

# Sistema para apoyar la composición musical usando cómputo evolutivo.

## **Trabajo Terminal No. 2021 -A041**

*Alumno: \* Torres Ortiz Uziel*

*Directores: Rosas Trigueros Jorge Luis, Palma Orozco Rosaura  
e-mail: torresortizuziel@gmail.com*

**Resumen** – Se propone el desarrollo de un sistema de apoyo a la composición musical que, usando cómputo evolutivo, genere obras musicales a partir de parámetros definidos por el usuario, esto con el fin de ayudar a los compositores, amateurs y profesionales, a producir composiciones más complejas y brindar soluciones alternativas que impulsen la creatividad.

**Palabras clave** – *Cómputo evolutivo, composición algorítmica, análisis de algoritmos, estructuras de datos.*

## 1. Introducción

La composición es el acto de hacer música, o dicho de otra manera, ordenar sonidos con una intención y mensaje artísticos [1]. Para lograr este ordenamiento se realizan una serie de actividades, cada una con sus técnicas y prácticas, como pueden ser: armonización, definición de una melodía y rítmica, el uso de contrapunto, etc. Dichas actividades pueden ser automatizadas, de diversas formas y en mayor o menor grado, mediante la composición algorítmica [2].

El área de la composición algorítmica se refiere al uso de procesos formales para hacer música con la mínima intervención humana. Estos procesos formales pueden ser sistemas basados en reglas, generación de números aleatorios, redes neuronales, y en general, diversos algoritmos [3].

El nivel de automatización y el grado de intervención humana clasifican un sistema entre aquel que asiste la composición y sirve de base o inspiración para una obra mayor, y otro en el cual la fuente de creatividad no proviene de una persona sino del sistema en sí. Esto quiere decir que el factor que determina si un sistema es de apoyo o no, es quién o qué realizó la mayor parte del proceso de composición [2].

Sea cual sea el caso, existen muchos acercamientos metodológicos para la composición algorítmica, que pueden clasificarse de acuerdo a su principal característica de la siguiente manera [2]:

- Gramáticas.
- Métodos simbólicos, sistemas basados en conocimiento.
- Cadenas de Markov.
- Redes neuronales.
- Métodos evolutivos y basados en poblaciones.
- Autosimilitud y autómatas celulares.
- Modelos matemáticos.
- Sistemas híbridos.

El cómputo evolutivo se inspira en la naturaleza tomando algunas características del proceso de evolución para aplicarlas en el campo computacional. De ello derivan técnicas que ofrecen diversas soluciones para un problema, y las que mejor se adaptan dan pie a nuevas generaciones de soluciones mediante operadores genéticos de cruce, mutación, y selección. Los sistemas de cómputo evolutivo han probado ser precisos en áreas que requieren cierto grado de creatividad, como lo es el campo de la música [4].

El cómputo evolutivo ha permitido la creación de sistemas que exhiben la espontaneidad de la creatividad humana, combinados con la expresión basada en reglas de la forma y estructura musical. Muchos de estos sistemas componen música de acuerdo a condiciones de estilo marcadas por el usuario, que definen la función de aptitud para producir piezas con características musicales de valor para el compositor [5].

No debemos olvidar que, sin importar el fin y el método que se requiera usar para componer algorítmicamente, es necesaria una forma de procesar, representar, y comunicar los datos, que en este caso son sonidos.

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) es un estándar que describe un protocolo que conecta instrumentos digitales, computadoras, y otros dispositivos dedicados a la música. MIDI funciona mediante eventos los cuales contienen información sobre lo que ocurre al tocar una nota. Dicha información puede ser: el tono, la velocidad, el tiempo, paneo, volumen, etc. [6].

También existen otros estándares, como el MusicXML, que sirve para compartir partituras, y poder ser leídas por diversos softwares de edición de partituras [7].

Dentro de los muchos sistemas que se han desarrollado, en la Tabla 1, se destacan los siguientes debido a las técnicas que se emplean:

**Tabla 1.** Resumen de productos similares.

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS	PRECIO EN EL MERCADO
FractMus [8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Crea composiciones a partir de fórmulas matemáticas.</li> <li>- Crea un archivo MIDI.</li> <li>-12 algoritmos diferentes para basar la composición.</li> </ul>	Freeware.
GenJam [9]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usa un algoritmo genético.</li> <li>- Requiere un archivo de “progresión”.</li> <li>- Opera en 3 modos: de aprendizaje, demo, y cruce.</li> </ul>	No aplica
A cooperative approach to style-oriented music composition [10]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La función <i>fitness</i> se construye con características extraídas de un <i>corpus</i> de melodías.</li> <li>- Los individuos se representan con árboles.</li> </ul>	No aplica.
SeeHear [11]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza redes neuronales.</li> <li>- Interpreta una imagen y hace una conversión de esta a sonidos.</li> </ul>	No aplica.
Solución Propuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza el cómputo evolutivo para desarrollar la idea del compositor.</li> <li>- La función <i>fitness</i> se construye con base a parámetros definidos por el usuario.</li> <li>- Crea un archivo MIDI o XML que puede usarse en otros softwares de edición de partituras.</li> </ul>	No aplica.

## 2. Objetivo

Desarrollar un sistema de apoyo a la composición musical usando cómputo evolutivo para generar fragmentos musicales.

## 3. Justificación

La composición es una tarea que está en constante evolución, y más concretamente los compositores siempre han buscado la manera de crear obras más complejas y novedosas, ya sea desde la teoría, o con los métodos empleados para componer [12].

La idea de usar procesos e instrucciones formales no es nueva, y en la historia de la música podemos encontrar muchos ejemplos de ello, como puede ser: la relación directa entre las leyes de la naturaleza y la armonía en los sonidos expresados en la música en la que creía Pitágoras. También se puede mencionar a Mozart y su *Musikalisches Würfelspiel* (juego de dados musical), que consistía en combinar pequeños fragmentos musicales al azar para crear una pieza. El método de 12 tonos y el serialismo que pretendían controlar los parámetros de la música, y objetificar y abstraer el proceso de composición tanto como se pudiese [13].

El uso de computadoras introdujo nuevas capacidades para la composición algorítmica, no sólo por la simplificación y automatización de tareas, sino en el desarrollo de métodos más complejos, que dan pie a resultados originales y novedosos, que impulsan la creatividad del compositor [13].

Es por ello que se plantea el desarrollo de un sistema, que trabaje a partir de parámetros definidos por el usuario, que ayude a los compositores en su tarea mediante el uso del cómputo evolutivo. Así el compositor encontrará soluciones y opciones novedosas y originales que se encuentren sobre la misma línea de ideas que pretende desarrollar.

Entre las ventajas de desarrollar un sistema de este tipo, podemos encontrar:

- Introducir soluciones, entendidas como formas musicales diversas (acordes, melodías, ritmos, etc...), que el compositor no hubiese considerado.
- Automatizar el proceso de composición.
- Encontrar nuevas formas de composición que amplíen el panorama para futuros compositores.

Los principales beneficiarios de este sistema son los músicos y compositores, amateurs o profesionales que buscan nuevos métodos de hacer arte, y que vean en la computación no una limitante si no nuevas oportunidades de crear, dentro y fuera de las academias y más allá de las técnicas tradicionales.

Para el desarrollo de este proyecto se aplicarán conocimientos del área del cómputo evolutivo, ingeniería de software, análisis de algoritmos, programación estructurada. De igual forma es necesario estar familiarizado con el lenguaje y la teoría musical.

#### 4. Productos o Resultados esperados

El sistema consta de una serie de módulos que dan como resultado un archivo MIDI/XML que puede ser posteriormente trabajado en otros softwares.

El primer módulo se encarga de recibir los parámetros introducidos por el usuario e interpretarlos de modo que el sistema pueda procesarlos.

El segundo módulo será el método de cómputo evolutivo, y se encargará de generar iterativamente posibles soluciones que serán evaluadas con base a una función de aptitud creada a partir de los parámetros introducidos en el módulo anterior.

Finalmente cuando se tenga una o varias soluciones, éstas se representarán con un archivo MIDI o XML, para su posterior tratamiento en otros softwares de edición musical.

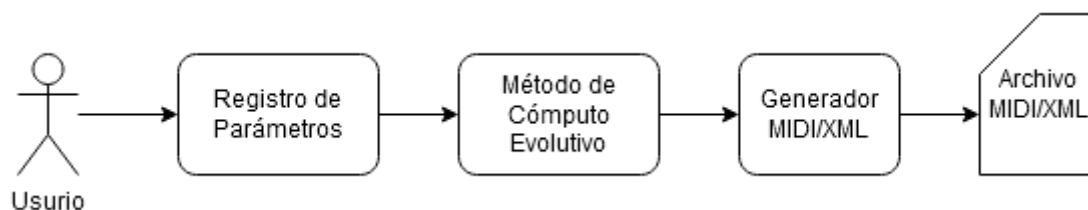


Figura 1. Arquitectura del sistema.

A continuación se enlistan los productos esperados del TT, que son:

1. El sistema.
2. El código.
3. La documentación técnica del sistema.
4. El manual de usuario.
5. Archivo MIDI/XML.

## 5. Metodología

Métrica Versión 3 [14] es una metodología con un enfoque orientado al proceso, y ofrece un instrumento útil para sistematización de las actividades que dan soporte al ciclo de vida del software. Métrica toma en cuenta el Modelo de Ciclo de Vida de Desarrollo propuesto en la norma ISO 12,207 “Information technology - Software life cycle process”. También se basa en la norma 9001:2000 para la gestión de sistemas de calidad. Igualmente usa como referencia otras metodologías como SSADM , Merise, Information Engineering , MAGERIT.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán las etapas de Análisis del Sistema de Información, Diseño del Sistema de Información, Construcción del Sistema de Información, e Implantación del Sistema de Información. Esto abarca la especificación detallada del sistema, la definición detallada de la arquitectura y los componentes del sistema, y la generación de código y pruebas para su posterior uso.

En la fase de Análisis del Sistema de Información el objetivo es la obtención de una especificación detallada del sistema de información que satisfaga las necesidades de información de los usuarios y sirva de base para el posterior diseño del sistema.

En la primera actividad, Definición del Sistema, se lleva a cabo la descripción inicial del sistema de información.

El objetivo del Establecimiento de Requisitos es elaborar un catálogo de requisitos detallado, que permita describir con precisión el sistema de información, y que además sirva de base para comprobar que es completa la especificación de los modelos obtenidos en las actividades Identificación de Subsistemas de Análisis, Elaboración del Modelo de Datos, Elaboración del Modelo de Procesos, y Definición de Interfaces de Usuario.

En la actividad de Identificación de Subsistemas de Análisis, se estructura el sistema de información en subsistemas de análisis, para facilitar la especificación de los distintos modelos y la traza de requisitos.

En la segunda fase Diseño del Sistema de Información, se lleva a cabo la definición de la arquitectura del sistema y del entorno tecnológico que le va a dar soporte, junto con la especificación detallada de los componentes del sistema de información.

En la actividad Definición de la Arquitectura del Sistema, se establece el particionamiento físico del sistema de información, así como su organización en subsistemas de diseño, la especificación del entorno tecnológico, y sus requisitos de operación, administración, seguridad y control de acceso.

Para la tercera fase, Construcción del Sistema de Información, se genera el código de los componentes del sistema de información, se desarrollan todos los procedimientos de operación y seguridad y se elaboran todos los manuales de usuario final con el objetivo de asegurar el correcto funcionamiento del Sistema para su posterior implantación.

En este proceso se realizan las pruebas unitarias, las pruebas de integración de los subsistemas y componentes y las pruebas del sistema..

Para la última fase, Implantación del Sistema, se realizan las pruebas de implantación que cubren un rango muy amplio, que va desde la comprobación de cualquier detalle de diseño interno hasta aspectos tales como las comunicaciones. Se debe comprobar que el sistema puede gestionar los volúmenes de información requeridos, se ajusta a los tiempos de respuesta deseados. Se debe verificar también el comportamiento del sistema bajo las condiciones más extremas.

La ventaja de utilizar esta metodología radica en su flexibilidad tanto en la estructura como en el tipo de desarrollo que se desee usar, ya sea estructurado u orientado a objetos, y que por consiguiente se puede adaptar fácilmente al proceso de desarrollo de este sistema.

## 6. Cronograma

Anexo al final del documento.

## 7. Referencias

- [1] Caballero Cristián, *Introducción a la música*. México: Edamex, 2004.
- [2] J. D. Fernandez and F. Vico, "AI Methods in Algorithmic Composition: A Comprehensive Survey," *Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 48, pp. 513–582, 2013.
- [3] A. Alpern, *Techniques for Algorithmic Composition of Music*, 1995. [En línea]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.23.9364>. [Último acceso: 29-Mar-2021].
- [4] A. Santos, B. Arcay, J. Dorado, J. Romero, and J. Rodríguez, "Evolutionary Computation Systems for Musical Composition: Semantic Scholar," [PDF] *Evolutionary Computation Systems for Musical Composition* | Semantic Scholar, 01-Jan-1970. [En línea]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evolutionary-Computation-Systems-for-Musical-Santos-Arcay/55d9ee7cd693373589e31a6b6f28b3b1ae37eaa2>. [Último acceso: 29-Mar-2021].
- [5] K.-P. M. A. F. A. V. MN; "Interactive music composition driven by feature evolution," *SpringerPlus*, 2016. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27386275/>. [Último acceso: 29-Mar-2021].
- [6] "Official MIDI Specifications," *The MIDI Association - Home*, 2021. [En línea]. Available: <https://www.midi.org/specifications>. [Último acceso: 29-Mar-2021].
- [7] "MusicXML for Exchanging Digital Sheet Music," *MusicXML*, 30-Sep-2020. [En línea]. Available: <https://www.musicxml.com/>. [Último acceso: 29-Mar-2021].
- [8] G. Díaz-Jerez, "FractMus 2000," *FractMus*, 2000. [En línea]. Available: <https://fractmus.com/>. [Último acceso: 29-Mar-2021].
- [9] J. A. Biles, "GenJam: An interactive genetic algorithm jazz improviser," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 102, no. 5, pp. 3181–3181, 1997.
- [10] D. Rizo and J. Iñesta, "A cooperative approach to style-oriented music composition," *Academia.edu*, 2007. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/16260869/A\\_cooperative\\_approach\\_to\\_style\\_oriented\\_music\\_composition](https://www.academia.edu/16260869/A_cooperative_approach_to_style_oriented_music_composition). Último acceso: 30-Mar-2021].
- [11] F. A. Hernández, L. G. Ochoa, C. Vega, *See-Hear: Sistema de generación de piezas musicales basadas en el análisis y evaluación de ilustraciones artísticas*. México: ESCOM, 2017. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22092/See-Hear-Sistema%20de%20generaci%C3%B3n%20de%20piezas%20musicales.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Último acceso: 30-Mar-2021].
- [12] V. Persichetti, *Twentieth Century Harmony*. New York: Norton, 1978.
- [13] J. Maurer, "A Brief History of Algorithmic Composition," *The History of Algorithmic Composition*, Mar-1999. [En línea]. Available: <https://ccrma.stanford.edu/~blackrse/algorithm.html>. Último acceso: 30-Mar-2021].
- [14] "Métrica v.3," *PAe*, 2001. [En línea]. Available: [https://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/pae\\_Documentacion/pae\\_Metodolog/pae\\_Metrica\\_v3.html#.YLMji0yZLIU](https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Documentacion/pae_Metodolog/pae_Metrica_v3.html#.YLMji0yZLIU). [Último acceso: 30-Mar-2021].

## 8. Alumnos y Directores

*Torres Ortiz Uziel.*- Alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en la ESCOM, Boleta: 2015630504, Tel. 5551815836, email: [torresortizuziel@gmail.com](mailto:torresortizuziel@gmail.com)

Firma:\_\_\_\_\_

*Rosas Trigueros Jorge Luis.*- Dr. En Biotecnología por el IPN (2012). M en C. en Ing. Eléctrica por la Universidad de Texas A&M en College Station, Estados Unidos (2002), es Ing. en Sistemas Computacionales por la Escuela Superior de Cómputo del IPN (1998). Actualmente es profesor Titular en ESCOM y sus áreas de interés son: Modelado y Simulación Molecular, Bioinformática y Graficación, e-mail: [jlrosas@ipn.mx](mailto:jlrosas@ipn.mx)

Firma:\_\_\_\_\_

*Palma Orozco Rosaura.*- Dra. En Tecnología Avanzada, IPN (2012). M en C. en Matemáticas por el CINVESTAV, es Ing. en Sistemas Computacionales por la Escuela Superior de Cómputo del IPN (1998). Actualmente es profesora Titular en ESCOM y sus áreas de interés son: Modelado y Simulación de Sistemas, Biología Sintética y Optimización Combinatoria, e-mail: [rpalma@ipn.mx](mailto:rpalma@ipn.mx)

Firma:\_\_\_\_\_

CARÁCTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.  
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Título del TT: Sistema para apoyar la composición musical usando algoritmos evolutivos.

[illegible]

## Acuses de aceptación

Dra. Rosaura Palma Orozco



**Aviso académico** <recweb2@gmail.com>

para mí, Jorge ▾

3 jun 2021, 22:46

Estimado Estudiante,

Acuso de recibido y apruebo el envío del **protocolo**.

Saludos cordiales

El jue, 3 jun 2021 a las 21:32, Uziel Torres (<torresortizuziel@gmail.com>) escribió:

|

--

Firmado por Dra. Rosaura Palma

Laboratorio Transdisciplinario de Investigación en Sistemas Evolutivos

LaTriSE-SEPI-ESCOM-IPN

Dr. Jorge Luis Rosas Trigueros



**Jorge Luis Rosas Trigueros** <jlrosas@ipn.mx>

para mí, recweb2 ▾

3 jun 2021, 22:48

Buenas noches.

Acuso de recibido y apruebo el envío del **protocolo**.

Atentamente,

Dr. Jorge Luis Rosas Trigueros

Laboratorio Transdisciplinario de Investigación en Sistemas Evolutivos

LaTriSE-SEPI-ESCOM-IPN