una red de elementos co-determinados. El término sinergia se refiere a un fenómeno en el cual la actividad cooperativa de varias unidades de un sistema da lugar a una propiedad o comportamiento que es inalcanzable para cada uno de los componentes por separado (1). En *Stocos* la frondosidad y turbulencia de la obra emerge de los acoplamientos dinámicos que se dan entre la síntesis estocástica de sonido, la actividad de las bailarinas y las entidades virtuales generadas mediante modelos informáticos que producen una inteligencia artificial. Empleamos el término

²²⁴ BATESON, Gregory. *Espíritu y Naturaleza*. Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1997; XENAKIS, Iannis., "Determinacy and Indeterminacy", *Organised Sound*, 1, pp:143-145, 1996.

"espacio sinérgico" para enfatizar el hecho de que la experiencia de la pieza no está dominada por una actividad individual, sino que ésta es más bien el resultado de las interacciones y mecanismos de retroalimentación mediante los cuales todos los participantes establecen recíprocamente sus condiciones creativas.



Imagen 1. Un momento en el espacio inmersivo de Stocos.

Este fenómeno sinérgico puede ser definido, debido a su naturaleza evanescente, como un patrón en flujo que emerge de los acoplamientos dinámicos que se dan entre la complejidad de la actividad de los cuerpos físicos y las muestras digitales organizadas de forma estocástica conectadas con los agentes que componen la simulación de comportamiento enjambre²²⁵

Acoplamientos algorítmicos

Podemos analizar estos acoplamientos dinámicos desde diferentes niveles. Por un lado desde un punto de vista algorítmico las actividades que tienen lugar en el escenario están basadas en algoritmos orientados a modelar el movimiento espacial de grandes grupos de entidades simples. Por un lado el movimiento browniano de partículas microscópicas y por otro el movimiento coherente de bandadas de pájaros o enjambres.

²²⁵ FULLER, Buckminster. *Synergetics - Explorations in the Geometry of Thinking*. Macmillan Publishing Co. Inc. New York, USA, 1979.

Estos algoritmos son los generadores principales de estímulos sonoros y visuales, y además en varios momentos controlan aspectos de los movimientos de las bailarinas. Debido a que los principales aspectos de la pieza están basados en los mismos algorítmicos la pieza se caracteriza por una consistencia algorítmica.



Imagen 2. El movimiento browniano actúa como un modelo tanto a nivel sonoro como visual en Stocos.

Acoplamientos comportamentales

Desde un punto de vista puramente comportamental el escenario está habitado tanto por entidades naturales como por entidades virtuales, ambas poseen un repertorio de comportamiento y la capacidad para percibir y responder a las otras. Las entidades simuladas pueden percibir a los habitantes naturales (bailarines) gracias a un software de visión por computador que detecta las posiciones, los contornos y los movimientos de las bailarinas. Dependiendo de la complejidad de la simulación virtual, los agentes que la componen o bien poseen muy poca autonomía y se comportan como un fenómeno físico que puede ser controlado directamente por las bailarinas como un meta instrumento o, cuando el grado de autonomía es alta, actúan como socios en una improvisación colectiva.



Figura 3. Los agentes que componen la simulación de comportamiento enjambre interactúan con el movimiento de la bailarina como socios en una improvisación colectiva. Cada agente (en este caso cada punto en el espacio sobre la bailarina) está conectado a un sintetizador estocástico.

Espacio emergente

En *Stocos* el espacio surge como un producto del movimiento de las entidades que populan el escenario. Por un lado, el movimiento de las bailarinas construye y transforma las propiedades del espacio inmersivo que emerge de la cooperación local de los agentes que componen la simulación, tanto a nivel acústico (muestras digitales), como visual (agentes que conforman la simulación enjambre). En este sentido, como ya indicó Jean Piaget, el movimiento es concebido como una transformación del campo perceptivo. En consecuencia, podemos definir un campo perceptivo como un grupo de relaciones determinado por movimientos en el espacio (1). Finalmente, siguiendo este razonamiento y trasladándolo al ámbito formal, el tiempo es la coreografía del espacio.

(1) PIAGET, Jean and INHELDER, Bärbel. *The child's Conception of Space*. Norton Library. New York, 1967.



Imagen 4. Proyección sin discontinuidades en el fondo, suelo que acompaña el movimiento de la bailarina.

En *Stocos* el espacio se manifiesta a sí mismo mediante una fusión acústica y visual del espacio físico y el espacio simulado o artificial. Esta fusión se consigue mediante el alineamiento de las características espaciales del escenario y el cuerpo de las bailarinas, con las características espaciales de la simulación visual.

La composición musical se difunde en un espacio acústico octofónico que rodea a los artistas y al público. Además, el escenario se divide en varias regiones acústicas que permiten a los bailarines elegir diferentes materiales sonoros y modularlos en función de su posición en el espacio.

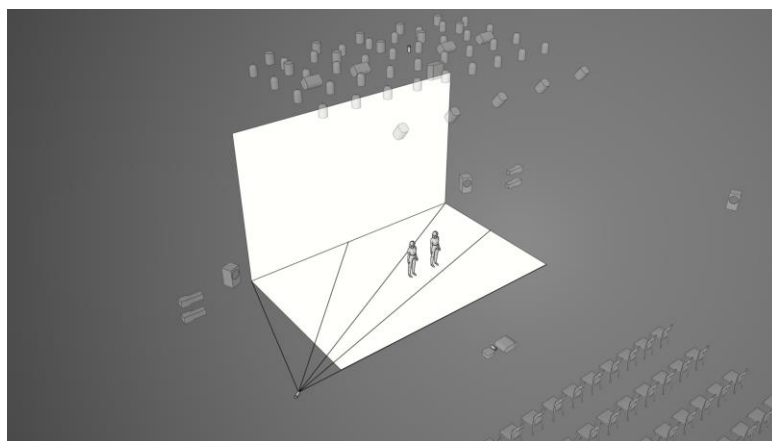


Imagen 5. División del espacio en diferentes zonas acústicas, cada una de las cuales responde con diferentes entidades sonoras que son moduladas por la actividad corporal de las bailarinas.

La imaginería visual es proyectada sin discontinuidades en el fondo de escenario, en el suelo del escenario y en los cuerpos de los bailarines en un intento de crear una continuidad visual y comportamental entre las propiedades naturales del espacio, sus habitantes naturales y las entidades simuladas interactivas. Las características de estos visuales interactivos cambian continuamente, pudiendo adquirir diferentes formas tales como una propiedad dinámica que abarca todo el escenario, bailarines virtuales autónomos que improvisan en escena o una piel artificial que cubre el cuerpo de las bailarinas.



Imagen 6. La simulación adopta forma de patrones de vasos sanguíneos y se confina interactivamente en el cuerpo de la bailarina.

Síntesis estocástica de sonido en *Stocos*

Construcción de una música para el ojo.

La música de la pieza combina secciones generadas en tiempo real con materiales pre-compuestos. La música de la pieza está generada en su totalidad sintéticamente a través de un método de síntesis denominado Síntesis Estocástica Dinámica. Este método ideado inicialmente por Xenakis emplea simulaciones matemáticas de movimiento browniano (movimiento en zig zag continuo e impredecible de las moléculas chocando unas contra otras) como un mecanismo estocástico para modificar individualmente muestras digitales, y de este modo manipular directamente la curva sonora de presión tiempo (1). De acuerdo con este

método, la forma de onda está poligonizada mediante un número variable de puntos de quiebre. Cada uno de estos puntos de quiebre está constantemente perturbado por dos paseos aleatorios que controlan la amplitud y la duración de la forma de onda los valores generados por los paseos aleatorios están delimitados por las llamadas barreras elásticas (2).

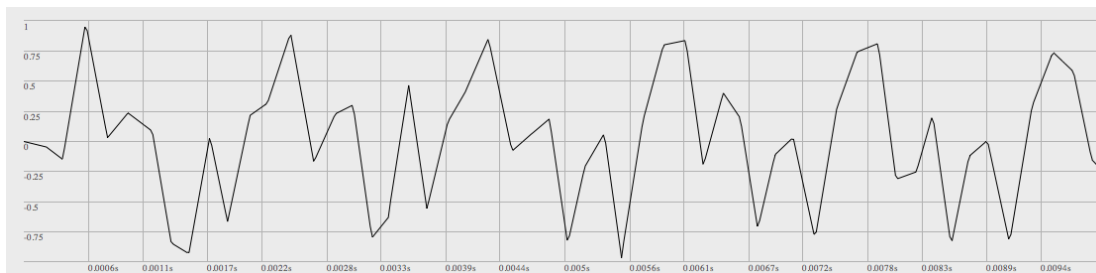


Imagen 7. Curva de presión tiempo de una onda de 100 ms de duración generada mediante síntesis estocástica dinámica articulada por 10 puntos de quiebre que son sucesivamente perturbados.

Para *Stocos*, este método de síntesis ha sido implementado de forma original en el lenguaje de programación Supercollider por uno de los autores. No han sido utilizadas para esta pieza las implementaciones de este tipo de síntesis incluidas en la distribución estándar de este entorno de programación. Nuestra implementación del modelo de síntesis estocástica dinámica se ha adaptado y ampliado específicamente para *Stocos*. A continuación comentamos algunas de estas aportaciones:

En un nivel algorítmico, los parámetros que delimitan el comportamiento del movimiento browniano que da lugar a los sonidos sintetizados son modificados por la actividad de los agentes que conforman la simulación de comportamiento enjambre. Cada agente se acopla a un sintetizador estocástico a través de una variedad de relaciones. Una de estas relaciones consiste en mapear la posición vertical de cada agente con la posición de las barreras elásticas que delimitan los valores del paseo aleatorio, encargado de perturbar la duración de cada uno de los puntos de quiebre que estructuran la onda sintetizada.

Otra relación consiste en el empleo de la similitud entre la velocidad vectorial de cada agente que compone el enjambre para controlar el tamaño del paso de los paseos aleatorios del algoritmo de síntesis. Una tercera relación conecta las trayectorias

espaciales de los agentes a la espacialización de los sonidos sintetizados a través del anillo de ocho altavoces que rodea tanto al público como al escenario²²⁶.

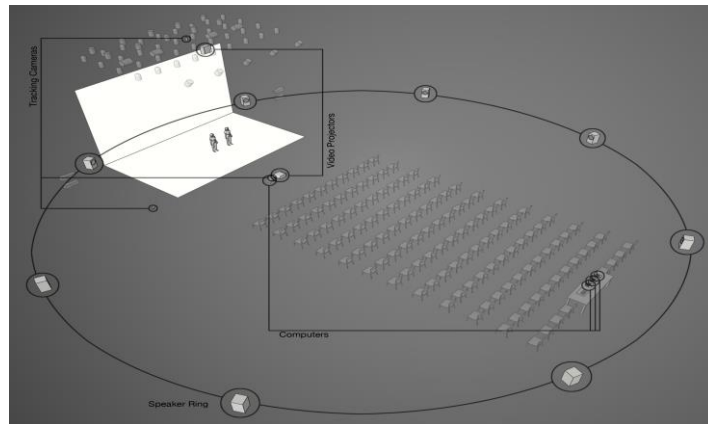


Imagen 8. Diseño esquemático del montaje de Stocos en el que se muestra la disposición del anillo de 8 altavoces (Speaker Ring), las dos superficies de proyección junto con los proyectores (Video Projectors), las 3 cámaras de captura de movimiento (Tracking Cameras) y los computadores (computers).

Por otro lado el modelo de síntesis estocástica que se ha creado para Stocos permite a las bailarinas controlar interactivamente el algoritmo de síntesis mediante su actividad corporal, modulando el tamaño del paso del paseo aleatorio que perturba la amplitud de la onda sonora. Como resultado, el proceso de la síntesis de sonido y la proyección espacial de los sonidos resultantes está estrechamente entrelazada con las actividades de las bailarinas. Por último, la estructura composicional de la música se genera a través de un flujo de patrones temporales que también afectan a las propiedades de comportamiento y de representación visual de la simulación enjambre creación de un bucle de interacciones circulares que al final afecta a la propia síntesis estocástica. Todas estas relaciones permiten al oyente la construcción de una experiencia musical de carácter sinestésico, lo que Xenakis denominara una música para el ojo en relación a sus *politopos*, en el contexto de Stocos es un fenómeno emergente que nos permite ver la música y escuchar los cuerpos de las bailarinas, así como las

²²⁶ XENAKIS, Iannis. *Formalized Music*. Revised Edition, Pendragon Press, New York, USA, 1992 Y LUQUE, Sergio. "The Stochastic Music of Iannis Xenakis". *Leonardo Music Journal*, Vol. 19, MIT Press, Cambridge, USA, 2010.

fugaces interacciones locales de los agentes que componen las simulaciones de comportamiento enjambre²²⁷.

Gesto Corporal y sonido

El gesto musical entendido como un movimiento del cuerpo a la vez funcional y expresivo que desencadena la emisión de un sonido, ha mantenido un papel destacado como un aspecto imaginario y metafórico en la música puramente electrónica, ya que permite al compositor y al oyente conectar una percepción acústica a una experiencia performativa. La base de esta idea es la muy probable existencia de un substrato común para ambos fenómenos, sónico y motriz. Es decir, la evolución de la música ha estado íntimamente ligada al desarrollo instrumental, cuya práctica requiere de sofisticadas coreografías necesarias para obtener resultados sónicos interesantes. Un fenómeno éste que podríamos rastrear evolutivamente relacionándolo con las inferencias inconscientes orientadas a la supervivencia de la especie que realiza nuestro cerebro acerca de la actividad física que origina un sonido. Podríamos decir que el gesto corporal desencadena una configuración corporal y una transformación en el espacio en el caso de la danza o la excitación de un cuerpo vibratorio en el caso de la música (1).

En *Socos* la actividad de las bailarinas forma parte integrante de la red de relaciones que subyacen a la creación generativa de la música y de la imaginería visual. Una de las vías mediante las que se desarrolla este acoplamiento estructural entre cuerpo, sonido y simulaciones de inteligencia artificial es mediante un sistema de visión por computador especialmente desarrollado por los autores que captura y analiza el movimiento de las bailarinas. Esta información es utilizada para crear y modular los sonidos sintetizados que actúan como una extensión invisible de su movimiento corporal. Asimismo, la captura de los contornos y posición de los cuerpos en escena es utilizada para manipular la configuración dinámica de las simulaciones visuales de comportamiento enjambre.

²²⁷ XENAKIS, Iannis. *Music and Architecture*. Compilation, translation and commentary by Sharon Kanach. Hillsdale, New York: Pendragon Press, 2008.



Imagen 9. Los modelos de inteligencia artificial sincronizados con la síntesis estocástica de sonido se comportan como lluvia perturbada por el movimiento de los cuerpos que actúan como por ráfagas de viento.

Por otro lado durante secciones altamente formalizadas de la coreografía, las bailarinas organizan sus movimientos espaciales y patrones gestuales estrictamente de acuerdo con las reglas algorítmicas que se derivan de la simulación del movimiento browniano, que da lugar a los sonidos sintéticos, es decir utilizando paseos aleatorios como un modelo formal para generar las estructuras coreográficas. Estos paseos aleatorios son utilizados por las bailarinas para "caminar" entre los diferentes pasos que conforman la variación, produciendo reverberaciones de la estructura original en diferentes partes del escenario. Estos procedimientos algorítmicos que son seguidos por las bailarinas han sido creados en lenguaje Supercollider²²⁸.

Simulación de fenómenos naturales e inteligencia artificial: *Swarm behaviour* o comportamiento enjambre

Las simulaciones por computador que han sido desarrolladas por los autores para esta pieza están encaminadas a modelar los movimientos de grandes grupos de entidades simples en el espacio, en particular, el movimiento browniano de partículas microscópicas y el movimiento coherente de grupos de animales (*swarm simulations*). Es importante dejar claro que este enfoque no persigue un fin reduccionista en el sentido de replicar fenómenos naturales, sino más bien el de entender los procesos implicados en estos fenómenos para generar nuevas realidades. Varios comportamientos de las simulaciones han sido diseñados específicamente para esta pieza. La mayoría de los nuevos comportamientos están relacionados con su capacidad para responder a la

²²⁸ PALACIO, Pablo and ROMERO, Muriel. "Structural Aspects in *Acusmatrix*". In *Cairon 12, Journal of Dance Studies*. Madrid: CENAH- Universidad de Alcalá, 2009.

presencia de las bailarinas. La implementación de estas simulaciones ha sido realizada en lenguajes C++ y Supercollider.

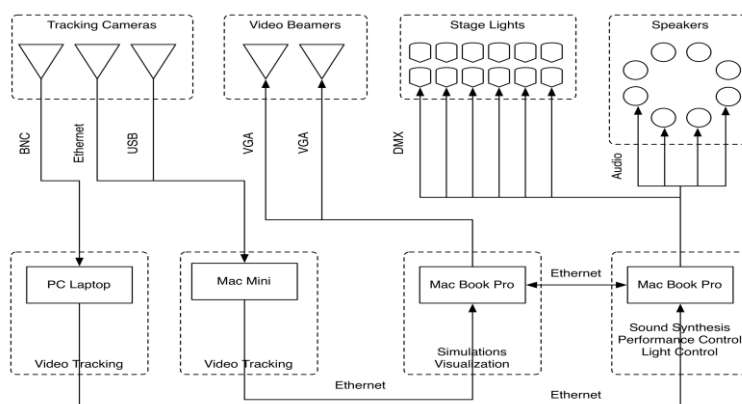


Imagen 10: Configuración computacional de las comunicaciones. Una representación esquemática de las tareas de las computadoras y su comunicación con la configuración de la luz, proyectores de vídeo, cámaras de seguimiento y los altavoces.

Swarm behaviour o inteligencia enjambre es una rama de la inteligencia artificial que se ocupa del estudio en el comportamiento colectivo de sistemas autoorganizados. Los sistemas de inteligencia enjambre están compuestos por agentes que interactúan entre ellos y con su ambiente. Una simulación bio-mimética compuesta de múltiples agentes ha sido especialmente diseñada para la pieza. Esta simulación sincroniza la actividad de las bailarinas en el escenario con las dinámicas autoorganizadas de grupos de agentes implicados en movimientos coherentes.

Los movimientos de los agentes son así un mecanismo generativo que subyace a la creación en tiempo real de video y música controlada por computador. Como resultado de esta actividad el escenario se convierte en un entorno interactivo cuyas propiedades acústicas y visuales emergen de las mutuas interacciones entre las bailarinas y la simulación.

La implementación de estas simulaciones está basada en una librería de C++ desarrollada por uno de los autores²²⁹. Esta simulación puede interactuar de forma sencilla con otros softwares debido a su control y comunicación basado en OSC. En Stocos el

²²⁹ BISIG.D, NEUKOM.M, and FLURY.J. "Interactive Swarm Orchestra - A Generic Programming Environment for Swarm Based Computer Music". In *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Belfast, Ireland, 2008, y BISIG, Daniel and Kocher, Philip. "Tools and Abstractions for Swarm based Music and Art". In *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Ljubljana, Slovenia, 2012.

comportamiento y visualización de la simulación cambia de forma fundamental a lo largo de la pieza. Estos cambios han sido escritos en lenguaje supercollider y están sincronizados con la composición musical enteramente realizada en este lenguaje. Los parámetros que definen esta simulación pueden ser tomados como abstracciones musicales tales como densidad, masa, alineamiento, atracción, cohesión, velocidad, grado de aleatoriedad de la trayectoria, tempo. Igualmente estos parámetros pueden ser utilizados como pautas coreográficas.

Conclusiones

La realización de *Stocos* fue motivada por la curiosidad acerca de si las ideas de composición algorítmica y arte generativo se pueden transferir a la danza contemporánea y viceversa. En particular, esperábamos que al compartir e interrelacionar los mismos procesos generativos entre la música, la danza y las imagería visual, la pieza podría presentar un elevado grado de coherencia estética y sincronía. El fenómeno de un cuerpo en movimiento cuya energía trayectoria activa y modifica los fenómenos perceptibles es muy adecuado para vincular abstracciones algorítmicas con una experiencia performativa que es muy familiar tanto a los bailarines y el público. La decisión de emplear simulaciones de movimiento browniano y el comportamiento de enjambre se basa en el enfoque gestual de la pieza.

Como perspectiva de futuro, los artistas responsables de *Stocos* coorganizaran en los próximos cinco años el proyecto europeo *Metabody*, en el cual se desarrollarán y extenderán en una estructura arquitectónica interactiva las ideas manifestadas en la pieza que es objeto de esta publicación.

Agradecimientos

Nos gustaría dar las gracias a todas las organizaciones que nos **proporcionaron** el tiempo, el espacio y los medios financieros para realizar el "*Stocos*": *Mercat de las Flors*, *Instituto Cervantes*, *Unterwegs Theatre*, *Teatros del Canal*, *Comunidad de Madrid* y *Festival VAD*. Además, un agradecimiento especial a Sergio Luque por su experiencia y asistencia en la aplicación de la síntesis estocástica. Otras agradecimiento a Pablo Nieto, por filmar un excelente material de video de la pieza. Por último, nos gustaría agradecer al Museo Riedberg y la Sra. Rita Roedel por permitir que adquiriésemos los dos proyectores de vídeo a un precio extremadamente bajo.

Bibliografía

- BATESON, Gregory. *Espíritu y Naturaleza*. Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1997.
- BISIG.D, NEUKOM.M, and FLURY.J. "Interactive Swarm Orchestra - A Generic Programming Environment for Swarm Based Computer Music". In *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Belfast, Ireland, 2008.
- BISIG, Daniel and Kocher, Philip. "Tools and Abstractions for Swarm based Music and Art". In *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Ljubljana, Slovenia, 2012.
- BISIG, Daniel, and PALACIO, Pablo. "STOCOS - Dance in a Synergistic Environment". In *Proceedings of the Generative Art Conference*. Lucca, Italy, 2012.
- FULLER, Buckminster. *Synergetics - Explorations in the Geometry of Thinking*. Macmillan Publishing Co. Inc. New York, USA, 1979.
- LUQUE, Sergio. "The Stochastic Music of Iannis Xenakis". *Leonardo Music Journal*, Vol. 19, MIT Press, Cambridge, USA, 2010.
- PALACIO, Pablo and BISIG, Daniel. "Algorithmic and aesthetic interrelations in the dance piece Stocos". In *Proceedings of Danse & Musique, l'art de la rencontre*. Lyon, France, 2013.
- PALACIO, Pablo and ROMERO, Muriel. "Structural Aspects in *Acusmatrix*". In *Cairon 12, Journal of Dance Studies*. Madrid: CENAH- Universidad deAlcalá, 2009.
- PIAGET, Jean and INHELDER, Bärbel. *The child's Conception of Space*. Norton Library. New York, 1967.
- SERRA, Marie-hélène. "Stochastic Composition and Stochastic Timbre : Gendy 3 by Iannis Xenakis". *Perspectives of New Music*, Vol. 31, Washington, USA, 1993.
- VARGA, Bálint András. *Conversations with Iannis Xenakis*. Faber and Faber, London, 1996.
- XENAKIS, Iannis. *Formalized Music*. Revised Edition, Pendragon Press, New York, USA, 1992.
- XENAKIS, Iannis. *Music and Architecture*. Compilation, translation and commentary by Sharon Kanach. Hillsdale, New York: Pendragon Press, 2008.
- XENAKIS, Iannis., "Determinacy and Indeterminacy", *Organised Sound*, 1, pp:143-145, 1996.

Este libro se publicó como autoedición el 25 de Mayo de 2015

