



Universidad Internacional de La Rioja  
Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades

Máster Universitario en  
Composición Musical con Nuevas Tecnologías  
**La música no lineal en entornos  
audiovisuales interactivos**

Trabajo Fin de Máster presentado por:	Francisco Jurado Gálvez
Tipo de trabajo:	Trabajo Fin de Máster
Director:	Eneko Vadillo Pérez
Fecha:	10/02/2021

## Resumen

Desde el punto de vista de la composición musical, el videojuego, como paradigma de medio audiovisual interactivo, supone tanto un problema como una oportunidad. Un problema, dado que las soluciones compositivas habituales, basadas en el principio de linealidad, se adaptan mal a la naturaleza interactiva del medio. Pero a la vez una oportunidad, en la medida en que estas necesidades tan particulares del videojuego pueden llevarnos a exploraciones musicales que, de otra manera, serían improbables.

El presente trabajo participa en esa exploración a partir de la composición y el análisis de cuatro obras en distintos formatos y para distintos medios. Esto ha permitido, por un lado, abordar las particularidades de la composición para videojuegos desde enfoques diversos, tanto los basados en módulos musicales medianos y grandes como la composición algorítmica. Por otro, los diversos formatos de las obras, tanto interactivos como no, han servido para estudiar formas de fertilización mutua entre unos y otros.

Se ha procurado abordar todo el proceso creativo de las obras, desde su concepción y composición hasta su estreno-grabación, en dos de ellas; y su implementación en prototipos de videojuegos, en las otras dos. El proceso ha servido para mostrar potenciales dificultades en la puesta en práctica de este tipo de obras (tanto en términos interpretativos como de implementación), así como el inmenso interés musical del medio.

**Palabras clave:** videojuego, música no lineal, música modular, composición algorítmica.

## Abstract

From the point of view of music composition, the video game, as the interactive audiovisual media paradigm, is both a problem and an opportunity. A problem, as the usual compositional solutions, based on the principle of linearity, are poorly adapted to the interactive nature of the medium. But at the same time an opportunity, as these particular needs of the video game can lead us towards musical explorations otherwise improbable.

The present work contributes to this exploration through the composition and analysis of four works in different formats and for different media. This has allowed, on the one hand, to address the specifics of composition for video games from various approaches, both those based on mid to large musical modules as well as algorithmic composition. On the other hand, the different formats of the works, both interactive and not, have served to study forms of mutual fertilization between them.

We've sought to address the works' whole creative process, from inception and composition to their premiere-recording, in two cases; and their implementation in video game prototypes, in the other two. The process has helped to show the potential difficulties of putting this kind of work into practice (both on performance and implementation terms), as well as the vast musical interest of the medium.

**Keywords:** video game, non-linear music, modular music, algorithmic composition.

## Índice de contenidos

1. Introducción .....	8
1.1. Justificación de las obras escogidas.....	8
1.2. Objeto del trabajo y autovaloración de las obras.....	9
1.3. Objetivos del trabajo .....	10
2. Marco teórico.....	11
2.1. Funciones de la música para videojuegos .....	11
2.2. Características de la música para videojuegos .....	11
2.2.1. Música en bucle.....	12
2.2.2. Música variable.....	12
2.2.3. Música dinámica.....	12
2.3. Aclaraciones terminológicas y proceso analítico.....	12
2.3.1. Obra abierta y modular .....	13
2.3.2. Música no lineal.....	13
2.3.3. Música como datos y como audio.....	14
2.3.4. Cambios verticales y horizontales .....	14
3. Marco metodológico (materiales y métodos) .....	15
3.1. Análisis y defensa.....	15
3.1.1. <i>Los Pájaros</i> .....	15
3.1.2. <i>Tres perfiles</i> .....	18
3.1.3. <i>Hábitat</i> .....	21
3.1.4. <i>Nocturno</i> .....	24
4. Consideraciones finales y conclusiones .....	28
4.1. Limitaciones .....	28
4.2. Prospectiva.....	28

5. Referencias bibliográficas .....	29
5.1. Libros y artículos .....	29
5.2. Partituras.....	30
5.3. Videojuegos .....	30
Anexo A. Enlace a los materiales .....	31
Anexo B. Especificaciones técnicas .....	32

## Índice de figuras

Figura 1. Estructuras lineal y no lineal.....	13
Figura 2. Escritura indeterminada en <i>Los Pájaros</i> .....	17
Figura 3. Escena precedida por figuraciones indeterminadas .....	17
Figura 4. Escritura indeterminada en “Cuadrado” .....	19
Figura 5. Escritura indeterminada en “Círculo” .....	20
Figura 6. Escritura indeterminada en “Triángulo” .....	20
Figura 7. Interfaz de <i>Hábitat</i> .....	21
Figura 8. Ejemplo de secuenciador probabilístico en Max.....	22
Figura 9. Ejemplo de código que envía un parámetro del juego a la música.....	23
Figura 10. Estructura general de <i>Nocturno</i> .....	24
Figura 11. Estructura simplificada del capítulo “Explorador” .....	25
Figura 12. Módulos y discontinuidad en el capítulo “Soldado” .....	25
Figura 13. Módulos y continuidad en el capítulo “Gata” .....	26
Figura 14. Composición por capas en el capítulo “Explorador” .....	27
Figura 15. Sintetizadores aditivo, sustractivo y FM.....	32
Figura 16. Elección de modo y tónica, y uso de <i>semillas</i> .....	32
Figura 17. Código que actualiza el bosque .....	33
Figura 18. Valores enviados desde el juego hacia la música.....	33
Figura 19. Proyecto de REAPER .....	34
Figura 20. Uno de los eventos en FMOD Studio.....	34
Figura 21. Un fragmento de uno de los capítulos en Ink .....	35
Figura 22. Proyecto de Unity .....	36
Figura 23. Código que registra los marcadores de los eventos FMOD .....	36

## Índice de tablas

<b>Tabla 1. Resumen de las obras .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 2. Estructura musical y puntos de sincronía en <i>Los Pájaros</i>.....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3. Matriz de transiciones en <i>Tres Perfiles</i> .....</b>	<b>19</b>

## 1. Introducción

El presente trabajo supone una aproximación compositiva y analítica a la música para medios audiovisuales interactivos en general, y en particular a la música para videojuegos.

Los videojuegos y su música siguen siendo un ámbito que recibe escasa atención desde la música académica y la investigación musicológica, donde apenas ha surgido una incipiente corriente investigadora en las últimas dos décadas (Summers, 2016, p. 3). Nos preguntamos entonces: ¿son los videojuegos, y su música, un mero entretenimiento o un género “menor”, o tienen cabida como formas artísticas de pleno derecho? ¿Qué enseñanzas generales podemos extraer de esta práctica musical? Nuestra postura reconoce la idiosincrasia propia del medio, por su naturaleza interactiva, y sus posibilidades musicales únicas.

En este sentido, las obras que se analizan aquí responden a dos exploraciones musicales complementarias. Por un lado, presentamos dos obras que abordan explícitamente las posibilidades musicales de los videojuegos como medio interactivo. Por el otro, las dos obras para medios no interactivos (instrumental y audiovisual, respectivamente) muestran cómo ciertos recursos propios del medio interactivo han dado pie a profundizar en diversas herramientas compositivas.

De este modo pretendemos mostrar, desde una perspectiva compositiva personal, dos ideas. La primera es el interés y el valor de la música para videojuegos que, por las características propias del medio, plantea oportunidades y retos singulares, relacionados con la *no linealidad*. La segunda es el rico campo de influencia recíproca entre este ámbito y el de la composición para otros medios no interactivos.

### 1.1. Justificación de las obras escogidas

Así pues, nuestro interés principal, tanto en la elección y composición de las obras como en su enfoque analítico, es la exploración de la no linealidad en la música. Hablamos de obras que no están concebidas como una sucesión predefinida de eventos del primer al último compás, sino que incluyen indeterminaciones formales y/o de contenido, o están concebidas como grafos cuyos nodos se pueden transitar de diversas formas, en función de las decisiones de los intérpretes y/o los receptores. En el Marco Teórico definiremos más extensamente estos conceptos.



Estas son las obras presentadas:

- **Los Pájaros** – Musicalización de una secuencia de la película de A. Hitchcock, en la que se ha hecho uso de la indeterminación, dentro de las limitaciones propias del medio, como recurso textural.
- **Tres Perfiles** – Obra orquestal en la que a la indeterminación vertical (textural) se ha sumado la horizontal (formal), al modo de forma abierta o modular.
- **Hábitat** – Obra electroacústica interactiva y pequeño juego, en el que la música se crea de forma algorítmica, respondiendo al estado del juego y a las acciones del jugador.
- **Nocturno** – Narración interactiva musicalizada, para orquesta, en la que el lector-jugador ha de elegir el curso de la historia, con la música adaptándose a ello.

## 1.2. Objeto del trabajo y autovaloración de las obras

El objeto de este trabajo es contribuir a poner el foco en el campo de la composición para medios audiovisuales interactivos, con el videojuego como paradigma. No en vano, el medio tiene una importancia cultural y económica enorme y creciente<sup>1</sup>; y sus posibilidades musicales son amplias y todavía modestamente exploradas.

Como hemos apuntado ya, la investigación académica en este campo es muy incipiente, pero creciente, con la no linealidad como uno de los grandes focos de atención. Apoyamos pues nuestra investigación en el trabajo de autores como Karen Collins, Elisabeth Medina-Gray o Jesper Kaae, entre otros<sup>2</sup>.

Las obras presentadas y analizadas, pues, abordan desde distintas perspectivas el conjunto de retos y de posibilidades que plantea el medio interactivo. Varios conceptos compositivos previos al nacimiento del videojuego guardan relación evidente con este campo: la indeterminación o las formas abiertas, que han sido, por ello, recursos fundamentales de las dos obras no interactivas: *Los Pájaros* y *Tres perfiles*. En las otras dos, *Hábitat* y *Nocturno*, que sí lo son, desarrollamos estas herramientas para abordar, ya sí, el problema de la respuesta musical a las interacciones con el jugador.

---

<sup>1</sup> Véase, por ejemplo, Desarrollo Español de Videojuegos, 2020, p. 29.

<sup>2</sup> Summers (2016, p. 10) hace un buen repaso de la literatura hasta la fecha.

### 1.3. Objetivos del trabajo

El objetivo general del trabajo es explorar, desde una perspectiva compositiva personal, la composición musical no lineal para videojuegos.

Esto se puede concretar en los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar y poner en práctica técnicas de composición no lineal basadas en módulos.
- Estudiar y poner en práctica técnicas de composición algorítmica.
- Explorar de qué manera la naturaleza interactiva de los videojuegos afecta al lenguaje musical empleado en parámetros más allá del formal.
- Explorar influencias mutuas entre esta música y aquella para medios no interactivos.

## 2. Marco teórico

Pasamos a concretar ciertos conceptos útiles para el estudio de esta música y a esbozar el proceso analítico que se utilizará al estudiar las obras en sí.

### 2.1. Funciones de la música para videojuegos

La música para videojuegos comparte las funciones propias de la música para audiovisuales (Collins 2007, p. 128), las llamadas por Román **funciones musivisuales** (2008, pp. 111-130): físicas (situar geográfica o temporalmente, por ejemplo), psicológicas (caracterizar a un personaje) y cinematográficas (enlazar escenas). Este parentesco, además, se ha acentuado: superadas las limitaciones técnicas de las primeras décadas, a partir de mediados de los 90 se asemeja estilísticamente cada vez más a la música para cine (Summers, 2016, pp. 143-44).

A la vez, la música para videojuegos tiene ciertas funciones específicas. Dado que el jugador asume un rol activo, es imprescindible comunicarle información relevante en el desarrollo de la partida. La música, como parte de este proceso, asume pues **funciones comunicativas** (Collins, 2008, pp. 127-133; Summers, 2016, pp. 116-121)<sup>3</sup>. Por ejemplo, la música señalará eventos relevantes (la aparición de un personaje, por ejemplo), cambios de estado (la salud del jugador) o las propias acciones del jugador (como retroalimentación).

### 2.2. Características de la música para videojuegos

Varias características diferencian al videojuego de otros medios audiovisuales (Sweet, 2015, pp. 15-21). Simplificando la cuestión, destacaremos tres:

1. Los tiempos de juego, y por ello la duración de las secciones, son desconocidos: el jugador suele tener enorme libertad con respecto a cuánto tiempo dedica a un nivel, estancia, situación, etc.
2. En general se da por hecho cierto nivel de *rejugabilidad*: es normal que sea necesario repetir ciertas acciones o niveles, volver a localizaciones anteriores, etc. Esto hace que el riesgo de fatiga de repetición sea elevado.

---

<sup>3</sup> Estas funciones, además, generan un ciclo de retroalimentación: las señales musicales provocan reacciones en el jugador, que actúa sobre el juego, lo que provoca cambios que generarán nuevas señales, etc.

3. Los juegos, por último, son interactivos: ciertos eventos responden a la acción del jugador, por lo que su orden y temporalidad son inciertos. La esmerada sincronización musical propia del cine no es tan sencilla aquí.

Destaquemos pues tres consecuencias musicales de estas tres características:

#### 2.2.1. Música en bucle

El principal recurso para extender la duración de un fragmento musical es el bucle: secciones pensadas para ser repetidas indefinidamente, y que forman el grueso de la música para videojuegos. En su correcto diseño, así como en su combinación en unidades mayores, estriba gran parte del arte específico de la composición para videojuegos<sup>4</sup>.

#### 2.2.2. Música variable

Dada la rejugabilidad que hemos señalado, es común el uso de técnicas que generen variedad en la repetición, a partir del uso de la **aleatoriedad**. Esto puede ocurrir sobre fragmentos completos (como listas de reproducción), pistas concretas (distintas melodías sobre un mismo acompañamiento), o incluso al nivel de notas (en la llamada composición algorítmica, que abordaremos en seguida).

#### 2.2.3. Música dinámica

Finalmente, la imprevisibilidad del videojuego hace que la música deba ser muy flexible, para responder a todas las posibles situaciones a la vez que mantiene la coherencia con el plano lúdico y narrativo. Ante cierta falta de consenso académico, nos ceñiremos a la nomenclatura propuesta por Collins (2008, pp. 125-127). Así, usaremos música **dinámica** como término general para la música que responde en tiempo de ejecución a parámetros extra-musicales. Como subcategorías, reservaremos música **interactiva** para la que reacciona a las acciones del jugador, y **adaptativa** para la que lo hace a cambios en el estado del juego.

### 2.3. Aclaraciones terminológicas y proceso analítico

Dado que nuestro análisis se centrará, precisamente, en las características distintivas de la música dinámica, los conceptos siguientes serán algunas de nuestras herramientas analíticas.

---

<sup>4</sup> También se utilizan fragmentos de duración definida, las llamadas “cinemáticas” (Sweet, 2015, p. 27).

### 2.3.1. Obra abierta y modular

Eco (1962/1989) utiliza el término **obra abierta** para referirse a las creaciones artísticas en las que la forma final, por intención del autor, se deja más o menos a la decisión autónoma del intérprete. Saunders (2008), por su parte, desarrolla el concepto más concreto de **música modular** para explicar el funcionamiento de muchas de estas obras, formadas por módulos (unidades musicales) y ciertas reglas para determinar cómo se combinan. Aunque por motivos distintos a los de las vanguardias, ambos conceptos son de enorme interés en la composición para videojuegos (Medina-Grey, 2016, pp. 60-65).

### 2.3.2. Música no lineal

Cuando decimos que una obra musical es **lineal**, lo decimos en dos sentidos. En el sentido estructural, dicha obra procede desde el comienzo hasta el final por un único camino (es el paradigma en el que se basan la partitura o la secuencia MIDI). Por contra, usamos **no lineal** cuando la estructura de la obra tiene ramificaciones, bucles, etc. (en este sentido, un sinónimo de modular).

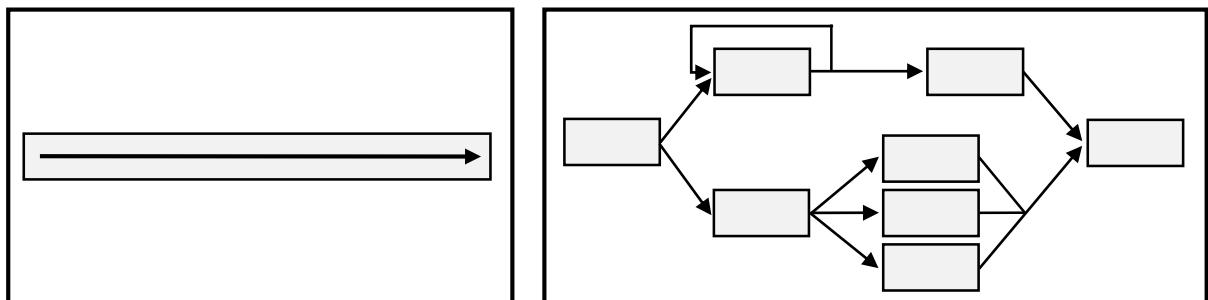


Figura 1. Estructuras lineal y no lineal

A la vez, Kramer (1988, citado por Kaae, 2008) usa estos mismos términos para explicar la forma de experimentar el tiempo en la música. Según este enfoque, tenemos una experiencia lineal cuando percibimos cada evento musical como consecuencia de los anteriores. Y, por el contrario, nuestra experiencia es no lineal cuando no se perciben unos como consecuencia de otros, sino que todos son el resultado de principios generales que gobiernan la pieza o sección completa<sup>5</sup>. Kramer toma como inspiración directa el concepto de *Momentform*, acuñado por

---

<sup>5</sup> La clasificación de Kramer es más detallada, con cinco categorías que abarcan desde la más a la menos lineal.

Stockhausen; pero desde esta perspectiva podemos remontar los orígenes de la no linealidad en la música hasta Stravinsky y sus formas por bloques (Vadillo, 2020, pp. 130-131).

Ambas formas de entender la linealidad (la estructural y la perceptiva) están relacionadas, claro, y la problemática que plantean los videojuegos debería ser evidente: la percepción lineal de la música entra en conflicto con las estructuras no lineales propias de los videojuegos (Kaae, 2008, pp. 75-92).

### 2.3.3. Música como datos y como audio

La música se puede almacenar en un juego en forma de *datos* (una secuencia MIDI, típicamente) o de *audio* ya grabado. La distinción es importante, porque los recursos interactivos posibles son muy distintos según el caso. Métodos como la transposición o el cambio de tempo, así como la composición algorítmica, son solo posibles si se trabaja con datos musicales, no con audio.

Por composición algorítmica (también generativa, o procedural) entendemos aquella que se genera en tiempo de ejecución a un nivel muy micro (notas o breves motivos), según ciertas reglas (Supper, 1997/2004, p. 80). A pesar de sus potencialidades, su uso en los videojuegos es minoritario, por la dificultad para lograr resultados musicalmente efectivos (Collins, 2008, pp. 12-13).

### 2.3.4. Cambios verticales y horizontales

Por último, es también fundamental hacer esta distinción entre el plano vertical (acordes, texturas) y el horizontal (fragmentos, secciones). En la práctica, las técnicas más utilizadas son la **remezcla vertical**, por la que un fragmento se exporta en varias capas independientes, y durante la ejecución modifica el arreglo, silenciando unas pistas u otras; y la **resecuenciación horizontal**, mediante la que la música puede saltar de una sección a otra.

### 3. Marco metodológico (materiales y métodos)

Nuestro análisis, que pasamos ahora a desarrollar, se centra en las características y conceptos que hemos definido en el Marco Teórico: los rasgos variables y dinámicos de las obras, su construcción modular o algorítmica, etc.

Resumimos aquí algunas de las características generales de las obras desde esta perspectiva:

**Tabla 1. Resumen de las obras**

No interactivas (música variable)	<b>Los pájaros</b>	<b>Tres perfiles</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variabilidad vertical</li> <li>• Agencia del intérprete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variabilidad vertical y horizontal</li> <li>• Se añade agencia del director</li> </ul>
Interactivas (música dinámica)	<b>Hábitat</b>	<b>Nocturno</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Música como datos</li> <li>• Composición algorítmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Música como audio</li> <li>• Composición modular</li> <li>• Resecuenciación horizontal y remezcla vertical</li> </ul>

#### 3.1. Análisis y defensa

##### 3.1.1. *Los Pájaros*

Nuestra primera obra es la que más nos ha limitado respecto al enfoque de este trabajo. Al tratarse de un fragmento cinematográfico, las duraciones y sincronías son fijas, y por tanto no se han podido considerar indeterminaciones horizontales. A cambio, hemos utilizado en varios pasajes indeterminaciones verticales como recurso textural. Las influencias en este sentido son las de autores como Hovhaness (*Magnificat*) o Lutoslawski (*Concierto para piano*), que idearon notaciones para este tipo de libertades interpretativas.

##### **Estructura formal**

Hemos dividido la secuencia en tres partes diferenciadas: la primera hasta que la protagonista descubre a los pájaros, el intermedio dentro del colegio, y la persecución final. En la **Tabla 2** se puede observar esta estructura y los principales puntos de sincronía que la delimitan.

**Tabla 2. Estructura musical y puntos de sincronía en *Los Pájaros***

Sección	Punto de sincronía	Ensayo	Descripción
	Créditos	-	(silencio)
En el patio	Sale del colegio	A	Primera frase, piano
	Anda hacia el banco	B	Repite, se añade la cuerda
	Primer pájaro	C	Creciendo, trémolos en cuerda, <b>indeterminación</b> en vientos
	Anda hacia el colegio	D	Recapitulación piano, tenso
En el colegio	Entra en el colegio	E	Cuerda y viento se alternan con el diálogo
	Los pájaros esperan	F	Muy piano, acorde <i>forte</i> al final
Persecución	Comienza la persecución	G–K	<b>Indeterminación</b> en cuerda, trinos en viento, piano rítmico
	Niño frena, niña cae	L–M	Va frenando el ritmo, orquestación disminuyendo
	En el coche	N	Cuerda y piano, suave pero tenso, disminuyendo

Este planteamiento nos lleva a una estructura con una intensidad y tensión crecientes en la primera parte hasta el descubrimiento de los pájaros; una segunda de contención, en la que se alarga el suspense; y la tercera en la que este estalla en un fragmento más largo e intenso, para decrecer al final, en la medida en la que el peligro inmediato ha pasado.

### **Indeterminación**

Los dos fragmentos en los que se ha usado una escritura indeterminada están marcados en la tabla, y corresponden, respectivamente, al preludeo al descubrimiento de los pájaros (muy corto, en el viento); y a la larga escena de la persecución (en la cuerda y mucho más largo).

Se trata en ambos casos de figuras circulares breves, tocadas lo más rápido posible y en bucle, siempre entre dos instrumentos, con el objetivo de que no se sincronicen. Mostramos en la Figura 2 un ejemplo de la notación:



The image displays a musical score for two sections: "Salen volando" (00:02:53) and "Persecución" (00:02:57). The score is written for voice and piano. The vocal part begins with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a 2/4 time signature. The piano accompaniment is in a similar key and time signature. The score includes dynamic markings such as *ff* (fortissimo) and *f* (forte). A specific note is marked with a box and the letter 'G'. The score is divided into measures, with some measures containing rests. The piano part features a rhythmic pattern of eighth notes in the right hand and a more complex pattern in the left hand, including a section marked "8ba" (octave below).

Figura 2. Escritura indeterminada en *Los Pájaros*

Se ha tenido especial cuidado en incluir estos recursos sin sacrificar la sincronía necesaria con la escena. En el primer caso, los fragmentos son pocos (dos) y muy cortos (un compás). En el segundo, aunque son más numerosos y más largos, la claqueta es constante y sencilla, y los fragmentos de igual duración (ocho compases). Además, se ha procurado que otro intérprete (el pianista) marque de manera clara y permanente el ritmo.



Figura 3. Escena precedida por figuraciones indeterminadas

El objetivo de estos usos instrumentales es el de crear ciertas texturas difícilmente realizables con una notación más precisa. En el contexto de la película, ayudan a generar desasosiego (función emocional) en los momentos de más tensión. Su primer uso, por ejemplo, precede justo al momento que ilustra la Figura 3.

### **Cuestiones performativas**

Trataremos en estas secciones cuestiones relativas a cómo las indeterminaciones e interactividades funcionan en la práctica interpretativa de cada obra. En este caso, la agencia delegada por el compositor recae exclusivamente en los intérpretes. Por otra parte, al ser registrada como grabación, esta indeterminación tiene un efecto práctico limitado (todas las reproducciones del fragmento son idénticas). La posibilidad de hacer interpretaciones en vivo de la secuencia cinematográfica subrayaría este efecto.

#### **3.1.2. *Tres perfiles***

Se trata de una obra para orquesta, por lo que el medio permite ciertas libertades que no nos permitía el audiovisual. Como vamos a ver, recurrimos de nuevo a la indeterminación vertical que aparece ya en *Los Pájaros*, aunque tratada de formas ligeramente distintas. Además, hacemos uso también de cierta indeterminación en el plano horizontal.

Este último recurso se concreta en la forma abierta o modular, en la que la sucesión de bloques musicales no está determinada de antemano. Las influencias en este sentido, pues, son las de compositores como Stockhausen (*Klavierstück XI*) o Cowell (*Mosaic Quartet*). Como se ha apuntado, las construcciones por bloques típicas de Stravinsky (*Sinfonías para instrumentos de viento*), por su no linealidad, suponen también una influencia indirecta. En cuanto a la indeterminación vertical, además de las mencionadas en *Los Pájaros*, la influencia concreta más evidente es la de *In C* de Riley.

### **Estructura formal e indeterminación horizontal**

El plan formal general es el de tres bloques principales, de longitud similar. El título, *Tres perfiles*, alude al de dichos bloques, “Círculo”, “Triángulo” y “Cuadrado”, cuyo orden es libre (hay, por tanto, seis permutaciones posibles).

Se han utilizado varios recursos para facilitar el encaje variable de estas piezas:

- Los tres bloques, armónicamente muy estables, están centrados en tres alturas que dividen en partes iguales la octava (Sol, Si y Mi bemol), por lo que las relaciones entre ellas son en gran medida intercambiables.
- Para facilitar la conexión entre los tres bloques, así como para el final de la obra, se ha confeccionado una *matriz de transiciones* (ver la **Tabla 3**), que se usan como distintos finales de cada bloque. Los símbolos usados en la tabla son los que se usan también en la partitura.
- Los tempos, aunque distintos, se relacionan mediante razones sencillas, para facilitar las equivalencias rítmicas entre un bloque y otro.

**Tabla 3. Matriz de transiciones en Tres Perfiles**

		Hacia			
		●	■	▲	⊕
Desde	●		● → ■	● → ▲	● (⊕)
	■	■ → ■		■ → ▲	■ (⊕)
	▲	▲ → ●	▲ → ■		▲ (⊕)

### Indeterminación vertical

A diferencia del caso de *Los Pájaros*, aquí las libertades verticales se dan siempre ajustadas al pulso. Los recursos, y su notación, son ligeramente distintos en cada bloque:

- En “Cuadrado” hay dos secciones en las que algunas voces están construidas mediante fragmentos breves que se repiten un número libre de veces (en un rango propuesto). Estos se van descuadrando por las distintas duraciones de los mismos, a la manera de *In C*, aunque aquí los fragmentos son distintos en cada instrumento.



Figura 4. Escritura indeterminada en “Cuadrado”

- En “Círculo” el enfoque y su notación son algo distintos. En las secciones indeterminadas, cada instrumento tiene dos fragmentos entre los que alternar libremente. El efecto es similar, de nuevo por las distintas duraciones.



Figura 5. Escritura indeterminada en “Círculo”

- En “Triángulo” la indeterminación se reserva para el final, y adopta de nuevo una forma distinta: se dan grupos de notas con las que el intérprete debe improvisar libremente, solo ajustándose a ciertas indicaciones dinámicas y sin dejar de observar el pulso para dejar el módulo en el momento adecuado.



Figura 6. Escritura indeterminada en “Triángulo”

Una consecuencia indirecta de este enfoque, y un nuevo motivo de indeterminación entre distintas interpretaciones, es que orquestas de distinto tamaño (con más o menos músicos por voz) pueden generar resultados sonoros notablemente distintos, con mayor o menor densidad en este tipo de pasajes según el tamaño de la orquesta.

### Cuestiones performativas

Si retomamos el hilo abierto en la obra anterior, *Los Pájaros*, la principal diferencia en el aspecto performativo es que al proceso de toma de decisiones, que ya incluía a los intérpretes, ahora se suma el director, que debe decidir el orden de los tres bloques, así como las duraciones de las secciones indeterminadas.

Por otro lado, y mirando hacia las obras que analizaremos a continuación, veremos que podremos añadir a los recursos hasta aquí vistos los propiamente *dinámicos*. Dicho de otro modo: en el proceso de toma de decisiones que concede el compositor mediante estos

recursos de indeterminación, no solo participarán ya los intérpretes, como hasta ahora, sino también el jugador-oyente.

### 3.1.3. *Hábitat*

Con esta obra entramos ya en el terreno adaptativo: se trata de un juego sencillo musicalizado con sonoridades electroacústicas y de forma algorítmica. El jugador se sitúa en un bosque de aspecto minimalista (Figura 7), en el que debe encontrar un cierto equilibrio ecológico para sobrevivir el mayor tiempo posible. La evolución del bosque funciona como un autómata celular<sup>6</sup>, alterado por la presencia del jugador. La música está inspirada en composiciones algorítmicas para videojuegos, cuyo ejemplo más celebrado es *Spore*, bajo la dirección musical de Brian Eno (Jolly y McLeran, 2008).

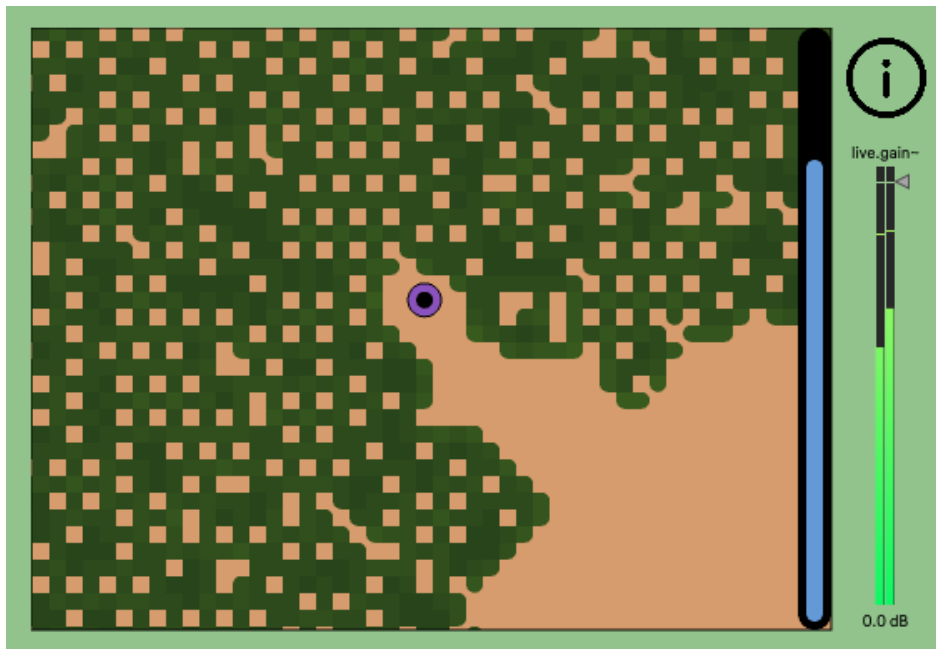


Figura 7. Interfaz de *Hábitat*

La obra carece de una estructura formal predefinida, debido a su naturaleza adaptativa. Por ello, abordaremos su estudio describiendo primero el aspecto instrumental (las distintas capas y timbres que forman la textura), y tratando a continuación la generación de la partitura, así como su relación con el estado del juego y las acciones del jugador<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Modelo según el cual los objetos de un sistema evolucionan en pasos discretos a partir de la interacción con sus objetos vecinos: en nuestro caso, los árboles nacen y sobreviven, o no, según el número de árboles vecinos.

<sup>7</sup> Para detalles más técnicos sobre la creación de esta obra y la siguiente, *Nocturno*, véase el Anexo B.

## Instrumentos

Hay varias capas sonoras estables:

- **Percusión:** basada en muestras disparadas mediante un secuenciador probabilístico: para cada muestra y lugar del compás se determina la probabilidad de que se dispare.
- **Bajo:** generado por síntesis FM, se dispara cada vez que lo hace la percusión más grave.
- **Viento:** ruido blanco procesado mediante varios filtros pasa-banda en paralelo, de frecuencia fija pero ganancia lenta y aleatoriamente variable.
- **Pads:** multitud de notas largas superpuestas, generadas con sintetizadores senoidal, triangular, cuadrado y de diente de sierra, en mezclas aleatorias y oscilantes.
- **Melodía:** sucesión más rápida de notas cortas y agudas, generadas también por síntesis FM y disparadas mediante otro secuenciador probabilístico.

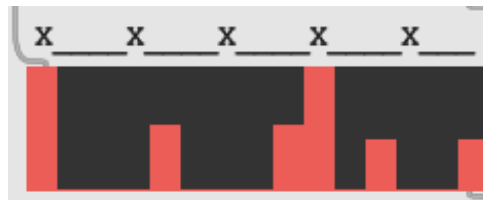


Figura 8. Ejemplo de secuenciador probabilístico en Max

## Partitura

El enfoque compositivo es pues, por un lado, probabilístico: definimos la probabilidad de que una nota o sonido se dispare en un determinado momento. Y, por otro, adaptativo: el estado del juego afecta directamente a esas probabilidades.

La música tiene varias constantes: hay un compás estable de 15/8, y un tempo también estable. El material armónico se basa en modos de la escala pentatónica, lo cual se concreta mediante la posición en el mapa: el eje horizontal determina la tónica, y el vertical el modo<sup>8</sup>.

A partir de aquí, otros parámetros del juego controlan cómo se concreta la partitura:

---

<sup>8</sup> En este sentido, la forma se ha definido de manera “espacial” o “geográfica” más que temporal, tal y como muchos videojuegos asocian diferentes temas musicales a distintas localizaciones.

- La cantidad de movimiento del jugador está asociada a la probabilidad de sonar de la percusión (y, por tanto, también del bajo). Al permanecer parado, por ejemplo, la percusión enseguida desaparece.
- La densidad del bosque a nuestro alrededor afecta de manera similar a otras capas: en positivo, a la melodía y al pad, más presentes cuando estamos en una zona densamente poblada; en negativo, al viento, que suena más fuerte cuando estamos en territorios más yermos.
- Por último, la variable que representa el “hambre” (visualizada en la barra en el extremo derecho de la pantalla) afecta a los timbres de bajo, pads y melodía. En concreto, conforme entramos en zona de peligro, se hacen más ásperos.

```
344 function checkSpeed()
345 {
346     var step = Math.max(
347         Math.abs(playerX - oldPlayerX),
348         Math.abs(playerY - oldPlayerY)
349     );
350
351     maxSpeed = Math.max(step, maxSpeed);
352     var newSpeed = step / maxSpeed;
353
354     if (newSpeed > speed)
355     {
356         speed += (newSpeed - speed) * SPEED_LERP_UP;
357     }
358     else
359     {
360         speed += (newSpeed - speed) * SPEED_LERP_DOWN;
361     }
362
363     outlet(1, speed);
364 }
```

Figura 9. Ejemplo de código que envía un parámetro del juego a la música

### Cuestiones performativas

Al contrario que en las obras anteriores, aquí la indeterminación es muy acusada: técnicamente, no es posible siquiera presentar una partitura, porque esta se genera en cada partida y, aunque siempre similar, nunca es la misma. También la duración es completamente indeterminada, desde menos de un minuto hasta tres o cuatro, y posiblemente más. En este marco de indeterminación, al igual que ocurrirá en la última obra analizada, es fundamental el papel de la implementación: el programa que media entre los materiales sonoros y el juego, y que determina, en última instancia, el resultado final de la partitura.

Lo relevante aquí es cómo se interrelacionan el juego y la música. Por un lado, es el curso del juego el que determina el resultado musical. Por otro, la retroalimentación musical debería resultar informativa y afectar a las decisiones del jugador.

### 3.1.4. *Nocturno*

Finalmente analizaremos *Nocturno*, una narración interactiva. El enfoque compositivo es muy distinto al de *Hábitat*, basado esta vez en módulos musicales más largos (en general en la escala de una frase), cuya sucesión y superposición determinan ciertas reglas a partir del estado de la narración (música *adaptativa*) y de las decisiones del jugador-lector (*interactiva*).

Como se ha apuntado, se puede dar un conflicto entre la continuidad musical y las necesidades de sincronía. En este sentido, hemos buscado inspiración en numerosos recursos abiertos durante el siglo XX que facilitan este tratamiento modular. Nos referimos, sin ser exhaustivos, al uso de armonías no funcionales (desde al menos Debussy) o a la politonalidad (Bartók y otros muchos), en el plano vertical; a los ritmos desiguales, la polirritmia o la yuxtaposición de bloques independientes (el caso más evidente es Stravinsky), en el horizontal. También al uso de texturas de contornos difusos y evolución lenta, a la manera de Ligeti o del minimalismo. Los ejemplos desde el lado de los videojuegos son abundantes, desde el pionero *Monkey Island 2* (1991) hasta *Portal 2* (2011), por mencionar dos de los más notables.

#### **Estructura formal**

Aquí debemos abordar la obra desde una doble perspectiva constructiva y perceptiva: como un conjunto de módulos y reglas, y también en su resultado sonoro concreto. Veremos primero la perspectiva constructiva, y en la próxima sección mostraremos ejemplos de cómo se enlazan los distintos bloques para lograr el resultado sonoro final.

La estructura de la obra sigue a la de la narración, consistente en varios episodios bastante acotados, hilados por el viaje del protagonista. Los episodios y su orden están solo en parte predeterminados, y cada uno de ellos tiene una caracterización musical distintiva, basada tanto en la instrumentación como en estilo. La Figura 10 muestra la estructura general, y la Figura 11 la de un capítulo. El capítulo y su personaje están asociados a cierta instrumentación (pizzicato, marimba, timbales, caja) y rasgos estilísticos (escala octatónica, politonalidad).

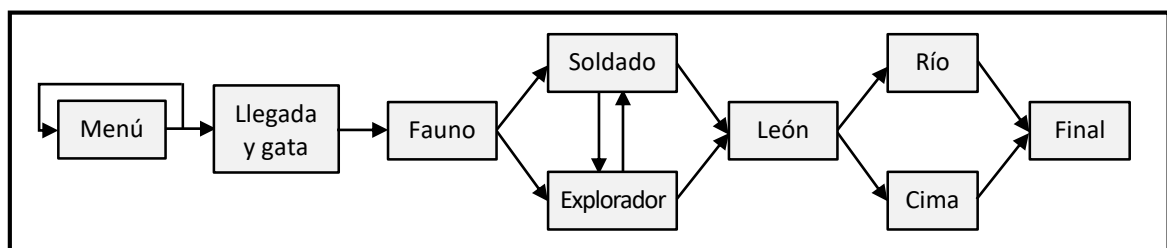


Figura 10. Estructura general de *Nocturno*



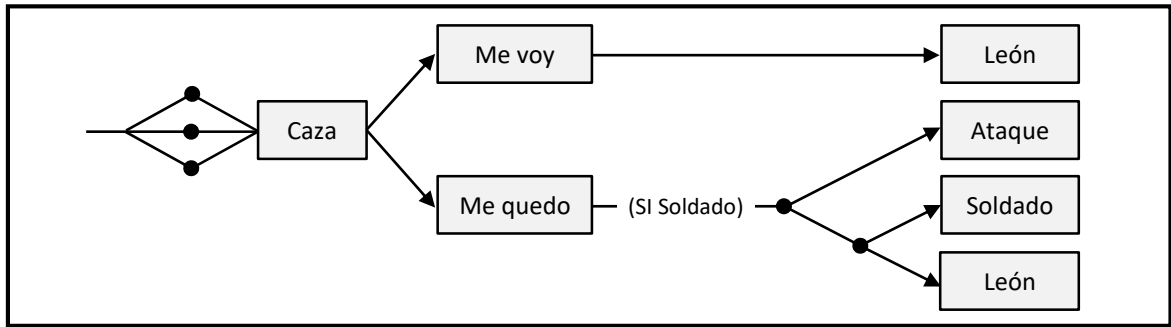


Figura 11. Estructura simplificada del capítulo “Explorador”

### Técnicas de construcción modular

Pasamos a mostrar cómo se han ido enlazando los bloques musicales. La obra es de mediana extensión, y los casos muy variados, por lo que mostraremos solo algunos como ejemplo:

*Módulos y discontinuidad* – La necesidad de tener que cambiar el curso musical con agilidad para responder a las interacciones plantea un problema evidente. A más inmediato sea el cambio, mejor se entiende la relación con la acción del jugador, pero la continuidad musical se puede ver comprometida. Para garantizar una mayor continuidad, se suele retrasar el cambio según la lógica rítmica y armónica (al siguiente pulso, compás o frase, por ejemplo). En construcciones musicales más largas y poco fragmentables, este problema es mayor.

Por este motivo, una solución es hacer de la necesidad virtud, y buscar discursos musicales que incorporen la irregularidad y la fragmentación: fragmentos breves, contrastes frecuentes, compases irregulares y cambiantes, polirritmia, armonías estáticas o imprevisibles. De este modo, es más fácil conciliar las necesidades contrapuestas de inmediatez de los cambios y continuidad musical. En la Figura 12, la imprevisibilidad rítmica de la melodía y los acentos, así como la indeterminación del acompañamiento, permiten cambios horizontales muy rápidos.

Figura 12. Módulos y discontinuidad en el capítulo “Soldado”

*Módulos y continuidad* – Si bien muchos de los experimentos de vanguardia en torno a las formas abiertas han tratado de explotar precisamente estas discontinuidades, las necesidades narrativas del juego pueden requerir con frecuencia cambios más sutiles e invisibles: no hacer un despliegue de modularidad, sino hacer lo posible por disimularla<sup>9</sup>.

Las soluciones en este sentido son variadas y dependen de las circunstancias, pero como ejemplo pondremos el uso de *matrices de transiciones*: dependiendo del módulo de origen (o de que subsección) y el de destino, creamos una tabla para determinar diversas posibles transiciones para cada caso. Este concepto ya se ha adelantado en *Tres perfiles*, en la que también se ha buscado esa continuidad en el resultado, pero aquí su uso es más complejo. En la Figura 13, cada fragmento de dos compases tiene asociada una capa de transición, que se añade en caso de que el programa dé la orden de avanzar hacia el final de la sección.

The image shows a musical score for a section titled "Gata". It features several staves for different instruments: Clarinet in E-flat 1, Trumpet in E-flat 1/2, Trombone 1.2, Trombone B, Timpani, Bombo, and Percussion. The score is in 5/4 time, marked "Mismo tempo, con swing" with a tempo of 84. It includes dynamic markings like *mf*, *p*, and *f*. There are also performance instructions such as "¡'quién eres?!", "[[SOLO para transición a 'Final 1']]", and "[[SI hasta == 2]]". The score is divided into measures, with some measures containing rests for certain instruments.

Figura 13. Módulos y continuidad en el capítulo “Gata”

*Remezcla vertical* – Estos casos son ejemplos de lo que hemos llamado resecuenciación horizontal, mediante la cual se va decidiendo la secuencia de módulos musicales que acaban conformando una “interpretación” de la obra. El otro enfoque complementario es la remezcla vertical, en la que un fragmento se exporta en varias capas diseñadas para sonar en conjunto y/o en diversas combinaciones. Las capas se reproducen simultáneamente, pero ciertas variables pueden controlar el volumen de las mismas, de forma que, sin interrumpir la continuidad musical, se puede variar ágilmente la textura. En la Figura 14, el valor que toma

<sup>9</sup> La cualidad que Medina-Gray llama “suavidad” (*smoothness*) (2016, pp. 62-63).

la variable *haste* determina la presencia o no de violas y cellos; el de la variable *nuisance* determina el volumen de clarinetes y fagotes.

The image displays a musical score for the chapter "Explorador", illustrating a layered composition. The score is organized into two systems of staves. The first system includes: Crm. ing. (Corno Ingrassiato), Cl. en Bb 1 & 2 (Clarinete en Si bemol 1 y 2), and Fg. 1. 2 (Fagote 1 y 2). The second system includes: Tpt. en Bb 1. 2 (Trompa en Si bemol 1 y 2), Tbn. 1. 2 (Trombón 1 y 2), Vln. I & II (Violín I y II), Vla. (Violeta), Vc. (Violonchelo), and Cb. (Contrabajo). The score features various time signatures (5/4, 6/4, 5/4, 6/4) and dynamic markings such as *p* (piano) and *pp* (pianissimo). Performance instructions include "[FADE IN 0 < nuisance < 4]", "[SI haste == 2 O haste == 3]", and "[SI haste == 1 O haste == 3]". The notation includes complex rhythmic patterns, triplets, and rests, indicating a non-linear and interactive musical structure.

Figura 14. Composición por capas en el capítulo "Explorador"

### Cuestiones performativas

Este caso representa en cierta medida un término intermedio entre la partitura algorítmica de *Hábitat* y los ejemplos instrumentales anteriores. En *Nocturno*, el material musical sí está bastante definido y diferenciado, con distintos temas e instrumentaciones, y el curso de la narración, aunque abierto, impone cierta forma general. La naturaleza dinámica de la narración y la música se concreta en muchos detalles, desde los muy pequeños (multitud de aleatoriedades) hasta los más grandes (capítulos que pueden aparecer o no, o reordenarse; distintos finales). La relación con la narración es recíproca: con frecuencia la música espera a cierto lugar en la narración para avanzar, pero a veces es la narración la que se adapta a los ritmos de la música.

Por último, una diferencia clave respecto a casos como *Tres Perfiles* es que aquí las decisiones, por aleatoriedad o adaptación, pueden ser más sutiles y coordinadas de lo que lo podrían ser en un contexto de concierto, por la enorme capacidad de toma de decisiones del ordenador.

## 4. Consideraciones finales y conclusiones

Una vez concluido el proceso completo de composición, estreno o implementación, y análisis de las obras, retomamos los objetivos planteados al comienzo para evaluar los resultados del trabajo. Hemos podido, por un lado, estudiar enfoques compositivos que, aunque originados en motivaciones distintas, resultan útiles a la composición para videojuegos. Y, por otro, comprobar en la práctica cómo las necesidades musicales del videojuego afectan a la materia musical, a su estructura e incluso al proceso compositivo mismo.

### 4.1. Limitaciones

Dos han sido las limitaciones específicas que hemos encontrado en el desarrollo de las obras.

La primera es que escenarios de elevada indeterminación musical resultan problemáticos en obras concebidas para su interpretación en directo, especialmente para conjuntos grandes. En los videojuegos, la música se graba en fragmentos breves que luego son enlazados por el programa; trasladar esa dinámica a una situación de directo presenta retos importantes.

La otra limitación tiene que ver con las dificultades técnicas propias de la composición para videojuegos, y se ha visto más claramente en el caso de la composición algorítmica: el trabajo compositivo es muy distinto, con una notable carga técnica; llegar a resultados musicalmente interesantes no es fácil, lo cual explica, seguramente, su limitado uso.

### 4.2. Prospectiva

Consideramos que este trabajo deja abiertas dos líneas de exploración principales.

Por un lado, el laborioso trabajo musical y técnico que subyace a las dos obras implementadas, y lo aprendido durante dicho proceso, facilitará el trabajo en composiciones similares futuras. En el caso algorítmico, probablemente sea necesaria la búsqueda de modelos compositivos más complejos, como los apoyados en la inteligencia artificial.

Por otro, en cuanto a la interpretación en directo, creemos que las herramientas tecnológicas apuntan a posibilidades que habrán de explorarse en los próximos años. Nos referimos a la posibilidad de crear música indeterminada para situaciones de concierto, en las que la interacción con el público (mediante dispositivos móviles y conexión inalámbrica) determine en tiempo real la partitura final, que se iría actualizando en los atriles de los músicos.

## 5. Referencias bibliográficas

### 5.1. Libros y artículos

- Collins, K. (2008). *Game Sound: An Introduction to the History, Theory and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Collins, K. (2009). 'An Introduction to Procedural Audio in Video Games', *Contemporary Music Review*, 28/1, 5-15.
- Desarrollo Español de Videojuegos (2020), *Libro Blanco del Desarrollo Español de Videojuegos, Edición de 2019*.
- Eco, U. (1989). *The Open Work* (Trad. A. Cancogni). Cambridge, MA: Harvard University Press. (Trabajo original publicado en 1962).
- Jolly, K. y McLeran A., 'Procedural Music in SPORE', conferencia en la Game Developers Conference, San Francisco, CA, (20/02/2008). Audio disponible en <https://store.cmpgame.com/product/2753/Procedural-Music-in-spore>, acceso el 1/11/2020.
- Kaae, J. (2008). 'Theoretical approaches to composing dynamic music for video games'. En K. Collins (Ed.), *From Pac-Man to Pop Music: Interactive Audio in Games and New Media* (pp. 75-92). Burlington, VT: Ashgate.
- Medina-Gray, E. (2016) 'Modularity in Video Game Music'. En M. Kamp, T. Summers y M. Sweeney (Eds.), *Ludomusicology: Approaches to Video Game Music* (pp. 53-72). Sheffield: Equinox Publishing.
- Román, A. (2008). *El Lenguaje Musivisual, semiótica y estética de la música cinematográfica*. Madrid: Editorial Visión Libros.
- Saunders, J. (2008). 'Modular Music'. *Perspectives of New Music*, 46/1, 152-193.
- Summers, T. (2016). *Understanding Video Game Music*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Supper, M, (2004). *Música electrónica y música con ordenador* (Trad. A. Arteaga). Madrid: Alianza. (Trabajo original publicado en 1997).

Sweet, M. (2015). *Writing Interactive Music for Video Games: A Composer's Guide*. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley.

Vadillo, E. (2020). *El sinfonismo en los siglos XX y XXI. Herencias y modelos*. Madrid: Vision Libros.

## 5.2.Partituras

Cowell, H. (1935). *Mosaic Quartet*. Nueva York, NY: G. Schirmer's Edition.

Hovhaness, A (1958). *Magnificat Op. 157*. Leipzig: Peters Edition.

Lutoslawski, W. (1987). *Concerto for Piano and Orchestra*. Brighton: Chester Music.

Riley, T. (1964). *In C*. Nueva York, NY: Associated Music Publishers Inc.

Stockhausen, K. (1956). *Klavierstück XI*. Nueva York, NY: Universal Edition.

Stravinsky, I. (1920). *Symphonies of Wind Instruments*. Nueva York, NY: Boosey & Hawkes.

## 5.3.Videojuegos

*Monkey Island 2: LeChuck's Revenge*. (1991). San Francisco, CA: LucasArts.

*Portal 2*. (2011). Bellevue, WA: Valve.

*Spore*. (2008). Redwood City, CA: Electronic Arts.

## ANEXO A. ENLACE A LOS MATERIALES

Enlace a las partituras, grabaciones y juegos:

<https://alumnosunir->

[my.sharepoint.com/:f:/g/personal/francisco\\_jurado946\\_comunidadunir\\_net/Eukun8oO -  
1Er0Gk6zMCGU4BvANfkfkDbP0bic5S\\_xGnSw?e=Gegeuy](https://alumnosunir-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/francisco_jurado946_comunidadunir_net/Eukun8oO-1Er0Gk6zMCGU4BvANfkfkDbP0bic5S_xGnSw?e=Gegeuy)

## ANEXO B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Incluimos aquí una explicación algo más detallada sobre el desarrollo, desde el punto de vista técnico, de *Hábitat* y *Nocturno*: sobre cómo se ha creado la música, cómo se han programado los juegos, y cómo se ha implementado la música en estos.

### **Hábitat**

Este prototipo está desarrollado en Max 8 ([cycling74.com](http://cycling74.com)) y JavaScript.

Los **timbres instrumentales** se han creado con herramientas nativas de Max. La percusión utiliza muestras grabadas y cargadas en objetos "playlist~". El resto de instrumentos utilizan síntesis aditiva (los pads, con osciladores senoidales, triangulares, cuadrados y de diente de sierra), sustractiva (el viento, con ruido blanco filtrado) y por modulación de frecuencia (el bajo y la melodía).

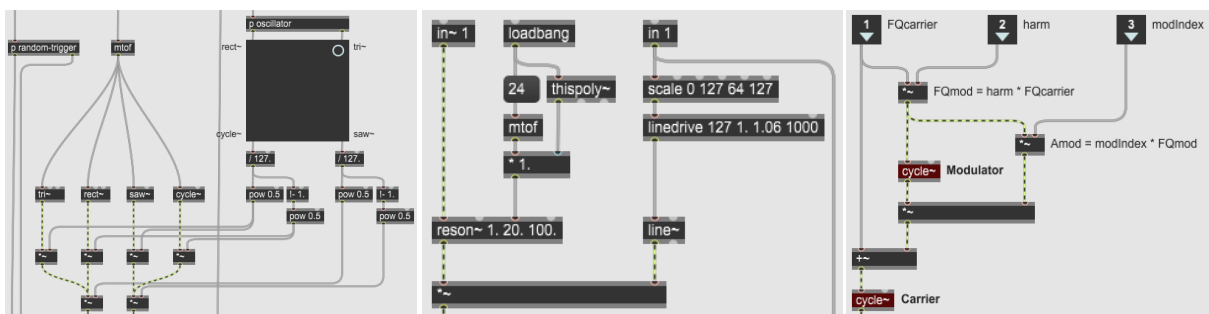


Figura 15. Sintetizadores aditivo, sustractivo y FM

La generación de la **partitura** funciona mediante aleatoriedad controlada. Hay tres maneras en las que se controla esta aleatoriedad, para determinar parcialmente el resultado y evitar así una sensación de mero caos:



Figura 16. Elección de modo y tónica, y uso de *semillas*



- Mediante los secuenciadores probabilísticos, que determinan tendencias rítmicas.
- Mediante el control de escalas, que determinan tendencias armónicas.
- Mediante *semillas*: los generadores de aleatoriedad en realidad son pseudo-aleatorios, lo que permite replicar siempre el mismo resultado si se utiliza la misma semilla. Esto se ha aprovechado para generar repeticiones motivicas (cada compás, normalmente).

El **juego** en sí está escrito en JavaScript dentro del propio Max. Hay tres partes fundamentales:

- El desarrollo del bosque, que como se ha apuntado está basado en un autómata celular, en concreto el denominado “B4/S4567”: esto quiere decir que en una celda vacía nace un árbol si tiene exactamente 4 árboles adyacentes, y un árbol sobrevive si tiene 4, 5, 6 o 7 adyacentes.

```
548 function forestStep()
549 {
550   mapNext = mapNow.slice(0);
551   for (i = Math.floor(refX) - MARGIN; i < refX + SCREEN_X + MARGIN; i++)
552   {
553     for (j = Math.floor(refY) - MARGIN; j < refY + SCREEN_Y + MARGIN; j++)
554     {
555       var neighbors = countNeighbors(i, j, 1);
556       var P = Math.random() < stochastic;
557       var B = isInArray(neighbors, born);
558       var S = isInArray(neighbors, survive);
559
560       if (mapGet(mapNow, i, j) == 0)
561       {
562         if ((P && B) || (!P && !B)) { mapSet(mapNext, i, j, 1); }
563         else { mapSet(mapNext, i, j, 0); }
564       } else
565       {
566         if ((P && S) || (!P && !S)) { mapSet(mapNext, i, j, 1); }
567         else { mapSet(mapNext, i, j, 0); }
568       }
569     }
570   }
571 }
572
573 mapNow = mapNext.slice(0);
574 mapNext = [];
```

Figura 17. Código que actualiza el bosque

- Los movimientos del jugador y de la cámara, y su interacción con el bosque.
- El *script* devuelve en cada fotograma los valores pertinentes (las coordenadas del jugador, su velocidad y “hambre”, la densidad de árboles alrededor), que son enviados a la parte musical del programa y escalados apropiadamente para su uso musical.

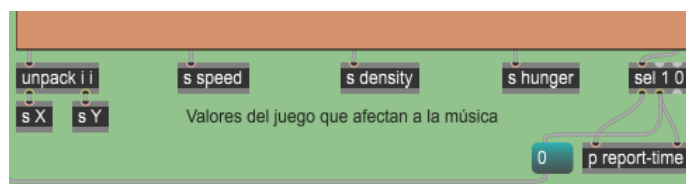


Figura 18. Valores enviados desde el juego hacia la música

## Nocturno

La realización de esta obra es más compleja desde el punto de vista técnico, con distintas herramientas implicadas en las distintas partes del proyecto.

Los **módulos musicales** se han creado mediante instrumentos virtuales en el contexto de un secuenciador convencional, REAPER ([reaper.fm](http://reaper.fm)). La única diferencia con una producción convencional es, claro, el trabajo por módulos. Se han exportado más de 400 fragmentos, desde motivos de tres o cuatro notas hasta frases completas. En la Figura 19 se pueden ver ocho de los fragmentos que componen la primera sección musical.

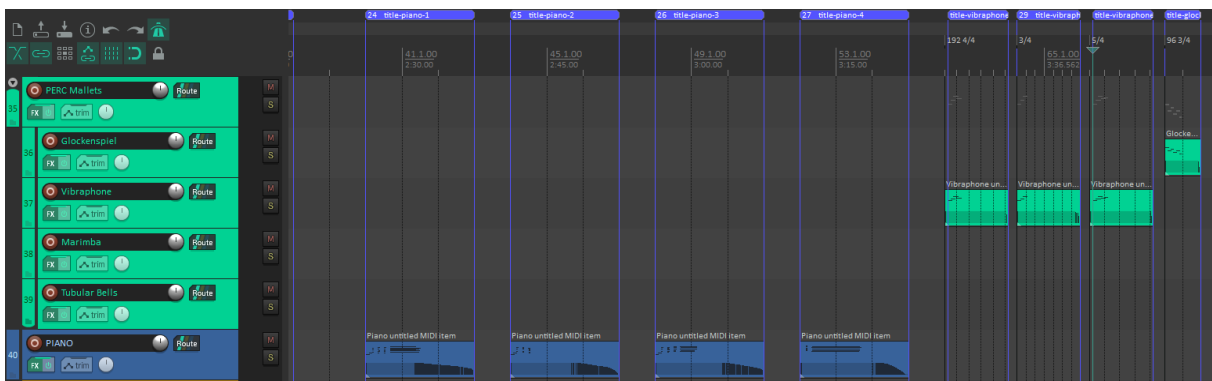


Figura 19. Proyecto de REAPER

Para programar el **comportamiento dinámico** de la música utilizamos un software de los denominados *audio middleware*, FMOD Studio ([fmod.com](http://fmod.com)). Esto nos permite integrar los módulos en fragmentos mayores de música dinámica, capaz de tomar decisiones aleatorias (que aportan variabilidad) y de responder a parámetros del juego. El uso de este tipo de *software* no es imprescindible, pero facilita mucho la integración de la música en el juego.

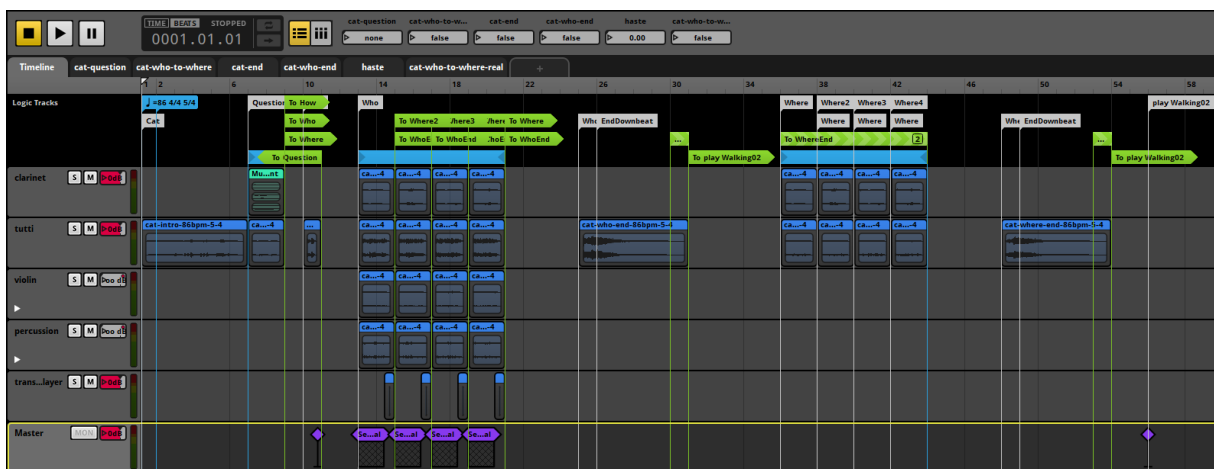


Figura 20. Uno de los eventos en FMOD Studio

Por el lado **narrativo**, hemos usado Ink ([inklestudios.com](http://inklestudios.com)), una herramienta diseñada para la escritura interactiva. El planteamiento es similar al musical: se escriben módulos de texto y se incluyen aleatoriedades, variables y opciones para el lector-jugador.

```
14 === faun ===
15 {not cat:
16   [EMPTY]# stop Title # play Faun # treeIn # mainStory
17 - else:
18   [EMPTY]
19 }
20
21 # cleanup
22 # waitOut Main
23 un poco más adelante, el camino parece bifurcarse. avanzo un poco más rápido pero, de repente,
24 <> tropiezo con una raíz más voluminosa de lo normal... que se queja con un grito.
25
26 # mode local
27 acabo en el suelo del traspiés, y contemplo como {~metódicamente|pausadamente} se va desesperando
28 <> lo que, claramente, no era {~una|ninguna} raíz. tras estirarse y bostezar ruidosamente,
29 <> se sienta también y me mira con los ojos entornados y somnolientos.
30
31 # waitIn Main2
32 es {~bastante|muy} pequeño, con aspecto juvenil, casi de adolescente.
33 <> tiene unos cuernecillos diminutos que apenas le asoman entre los rizos negros,
34 <> y sendas patas traseras que {~se dirían|parecen} de cabra.
35
36 # waitIn Main3
37 "es muy poco agradable despertar así de la siesta...", refunfuña.
38
39 # waitIn ApologiseOrBlame
40 [EMPTY]
41
42 * (apologise) [me disculpo]
43 # var faun-choice 1
44 "disculpa", le digo, "no fue mi intención pisarte."
45
46 # waitIn Apologise
47 me observa con interés, casi como evaluándome.
48
49 "bueno, quizás no era hora ya de seguir durmiendo", concede.
50
51 (no puedo dejar de preguntarme a qué llama siesta este personaje, dado que es noche cerrada.)
52
53 * (blame) [la culpa es suya]
54 ~ var(nuisance, 1)
55 # var faun-choice 2
56 "bueno, ¡tú estabas en mitad del camino!", protesto.
57
58 # waitIn Blame
59 "mmm, cierto, aunque un poco impertinente para ser un recién llegado", agrega.
60
61 { cat.where.lie:
62   (es un {~tanto|poco} molesta la franqueza de estas criaturas.)
63 }
```

Figura 21. Un fragmento de uno de los capítulos en Ink

La **implementación** de todos estos componentes se ha hecho en el motor de videojuegos Unity ([unity.com](http://unity.com)). Este entorno permite integrar fácilmente, mediante *plug-ins*, la parte narrativa y la musical, y añadir los *assets* necesarios para completar la interfaz (imágenes, fuentes, etc.). También, a posteriori, la compilación para distintas plataformas. En la Figura 22 puede verse una captura de la interfaz.

Finalmente, la **programación** como tal está hecha en el lenguaje C#, mediante el cual se han vinculado todos los componentes: las interacciones del jugador, la historia y la música. En la Figura 23 se puede ver un fragmento del código.

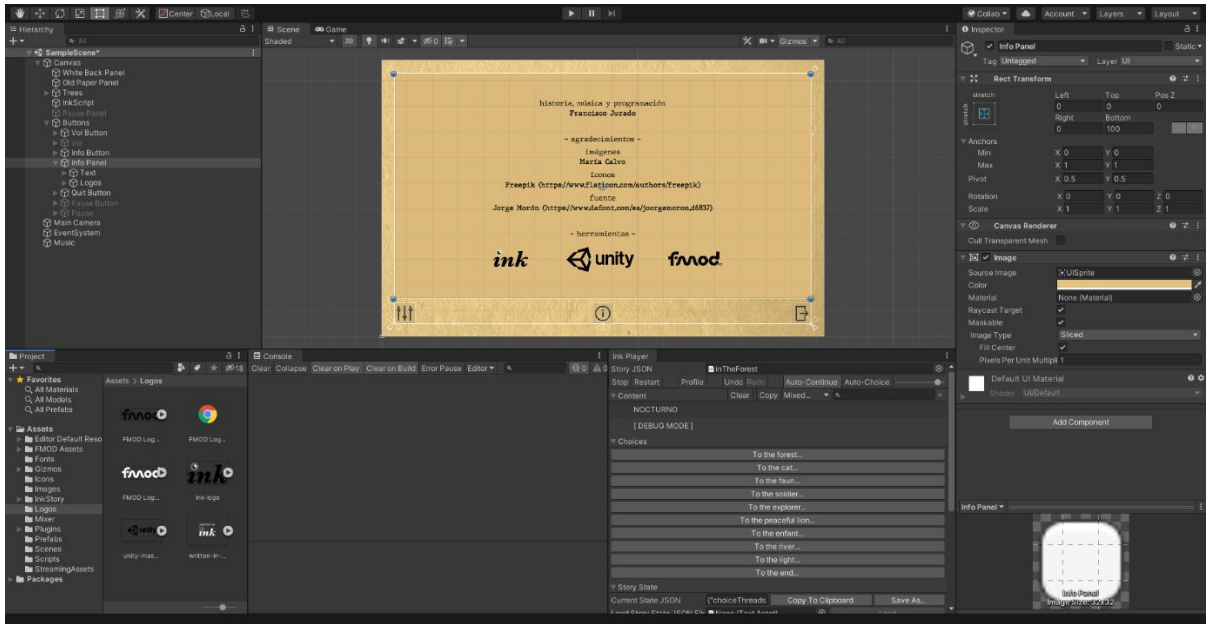


Figura 22. Proyecto de Unity

```
133 [AOT:MonoInvokeCallback(typeof(FMOD.Studio.EVENT_CALLBACK))]
134 1 referencia
135 static FMOD.RESULT BeatEventCallback(FMOD.Studio.EVENT_CALLBACK_TYPE type, IntPtr instancePtr, IntPtr parameterPtr)
136 {
137     FMOD.Studio.EventInstance instance = new FMOD.Studio.EventInstance(instancePtr);
138
139     // Retrieve the user data
140     IntPtr timelineInfoPtr;
141     FMOD.RESULT result = instance.getUserData(out timelineInfoPtr);
142     if (result != FMOD.RESULT.OK)
143     {
144         Debug.LogError("Timeline Callback error: " + result);
145     }
146     else if (timelineInfoPtr != IntPtr.Zero)
147     {
148         // Get the object to store beat and marker details
149         GCHandle timelineHandle = GCHandle.FromIntPtr(timelineInfoPtr);
150         TimelineInfo timelineInfo = (TimelineInfo)timelineHandle.Target;
151
152         switch (type)
153         {
154             case FMOD.Studio.EVENT_CALLBACK_TYPE.TIMELINE_BEAT:
155                 var parameter = (FMOD.Studio.TIMELINE_BEAT_PROPERTIES)Marshal.PtrToStructure(parameterPtr, typeof(FMOD.Studio.TIMELINE_BEAT_PROPERTIES));
156                 timelineInfo.currentMusicBar = parameter.bar;
157                 break;
158             case FMOD.Studio.EVENT_CALLBACK_TYPE.TIMELINE_MARKER:
159                 var parameter = (FMOD.Studio.TIMELINE_MARKER_PROPERTIES)Marshal.PtrToStructure(parameterPtr, typeof(FMOD.Studio.TIMELINE_MARKER_PROPERTIES));
160                 timelineInfo.lastMarker = parameter.name;
161                 string marker = timelineInfo.lastMarker;
162                 if (marker.Contains("play"))
163                 {
164                     string path = marker.Split()[1];
165                     MusicEvent newMusicEvent = new MusicEvent(path);
166                 }
167                 else if (marker.Contains("BACKTOTITLE"))
168                 {
169                     MyButton.TheEnd();
170                 }
171                 else if (!marker.Contains("_"))
172                 {
173                     //Debug.Log("MARKER || " + marker);
174                     InkScript.UpdateMarker(timelineInfo.lastMarker);
175                 }
176                 }
177             }
178         }
179     }
180     return FMOD.RESULT.OK;
181 }
182
183
```

Figura 23. Código que registra los marcadores de los eventos FMOD