

RDA.III

III CONGRESO INTERNACIONAL DE ARTES
REVUELTAS DEL ARTE



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LAS ARTES



III CONGRESO INTERNACIONAL DE ARTES “REVUELTAS DEL ARTE”

Buenos Aires, 10 al 12 de octubre de 2023

Actas del III Congreso Internacional de Artes : revueltas del arte / Cristina Híjar... [et al.] ;

Compilación de Lucía Rodríguez Riva. - 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Nacional de las Artes, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-3946-31-8

1. Arte. 2. Actas de Congresos. I. Híjar, Cristina II. Rodríguez Riva, Lucía, comp.
CDD 700.71

RDA.III

III CONGRESO INTERNACIONAL DE ARTES
REVUELTAS DEL ARTE



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LAS ARTES

III CONGRESO INTERNACIONAL DE ARTES “REVUELTAS DEL ARTE”

Buenos Aires, 10 al 12 de octubre de 2023

El Congreso fue realizado por la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional de las Artes.

ACTAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL DE ARTES “REVUELTAS DEL ARTE”

COMPILADORA

Lucía Rodríguez Riva

CORRECTORAS

Leonora Madalena y Diana Marina Gamarnik

ILUSTRACIONES

Facundo Marcos

DISEÑO

Soledad Sábato

COORDINACIÓN DE DISEÑO

Viviana Polo

RDA.III

III CONGRESO INTERNACIONAL DE ARTES
REVUELTAS DEL ARTE



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LAS ARTES

EJE 3

**ARTES, CIENCIA Y
VINCULACIÓN TECNOLÓGICA**



EJE 3: ARTES, CIENCIAS Y VINCULACIÓN TECNOLÓGICA; 3.3: ARTES, SUSTENTABILIDAD Y TECNOLOGÍA

El algoritmo como germen de la producción sonora

Guillermo Perna (Universidad Tecnológica Nacional,
Universidad Nacional de Quilmes, CONICET,
Universidad Nacional de las Artes)

RESUMEN: El presente trabajo se concentrará en distintas posibilidades que ofrece la forma de producción musical algorítmica, que se enmarca en la propuesta por el compositor y teórico Curtis Roads. A su vez, se presenta la obra algorítmica para clarinete *La Espera* (G. Perna), que implementa variantes de algoritmos relacionados con la teoría de colas, proveniente de la investigación operativa, una subárea de las matemáticas aplicadas. Curtis Roads llama música computacional a toda música en la que intervenga una computadora en cualquiera de sus fases de composición. Según el autor, la música algorítmica por computadoras forma parte de este paradigma. La música algorítmica es una forma de producción musical que utiliza como material compositivo uno o varios algoritmos que no solo pueden dar sustento teórico a la composición de una obra, sino que también pueden organizar el material sonoro puesto en juego. Este trabajo se plantea mostrar las múltiples posibilidades que despliega esta manera de composición, que dependerán de los algoritmos elaborados y de la manipulación que el compositor haga de los mismos. Se expone que, a través de los algoritmos, es posible organizar desde pequeñas estructuras musicales (frases, motivos, intervalos) hasta macroestructuras (la forma de una obra en un sentido morfológico tradicional). En la actualidad, la música algorítmica suele estar estrechamente

ligada a la música producida por computadoras, ya que estas procesan los algoritmos en forma rápida y eficiente para los fines y estrategias de cada compositor, y representa un área interesante de vinculación entre arte, ciencia y tecnología.

Palabras clave: Algoritmo; Composición; Materiales; Teoría de colas; Informática musical.

Una clasificación de la música algorítmica

Dentro de lo que se conoce habitualmente como música algorítmica producida o intervenida por computadoras, se pueden identificar al menos tres tipos de tratamiento de los datos que procesan los algoritmos, que pueden definir a su vez una clasificación dentro de la música algorítmica. Según Taube (2004) dicha clasificación no depende de las características del algoritmo utilizado, sino que depende del modo en que el compositor utiliza el algoritmo y sus resultados, para la producción de su obra. Partiendo de este concepto se puede clasificar a la música en las siguientes categorías:

- **Música asistida por computadoras:** aquí la máquina asiste al compositor en su tarea a través de determinados algoritmos que, en general, son realizados o diseñados por el propio compositor para la realización de una obra. En este caso la computadora asiste y le simplifica la tarea al compositor en la organización de determinados parámetros musicales (altura, intensidad, etc.). La música así producida puede representarse, luego de la etapa de procesamiento algorítmico, simbólicamente en partituras, ya sea con escritura tradicional o mediante nuevas notaciones.
- **Música algorítmica mecánico-acústica:** esta clasificación es adecuada para los casos de producción de obra donde el material algorítmico producido por la computadora se envía desde una interface digital, por medio de algún dispositivo que interprete datos musicales

como puede ser un dispositivo del tipo *disklavier* o cualquier microcontrolador con interface electromecánica que actúe sobre un mecanismo y ejecute a través de él determinadas instrucciones en un instrumento musical o dispositivo acústico (como puede ser un dispositivo acoplado a un piano, una marimba, un violonchelo). Este envío de datos puede ser realizado en tiempo real o diferido.

Actualmente, es usual que el envío de datos se realice a través del uso del protocolo de comunicación MIDI (*Musical Instruments Digital interface*).

- **Música algorítmica con uso de secuenciadores o algorítmica electroacústica:** este tipo de producción utiliza secuenciadores (analógicos o digitales) que reciben los datos provenientes del procesamiento de un algoritmo y los interpretan, traduciéndolos a sonidos mediante muestras de sonidos instrumentales, o bien señales electroacústicas generadas para tal fin o por algún tipo de procesamiento de señales sonoras.

Una clasificación que Taube (2004) no menciona es la sugerida por Supper (2003) como *música interactiva*, donde la música se modifica en tiempo real a través de la manipulación de los parámetros musicales en juego, que un intérprete pueda variar en tiempo real, modificando variables de un algoritmo mientras se produce la emisión de la obra. Este tipo de música requiere un tratamiento especial y, en general, se utilizan entornos de programación de alto nivel preparados para tal fin, como los primeros *softwares*, hoy en desuso, como *Music Mouse* o *Jam Factory* u otros más actuales como *Max/MSP*, *Pure Data*, entre otros.

PARADIGMAS EN MÚSICA ALGORÍTMICA SEGÚN LOS MODELOS UTILIZADOS

En el anterior apartado, se ha visto una posible clasificación de la música algorítmica según el modo de tratamiento de los datos algorítmicos en la producción musical. Ahora se examinará cómo se pueden clasificar los algoritmos utilizados para la producción de obras

algorítmicas según la propuesta de Supper (2001). El autor observa que los algoritmos más utilizados en música algorítmica pueden ser clasificados dentro de tres paradigmas, como se verá a continuación:

- **Modelos tradicionales provenientes de procedimientos no algorítmicos:** este paradigma refiere a la música algorítmica en donde intervienen los algoritmos que el compositor utiliza para la producción de su obra, pero que no quedan en evidencia para el oyente de la misma. Es decir, la obra generada algorítmicamente esconde su procedimiento de forma tal que podría confundirse con una composición tradicional no algorítmica.
- **Nuevos modelos definidos por procedimientos musicales:** este tipo de algoritmo genera reglas y procedimientos a partir de modelos o búsquedas estrictamente musicales (formas tradicionales, escalas, etc.) para la producción de una música algorítmica innovadora.
- **Modelos algorítmicos de disciplinas extramusicales:** a esta categoría pertenecen las producciones de obras musicales algorítmicas que hacen uso de algoritmos que provienen de otras ciencias tales como: inteligencia artificial, algoritmos generativos, modelos de las ciencias naturales, etc.

En esta clasificación Supper (2001, 2003) no menciona, al menos en forma explícita, a la música algorítmica de estilo donde el compositor, a través de un algoritmo, busca la imitación de un autor o de un estilo musical histórico, en general perteneciente a la música académica (Fernández Vico, 2013). Nierhaus (2009) postula como el mayor exponente en la actualidad al compositor David Cope, que, a través de su sistema MIR, compone música algorítmica al estilo de consagrados compositores de históricos de música instrumental tradicional, tales como Bach, Beethoven, Chopin, entre otros. Según Nierhaus (2012), prácticamente cualquier disciplina puede ser utilizada para generar estructuras musicales por medio de algoritmos, siempre que haya un mapeo paramétrico adecuado entre los elementos particulares provenientes del paradigma de dicha disciplina en particular y los

parámetros musicales. Asimismo, Nierhaus (2012) también plantea que un algoritmo puede utilizarse para darle un tratamiento determinado a un aspecto particular de una obra (aspecto micro), o bien para tratar un aspecto general de la obra, como podría ser su forma (aspecto macro).

A continuación de clasificará una obra de producción propia dentro de los marcos recientemente analizados.

MODELOS DE UNA COLA DE POISSON

Dado un modelo general de colas que combina llegadas y salidas con tiempos de distribución exponencial, un sistema de colas necesita que transcurra cierto tiempo, relativamente grande, operando, para conseguir un estado estable.

El modelo general parte del supuesto de que las tasas de llegada y salida son dependientes del estado, es decir, dependerán del número de clientes en las instalaciones del servicio. Este supuesto indica que los factores intervinientes del sistema modifican sus tiempos según las necesidades dadas. Taha (2005) pone como ejemplo el caso de un empleado de una cabina de peaje que tiende a acelerar su servicio en los horarios pico.

Este modelo supone una sola cola y un solo servicio. Las llegadas y servicios son aleatorios, es decir, el cliente llega en un momento cualquiera y el servidor se ocupa en un momento que no está determinado. Las llegadas y la cola son consideradas infinitas. La disciplina de la cola es del tipo *First in-First out* (FIFO) y todos los clientes que llegan a la cola son atendidos.

Las variables principales que intervienen en un modelo de simulación de colas son:

n = Número de clientes en el sistema (como ya se mencionó en la cola y en el servicio)

λ = Tasa de llegada de cliente, dados n en el sistema

μn = Tasa de salida de los clientes, dados n en el sistema

p_n = Probabilidad de que haya n clientes en el sistema, en estado estable

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE MÚSICA ALGORÍTMICA

Se desarrollará ahora sobre cómo estos aspectos de la teoría de colas pueden ser volcados en la producción musical a través de una explicación técnica de una de las obras presentadas: *La Espera*. La implementación de la teoría se realiza por medio de algoritmos generados con el *software* Simulink/Matlab. Los valores generados por el algoritmo son mapeados a distintos parámetros del sonido (altura, intensidad, duración) de una manera apropiada según la búsqueda compositiva, mediante el uso del protocolo MIDI.

La Espera: una obra algorítmica para clarinete

La obra, según las clasificaciones descritas en el presente trabajo, se ordena dentro de la categoría de *música algorítmica acústica* y la de *modelos algorítmicos de disciplinas extramusicales*. *La Espera* surge de la implementación de la teoría de colas a través de una simulación de un sistema en el *software* Simulink/Matlab. A través de los datos numéricos obtenidos en la simulación, se logra el control paramétrico (altura, duración, intensidad) de las notas generadas y su ordenamiento en el tiempo. La obra se estructura, principalmente, a través de procesos estocásticos propios del comportamiento del tipo de filas utilizadas para la composición.

La Espera

Guillermo Perna

Lunatico $\text{♩} = 68$ *inquieto*

Clarinete en Sib



fobico

Cl.



infastidito

Cl.



Imagen 1 – Fragmento de *La Espera* / Fuente: elaboración propia

Características principales de los elementos de la cola utilizada para la composición

El algoritmo generado para la composición de la obra cuenta con una fila, con disciplina FIFO y un servidor. Dicha fila responde a procesos estocásticos donde el tiempo de espera de los clientes estará determinado por la relación entre λ y μ .

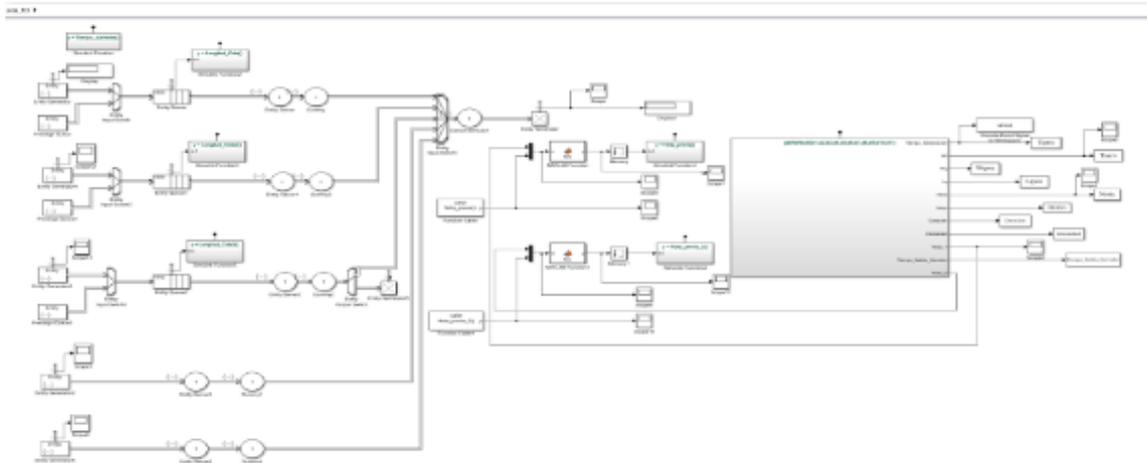


Imagen 2 – Esquema del programa realizado en Simulink/Matlab para la composición de la obra *Centaura* / Fuente: elaboración propia

La Imagen 2 muestra el esquema del algoritmo realizado para una obra llamada *Centaura*, para *disklavier*. Esta obra utiliza el mismo algoritmo que la obra *La Espera*, pero utiliza un mayor número de simulaciones de colas. Es así como un mismo algoritmo funciona como un germinador para distintas obras para diferentes instrumentaciones. Tan solo es necesario cambiar las variables o agregar piezas de *software* con algoritmos de la misma naturaleza, que respondan a la simulación de colas, como es en este caso, implementando la teoría.

Asociación entre notas y elementos de una cola

La cola utilizada en la simulación tiene una tasa de llegada $\lambda = 3$ y una tasa de salida de clientes μ que varía a lo largo de toda la obra, como se analizará más adelante. Esto significa que la cola utilizada, dentro de la longitud de la obra, llega al estado estable solo cuando μ se aproxima al valor λ .

Sobre la relación entre λ y μ se puede afirmar lo siguiente, en términos generales:

- Cuando el valor de $\mu < \lambda$, los servidores realizan menos transacciones por unidad de tiempo en relación con el estado estable o, dicho de otro modo, se atienden menos clientes por unidad de tiempo y los tiempos de permanencia en la cola se alargan y, consecuentemente, su longitud.
- Cuando el valor de $\mu > \lambda$, los servidores realizan más transacciones por unidad de tiempo en relación con el estado estable o, dicho de otro modo, se atienden menos clientes por unidad de tiempo y los tiempos de permanencia en la cola son más cortos y también la longitud de la cola decrece.
- A su vez, en el algoritmo se implementa una precarga de clientes a las filas utilizadas igual a 183 clientes.

En el próximo apartado se podrá observar cómo los factores aquí mencionados tendrán incidencia en distintos aspectos paramétricos sonoro/musicales.

El control de los parámetros de las notas generadas en *La Espera* se logra a través de un mapeo de los atributos correspondientes a los elementos intervinientes en la simulación de una cola. En el caso de la obra *La Espera*, la altura, la intensidad y la duración de las notas fueron asociados a los elementos de una cola, ya definidos anteriormente de la siguiente manera:

- La cantidad de notas dependerá de la cantidad de tiempo que dure la simulación y la cantidad de transacciones realizadas en ese lapso de tiempo.
- La duración de la nota dependerá de la *permanencia de clientes en la cola* (Wq). Se definió que cuanto mayor sea la permanencia o espera del cliente en la cola simulada por el algoritmo mayor será la intensidad de la nota que generará cada cliente. La duración de cada nota también dependerá de Wq y será proporcional a este.
- La densidad cronométrica estará determinada estrictamente por la relación entre los valores entre μ y λ , según se observó en el punto.

- La cola tiene una precarga de clientes, es decir, la simulación no comienza con las colas vacías. Esto evita que las primeras notas generadas tengan intensidad nula.
- Las probabilidades de que salga una nota u otra estará siempre dada por un valor aleatorio relacionado con la espera del cliente que genera la nota en la cola y es por esto que siempre un grupo de notas vecinas se comportará en correspondencia con una distribución *Poisson*. Cada vez que se realiza una transacción, se genera una nota, que adquirirá un valor u otro según el momento en que se realiza.
- La intensidad de cada nota dependerá del tiempo de espera del cliente en la cola: cuanto mayor sea el tiempo de espera, más intensidad tendrá la nota generada.

Análisis del rol del intérprete y estructura de *La Espera*

La Espera está estructurada en frases, cuyo principio y fin están determinados por indicaciones de carácter. Para ser concisos con la teoría, las indicaciones de carácter provienen de una encuesta que se les realizó a $n = 30$ sujetos, quienes respondían a la siguiente pregunta: ¿cuáles son las emociones que le surge al estar esperando? Se aclaraba a los sujetos que esta espera podía ser en la parada de un transporte, en la cola de un supermercado, esperando que una computadora responda, etc.; no había un condicionamiento de la instalación adonde los sujetos, devenidos a clientes, debían ponerse en situación para responder. La encuesta dio como resultados las siguientes expresiones, que fueron ordenadas de menor a mayor coincidencia —estas coincidencias no eran literalmente exactas, se tomaron como similares y se agruparon—. El siguiente cuadro muestra las indicaciones de carácter, en el mismo orden en el que aparecen en la obra.

Humor cambiante o ciclotímico	Lunatico
Bronca	Collera
Enojo	Rabbia
Irritación	Irritazione

Fastidio	Fastidio
Odio	Odio
Intolerante	Intollerante
Violencia	Violenza
Con indignación	Con indignazione
Con frustración	Con frustrazione
Con impaciencia	Con impazienza
Con aburrimiento o aburrido	Con noia o annoiato
Con exasperación	Con esasperazione
Con irritación o irritado	Con irritazione o irritato
Sintiendo urgencia por escapar	Sentendo urgenza di fuggire
Con enojo / ira	Con rabbia / ira
Calculando / especulando	Calcolando / speculando
Contemplativo	Contemplativo
Con resignación	Con rassegnazione
Con angustia o angustiado	Con angoscia o angosciato
Con impotencia	Con impotenza
Con ansiedad o ansioso	Con ansia o ansioso
Con curiosidad por el entorno	Con curiosità per l'ambiente circostante
Con fastidio o fastidiado	Con fastidio o infastidito
Con pereza	Con pigrizia
Inquieto	Inquieto
Como escapando a otro lugar con el pensamiento:	Come fuggendo ad un altro luogo con la mente

Cuadro 1 – Guía de carácter/ Fuente: elaboración propia

La obra retoma una noción clásica del tiempo que es lineal, producto de la naturaleza del algoritmo. Si bien es una obra estocástica con resultados aleatorios, desde una perspectiva analítica, puede ser análoga, estéticamente, a algún estilo del pasado. Sin embargo, si esto es percibido de este modo es por la naturaleza de la probabilidad dentro de un sistema

estocástico. La única restricción que el algoritmo tiene para el caso de esta obra es la restricción en las alturas que están ajustadas al registro del clarinete. Asimismo, dentro de esta lógica, cuando entre nota y nota el umbral de tiempo pasaba un lapso determinado, se separaba la frase, y con ese criterio la obra fue segmentada por frases, donde en cada separación obtuvo un carácter, dependiendo del orden surgido por las expresiones de emoción de la encuesta.

En esta obra, si bien no adhiere a la estética de la música teatral ni escénica, es importante el compromiso que el intérprete pueda llegar a tener con las emociones ajenas plasmadas en la partitura y debe cambiar de carácter en cada frase con el énfasis o con la sutileza necesaria para trabajar sobre las diferencias de carácter. La obra también cuenta con la posibilidad de ser ejecutada por uno o más intérpretes, siguiendo la lógica de la espera, los intérpretes pueden separar las frases en módulos, intercambiarlas y ubicarlas del modo más lógico que el/la o los/las intérpretes deseen. En ese sentido se puede tomar como una obra abierta. La interpretación ideal sería aquella que cuente con más de dos intérpretes y conformen una especie de obra de cámara monódica y secuencial, donde cada intérprete le responderá al anterior con una de las frases que haya elegido. En este caso cada intérprete puede tomar como antecedente o pregunta la frase que ejecutó el anterior intérprete, siendo el intérprete corriente el que responderá con un consecuente, que será el antecedente del próximo. De esta manera, la obra puede tener la duración que los intérpretes elijan, ya que se puede repetir, y finalizará siempre que los intérpretes hayan pasado al menos una vez por todas las frases. No hay límites para la ejecución de la obra; en referencia a los intérpretes, podrían ser incluso más que la cantidad exacta de frases, ya que está permitida la repetición.

Conclusiones

La música algorítmica es un claro ejemplo de interacción entre arte y tecnología. Como se plantea, actualmente se dispone de una gran cantidad de herramientas para la producción musical, debido a los desarrollos dentro de la informática musical. Esto genera la necesidad, en el compositor de música algorítmica/electroacústica contemporánea, de investigar y analizar tanto aspectos artísticos como tecnológicos para el uso y producción de algoritmos.

La obra presentada en este trabajo es solo una versión posible, podría tener más tiempo de duración o menos. Podrían cambiar las notas, ya que al cambiarle la semilla al algoritmo surgen otras alturas y otras divisiones rítmicas que sirvan para ubicar a las notas en el tiempo —por consiguiente, se generarían frases de otra longitud a las aquí expuestas—. Al elegir esta versión para la exposición, se tomó una medida determinística en un contexto de producción estocástica, debido a que para que pueda ser ejecutada por instrumentistas debe ser volcada a la partitura y, para esto, es necesario decidirse por una versión. Cabe aclarar, con énfasis, que es solo una versión entre las posibles. La idea del algoritmo como germen parte de la premisa de interpretar al algoritmo como una estructura de la que pueden surgir —o dar origen a— diferentes obras tan solo modificando una sola variable.

Referencias bibliográficas

Basso, G., Di Liscia, O. P. y Pampin, J. (2009). *Música y espacio: ciencia, tecnología y estética*. Universidad Nacional de Quilmes.

Brainerd, W. & Landweber, L. (1974). *Theory of Computation*. John Wiley & Sons Inc.

Cádiz, R. (2012). Creación musical en la era postdigital. *Ahítesis* (52), 449-475.

Fernández, D. & Vico, F. (2013). AI Methods in Algorithmic Composition: A Comprehensive. Survey, *Journal of Artificial Intelligence Research*, 48(1), 513-582.

Jordá, S. (2005). *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics' performance and improvisation*. Universitat Pompeu Fabra.

Nierhaus, G. (2009). *Algorithmic Composition. Paradigms of Automated Music Generation*. Springer.

Roads, C. (2001). *Microsound*. MIT Press.

Sirvent Collado, L. (2014). *Estudios e implementación de métodos de composición algorítmica con propósitos explorativos*. Escuela Politécnica Superior.

Supper, M. (2001). A few remarks on algorithmic composition. *Computer Music Journal*. N.º 25, 48-53.

Supper, M. (2003). *Música electrónica y música con ordenador*. Alianza Música.

Taube, H. (2004). *Notes from the Metalevel. Introduction to Algorithmic Composition Music*. Taylor & Francis.