

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

---

### 1. Introducción

Este es el segundo artículo de la serie composición algorítmica. En el primero [ [Góm16](#) ] exploramos la definición formal de algoritmo ([ [CLRS01](#)

, [Knu73](#)

]) y proporcionamos algunos ejemplos (algoritmos de ordenación). Hicimos hincapié en la importante distinción entre algoritmo y código, distinción que de no hacerse en tiempo y forma convierte al estudiante de computación en un profesional superficial. En esta segunda entrega nos centraremos en la composición musical propiamente dicha. Merece la pena una reflexión y una formalización sobre el concepto de composición musical antes de entrar en las siguientes entregas, donde estudiaremos las principales corrientes dentro de la composición algorítmica.

### 2. La creación musical

La pregunta del título de la sección es, como era de esperar, complicada, llena de matices, y sin una respuesta cerrada. Se puede elaborar una respuesta desde una perspectiva histórica y ver cómo en una cultura determinada el concepto de composición ha evolucionado. También es posible estudiar la composición musical en varias culturas y resaltar sus diferencias y analogías. Por último, es posible especular sobre el concepto de composición de una manera abstracta. En este artículo combinaremos estos tres puntos de vista.

En su forma más simple, la composición musical es el proceso de crear música, lo cual deja la dificultad conceptual en el término música. En su definición más general, se puede decir que la música es una actividad artística y cultural cuyo medio es el sonido y el silencio. Si atendemos a las implicaciones artísticas y culturales de esta definición, entonces hemos de admitir que la música no existe en sí misma sino en cuanto significado construido por seres humanos, en cuanto constructo cultural. La experiencia musical consiste en un diálogo entre el oyente y la composición musical en que aquel ha de estar dispuesto a dejar que la música le hable, le muestre su sentido interno, su significado último. En esa escucha el oyente verá cuestionadas sus expectativas musicales y ello producirá progreso en el discurso musical percibido. Y es en este diálogo entre oyente y música que se produce el significado musical. Véase [ [Cli83](#) ] para una discusión más en profundidad de estas

cuestiones.

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

---

La definición de música implica a su vez que el sonido tiene algún tipo de organización para poder ser clasificado como música. Y aquí aparece la fascinante cuestión de si la música es un fenómeno universal o un constructo cultural. Algunos autores sostienen que existen ciertos universales musicales; he aquí algunos que aparecen en la bibliografía:

1. Ideales musicales que poseen una estructura profunda;
2. Estrategias para agrupar el sonido;
3. El uso de alturas de referencia para crear estabilidad;
4. La división de la octava para crear escalas;
5. El uso de pulsos de referencia;
6. La formación de patrones rítmicos a través de la división asimétrica de pulsos temporales.

Otras investigaciones apuntan a que la música tiene aspectos típicos de un constructo cultural. Ciertas obras han sonado como ruido al público de una determinada época pero más tarde fueron comprendidas y subidas al rango de música. Ejemplos de obras así son la La gran fuga opus 133 de Beethoven, La consagración de la primavera de Stravinsky, Ionisation de Varèse, entre otras muchísimas. Recomendamos vivamente al lector el libro de Slonimsky *Lexicon of Musical Invective: Critical Assaults on Composers Since Beethoven's Time* [ [Sl000](#) ] para una recopilación de obras que sonaron “ruidosas” en su estreno —y cuyos críticos masacraron inmisericordemente en las reseñas— per que más tarde fueron reconocidas en su justa valía. Para más información sobre los aspectos culturales de la música y en particular sobre la función social de la música, véase el libro de Radocy y Boyle [ [RB06](#) ] y las citas contenidas en él.

Si atendemos a otras culturas que no sean la occidental, veremos que muchas no tienen el concepto de música como género artístico. La música tiene una componente funcional muy fuerte y es sencillamente parte de la vida cotidiana. No poseen un grupo de miembros de su cultura que se dedica en exclusiva a la música, sino que todos los miembros de esa sociedad participa en distinto grado en el fenómeno musical. Además, la mayor parte de las culturas son de transmisión oral y no se pueden describir con la notación musical occidental.

Si la música implica la organización del sonido, tendremos qué señalar qué parámetros del sonido son susceptibles de dicha organización. En las próximas secciones daremos aquellos parámetros más comunes y aportaremos ejemplos para ilustrarlos.

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

---

### 2.1. Altura del sonido y melodía

La altura del sonido se refiere a la cualidad que nos hace distinguir un sonido grave de uno agudo; dicha cualidad está relacionada con la frecuencia. Un sonido complejo puede estar formado por la superposición de varias frecuencias simultáneas. Cuando un sonido tiene una frecuencia clara y estable hablamos más bien de notas, como por ejemplo las notas de la mayor parte de los instrumentos musicales (la caja clara, por ejemplo, no tiene una frecuencia definida). En muchas culturas la organización del sonido en notas es la base de su estructura musical. La elección de las notas se obtiene dividiendo la octava en partes fijas. Es muy frecuente encontrar escalas pentatónicas (de cinco sonidos) y heptatónicas (de siete sonidos). La octava se divide en doce semitonos en la música occidental; en otras tradiciones musicales, como la árabe se divide en más partes que doce, lo hace en diecisiete.

Asociada a la altura del sonido está la melodía, que en su definición más amplia es la presentación de una sucesión de tonos. Hay dos aspectos a considerar aquí: las relaciones entre las notas, sobre todo entre las notas consecutivas, y su duración en el tiempo. Obviamente, no toda sucesión de notas constituye una melodía. Autores como Lundin [ [Lun67](#) ] ya propusieron atributos como propincuidad, repetición y finalidad para definir con más precisión el concepto de melodía. Propincuidad alude a la propiedad de que la melodía principalmente se mueva por grados conjuntos dentro de la escala; repetición se refiere a que la melodía repita partes de ella a fin de consolidar su percepción; y finalidad significa que la melodía tenga ciertas intenciones musicales que le den coherencia. Ilustremos con un ejemplo lo anterior; en la figura 1 tenemos la melodía del capricho número 24 de Paganini.

The image displays three staves of musical notation for the Capriccio No. 24 by Paganini. The first staff is labeled 'ANTECEDENTE' and shows a melodic line with various intervals and accidentals. The second and third staves are labeled 'CONSECUENTE' and show a more complex, rhythmic melodic line with many sixteenth notes. Red curved lines are drawn under the notes in the 'ANTECEDENTE' section, and blue curved lines are drawn under the notes in the 'CONSECUENTE' section, highlighting specific melodic patterns or intervals.

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

---

### Figura 1: Melodía del capricho número 24 de Paganini

Se trata de un tema con variaciones y lo que está en esta figura es la melodía principal el tema. El tema, que está en la menor, tiene dos partes claras, que hemos llamado antecedente y consecuente. El antecedente está armonizado con una alternancia de tónica-dominante (grado I y grado V de la escala, respectivamente). La función del antecedente es presentar el material melódico principal, que en este caso es un pequeño motivo que se repite constantemente; ese motivo tiene el rango de una tercera y se mueve principalmente por grados conjuntos (propinquidad y repetición). El consecuente presenta variación melódica del antecedente, creando tensión. La armonización del consecuente es (repetida dos veces):

I-IV-VII-III-VI-II-V-I

El consecuente termina con una cadencia implicada por la melodía (II-V-I) que sirven para reforzar el sentido conclusivo de la melodía (finalidad). Como vemos en el breve análisis de esta melodía, las tres características mencionadas arriba están presentes. En el vídeo de la figura 2 tenemos la interpretación del capricho entero con la partitura.

### Figura 2: Capricho número 24 de Paganini (vídeo con partitura)

El ejemplo anterior está tomado de la música occidental. En otras culturas el concepto de melodía puede variar bastante y de nuevo aparece el debate de los universales musicales versus los constructos culturales. En el siguiente ejemplo tenemos el placer de escuchar una pieza de shakuhachi, una flauta de bambú que se usa en la música tradicional japonesa (en el vídeo hasta el minuto 6:05).

### Figura 3: Música tradicional japonesa para shakuhachi (flauta de bambú)

En este caso la melodía se desvía de algunas de las características señaladas más arriba. Ya no hay tanto movimiento por grados conjuntos; de hecho, abundan los saltos. El timbre

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

---

desempeña un papel muy importante y hay transiciones continuas entre notas (portamenti). La repetición motivica no está presente como en el caso de Paganini. Sin embargo, el sentido de finalidad es claro en la pieza.

Varios autores, tras el análisis de melodías de numerosas culturales, llegan al consenso de que una melodía tiene los siguientes atributos estructurales: (1) primera y última nota; (2) nota más grave y más aguda; (3) notas repetidas; (4) tamaño de los intervalos melódicos; (5) dirección melódica (contorno melódico); (6) proximidad entre notas; (7) énfasis en grupos de notas; (8) las relaciones interválicas; (9) grado de énfasis en las notas. Véase [ [RB06](#) ], página 209 y siguientes para una discusión sobre las características estructurales de la melodía.

### 2.2. Armonía

La melodía representa la dimensión horizontal de las notas y la armonía, en cambio, la dimensión vertical; esto es, cómo suenan varias notas al mismo tiempo. La armonía es particularmente importante en la música occidental, pero no lo es en otras tradiciones musicales. Muchas tradiciones no occidentales no tienen armonía alguna o está basada en escalas distintas a las occidentales con funciones distintas también. Es muy común la música monofónica (una sola voz) y la música heterofónica (con más de una voz, con variaciones de una sola línea melódica).

Varios autores (Lundin [ [Lun67](#) ] y otros) mantienen que la respuesta a la armonía es un fenómeno cultural. Se sabe que la respuesta a la armonía se produce a la totalidad y no a cada acorde individual. Solo a través de un entrenamiento especial el oyente puede reconocer y analizar los acordes individualmente. Hay tres atributos que son importantes en la armonía: la tonalidad, el movimiento armónico y la finalidad. Tonalidad se refiere aquí a la organización armónica alrededor de un tono especial, que tiene mayor relevancia y que representa el centro tonal de la pieza. Típicamente, cuando se dice que una obra está en do mayor, por ejemplo, estamos especificando el centro tonal, la nota do, y la escala, la escala mayor.

En la música occidental el movimiento armónico es un fenómeno relativo que ocurre en función de la tonalidad de referencia. Existen ciertas convenciones, que han cambiado a lo largo de la historia, sobre cómo enlazar los acordes entre sí. En el ejemplo del vídeo de la figura 4 podemos apreciar el movimiento de los acordes en el rondo a la turca de Mozart de su sonata KV 331. Los acordes en ese vídeo se han representado por números romanos, donde cada número representa un grado de la escala; los números en mayúsculas son los acordes

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

---

mayores y los que van en minúsculas, los acordes menores. El lector se percatará de que en muchos compases solo hay un acorde y de que cuando Mozart quiere crear tensión aumenta el ritmo al que los acordes cambian.

### **Figura 4: Movimiento armónico en el movimiento final del rondo a la turca de Mozart, KV 331**

Asimismo, el lector apreciará que hay un gran sentido de la finalidad en la elección de los acordes, el cual acompaña igualmente a la melodía. El uso de ciertas cadencias al final de las frases es un ejemplo de ello (los acordes con sextas aumentadas, la progresión ii-V-I). Las cadencias son secuencias de acordes que se usan para el fin de una frase, sección o pieza musical.

### 2.3. Ritmo

El ritmo es todo aquello que se refiere a la cualidad temporal de la música. En sí el ritmo es un elemento unificador de los otros aspectos musicales. Hay muchas teorías del ritmo, más de las que podemos glosar con solvencia en el breve espacio de este artículo. En general, los investigadores coinciden en que las propiedades del ritmo incluyen: (1) tempo o velocidad a que va la pieza; (2) las duraciones de las notas; (3) las relaciones de agrupamiento; y (4) la métrica. Por relaciones de agrupamiento nos referimos a conjuntos de duraciones que en función de mecanismos perceptuales (leyes de continuación y otras leyes de psicología de la forma) son percibidas como un todo. La métrica es más difícil de explicar y hay que tener en cuenta que es un constructo típico de la música occidental; la mayor parte de las tradiciones musicales carecen de la métrica tal cual la conocemos en la cultura occidental. La manera de marcar el compás en la música occidental es por medio de una fracción. El denominador indica la figura rítmica básica (corchea, negra, blanca, etcétera). El numerador indica el número de esas unidades rítmicas por compás. Así un compás de 3/4 indica que cada compás tiene tres negras (el 4 es el número de la negra). Pero el numerador aporta más información que el número de partes. Nos dice que hay un patrón de partes en que la primera es acentuada y las dos siguientes no, esto es, un patrón fuerte-débil-débil. Observe el lector que en la música occidental se supone que hay un pulso regular, en nuestro ejemplo, de negras, y que la métrica impone un patrón de acentos sobre dichos pulsos. Cuando un patrón rítmico contradice la métrica durante un periodo corto de tiempo se dice que es una síncopa.

Cambiando las duraciones de los patrones rítmicos se consigue generar relaciones de tensión

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

---

y relajación en la música. Como ejemplo, veamos en el canon en re de Pachelbel cómo los cambios en las duraciones dan cohesión y dinamismo a la pieza. El vídeo es autoexplicativo.

### **Figura 5: Las transformaciones rítmicas en el canon en re de Pachelbel**

Consideremos ahora un ejemplo tomado de una tradición musical donde el ritmo tiene otra concepción muy distinta a la occidental. En la música occidental la armonía ha restringido el desarrollo rítmico porque los cambios de acordes suelen producirse en las partes fuertes, sobre todo a principio de compás. En otras culturales el ritmo ha alcanzado cotas altísimas de desarrollo. En el gahu, que es música de la cultura Ewe de Ghana, el ritmo posee un papel primordial. Este género está asociado a la danza y al canto y su instrumentación consiste en tambores de distintos tamaños, campanas (gankoguis) y voz (coros). En la tradición musical de los Ewe existe el concepto de pulso, pero no el de métrica; además los ritmos no se piensan de modo divisivo sino más bien aditivo. La campana gankogui toca un ritmo que actúa de elemento unificador. Cada tambor (sogo, kidi y kaganu) toca un ritmo y debido a las texturas de los tambores y a los acentos de los ritmos surgen melodías rítmicas, si así podemos llamarlas; en la figura 6 aparece una transcripción de los ritmos básicos del gahu con círculos en esas melodías rítmicas. Para un estudio serio y profundo del gahu recomendamos el libro *Drum Gahu: An Introduction to African Rhythm* [ [Loc98](#) ] del etnomusicólogo David Locke.

## 78. (Septiembre 2016) Composición algorítmica (II)

Escrito por Paco Gómez Martín (Universidad Politécnica de Madrid)  
Jueves 01 de Septiembre de 2016 15:00

The image shows a musical score for four parts: Gankogui, Sogo, Kidi, and Kaganu. Each part is written on a five-line staff in treble clef with a common time signature (C). The Gankogui part consists of a sequence of eighth notes. The Sogo part features a melodic line with some notes circled and arrows pointing to corresponding notes in the Kidi part. The Kidi part has several groups of notes circled, with arrows pointing to corresponding notes in the Kaganu part. The Kaganu part consists of a sequence of eighth notes. A vertical blue line is drawn through the score, indicating a specific point in time.

Figura 16. Transcripción e notación occidental de la interpretación de gankogui, sogo, kidi y kaganu en el [video de la interpretación de la obra 'Algoritmo' de Paco Gómez Martín](#) (Universidad Politécnica de Madrid) (07/09/2016)