

# Máquinas de Turing en el Arte Musical

## Turing Machine in Musical Art

Andres Antonio Choque Diaz

[tonny.tonino@gmail.com](mailto:tonny.tonino@gmail.com)

Carrera de Ingeniería de Sistemas -Universidad La Salle

### Resumen

Una máquina de Turing principalmente es un dispositivo que transforma un INPUT en un OUTPUT después de algunos pasos y que pasa a través de una cinta infinita en la cual se va procesando los estados continuamente. Lo cual es un concepto similar a la música, donde podemos interpretar el pentagrama o la tablatura como la cinta, las notas como los estados y aquella secuencia lógica infinita como la melodía de una canción. Aunque el mundo musical es vasto y su medio de relación son los instrumentos musicales, la guitarra es el medio por el cual se interpretara la práctica del estudio.

La finalidad de esta investigación es comprobar la formulación de una estructura que permita combinar las máquinas de Turing junto con el lenguaje musical, la cual se justifica como una manera de integración y de aplicación de los conocimientos sobre autómatas. Los resultados son una estructura que comprendiendo de algunas restricciones nos retorna una relación entre estos dos conceptos ya mencionados.

**Palabras claves**

Máquina, Turing, lenguaje, interpretación, música, melodía, estados.

**Abstract**

A Turing machine is mainly a device that transforms an INPUT OUTPUT after a few steps and pass through an endless tape which is continuously processing states. Which is a concept similar to music, which we can interpret the staff or tablature as tape, notes how states and that infinite logical sequence as the melody of a song. Although the musical world is vast and its means of connection are the musical instruments, the guitar is the object by which the practice of the study were interpreted.

The purpose of this research is to test the formulation of a structure that combine turing machines along with the musical language, which is justified as a way of integration and application of knowledge about automata. The results are a structure comprising some restrictions we returned for a relationship between these two concepts already mentioned.

**Key words**

Machine, Turing, language, interpretation, music, melody, states.

**Introducción**

Alan Turing, creo lo que se llama como la máquina de Turing, lo cual es un dispositivo de reconocimientos de lenguajes regulares. Es más general que cualquier autómata finito y cualquier autómata de pila, debido a que ellas pueden reconocer tanto los lenguajes regulares, como los lenguajes independientes de contexto y además muchos otros tipos de lenguajes [1].

Actualmente la música tiende hacia la utilización de instrumentos y tecnología musical electrónica, por lo cual cada vez llega a unirse más hacia el mundo informático. Habiendo comprendido estos hechos, podemos interpretar la música y el lenguaje musical como un autómata que puede pasarse a través de esta máquina y así poder automatizarse y convertirse en un conjunto de algoritmos.

El objetivo de la investigación es el de exponer y demostrar que es posible relacionar al lenguaje musical y toda su estructura con las máquinas de Turing para su automatización

Referentes conceptuales.

La máquina de Turing (abreviado MT) tiene, un control finito, una cabeza lectora y una cinta donde puede haber caracteres, y donde eventualmente viene la palabra de entrada. La cinta es de longitud infinita hacia la derecha, hacia donde se extiende indefinidamente, llenándose los espacios con el carácter blanco (que representaremos con “t”). La cinta no es infinita hacia la izquierda, por lo que hay un cuadro de la cinta que es el extremo izquierdo, la MT la cabeza lectora es de lectura y escritura, por lo que la cinta puede ser modificada en curso de ejecución. Además, en la MT la cabeza se mueve bidireccionalmente (izquierda y derecha), por lo que puede pasar repetidas veces sobre un mismo segmento de la cinta [2].

Cabe resaltar que se debe comprender completamente el funcionamiento de la máquina para así poder comprender los puntos que este estudio desea presentar.

Ahora, podemos bien detallar que la máquina de Turing contiene principalmente un conjunto de características. Posee un lenguaje que será utilizado para ser procesado. También posee una cinta en la cual se pasa de diferentes estados del lenguaje, la cual es infinita hacia la derecha y que está siempre pasa a través de una caja y un cabezal que va procesando los estados.

La música a su vez, es por definición el arte de organizar sensible y lógicamente una combinación coherente de sonidos y silencios utilizando los principios fundamentales de la melodía, la armonía y el ritmo, mediante la intervención de complejos procesos psico-anímicos [3].

Estos tres conceptos son fundamentales en su análisis. Melodía es la sucesión de sonidos que es percibida como una sola identidad [4]. Armonía es el equilibrio entre las distintas partes de un todo y su resultado connota “Belleza” [5]. Y por

último el ritmo son los movimientos marcados por la sucesión regular de elementos débiles y fuertes, o bien de condiciones opuestas o diferentes [6].

Enfatizamos que en este artículo se analizara a la música como un “Proceso mecánico posible a ser automatizado”.

Musica=Armonia+Melodia+Ritmo

(1.1)

Principalmente la música puede ser vista como la suma de las partes involucradas. Sin embargo, nuestro concepto (1.1) es una visión general de esta, pero lo que nosotros debemos analizar es la base de la formulación que es el lenguaje musical.

$$V=\{ \lambda, c, c\#, d, d\#, e, f, f\#, g, g\#, a, a\#, b\}$$

(1.2)

donde: nota(i)sostenido

equivale a nota(i+1)bemol

Bajo esta determinación del lenguaje, podemos comenzar a interpretarlo en base al proceso de la máquina de Turing.

Ahora, para que este lenguaje pueda ser analizado en la MT, es necesario tener una cinta, la cual en lenguaje musical pueden ser varios y todos tan útiles como los otros.

El pentagrama, o pauta musical, es el lugar donde se escriben las notas y todos los demás signos musicales en el sistema de notación musical occidental [7].

Y por otra parte tenemos la Tabladura, se utiliza para definir formas de escritura musical especiales para ciertos instrumentos y que, a diferencia de la notación musical corriente, presentan únicamente las posiciones y colocaciones en el instrumento para la interpretación de una pieza, y no las alturas ni las duraciones de los tonos [8].

La guitarra, también conocida como guitarra clásica o guitarra española,<sup>1</sup> es

un instrumento musical de cuerda pulsada, compuesto de una caja de madera, un mástil sobre el que va adosado el diapasón o trastero —generalmente con un agujero acústico en el centro de la tapa (boca)—, y seis cuerdas. Sobre el diapasón van incrustados los trastes, que permiten las diferentes notas [9].

Nuestro estudio se basará en la guitarra de 12 trastes y el análisis de los acordes de esta.

$$\text{escala mayor(nota)} = \text{nota}(i) + \text{nota}(i*2)$$

(1.3)

La figura 1.3 nos entrega una escala mayor recorriendo desde la primera palabra del lenguaje hasta la última. Y debe ser cíclica, desde la palabra del lenguaje a utilizar hasta retornar a una menos que esta [10].

Posteriormente en base a esta se forman los acordes que son conjuntos de notas bajo los principios de la música.

$$\text{acorde(nota)} = \text{notas}(i) + \text{notas}(i+3) + \text{notas}(i+5)$$

$$\text{acorde} = \text{melodia} + \text{armonia}$$

(1.4)

Aunque hay otras variaciones de los acordes, nosotros estudiaremos como intención de estudio a la tónica mayor con los acordes mayores.

Ahora podemos analizar a través de la MT tomando la base una linealidad donde estas notas atraviesan.

Y esta máquina los analiza, a través de los procesos entregados. Pero para poder realizar correctamente esto, se deben agregar otras características.

“A mayor tiempo menor armonia”

“La secuencia de notas debe ser melódica y armónica”

“El ritmo depende del tiempo”

(1.5)

La MT debe poseer las características dadas en 1.5, lo cual dificulta más la utilización. Cabe resaltar que hay algunos estereotipos y paradigmas que deben aclararse para este estudio:

Una canción que es un segmento de música, puede ser infinita, pero al no ser humanamente posible, se limita a un determinado tiempo. Por otra parte, al aumentar el tiempo la armonía que es un concepto humano, tiende a disminuir, por lo que no técnicamente no es válida una duración infinita, pero si es válida teóricamente.

Posteriormente no podemos secuenciar notas aleatoriamente, por lo que debemos respetar hechos melódicos y armónicos. Y tampoco podemos poner notas secuencialmente ya que se deben respetar reglas de tiempo.

Al ser la MT una representación, también para fines técnicos, vamos a representar la interpretación con una depreciación de melodía y armonía, pero si vamos a considerar el ritmo que es importante y lo más tangible en el estudio.

1		G		
2		B		
3		D	E	C#
4	C#	G	G	
5		D		
6		G		

Tabla 1. Ejemplo de secuencia en tablatura.

Como se puede observar en la tabla 1 podemos secuenciar los elementos del lenguaje en una tablatura que nos representa cada línea de la guitarra en un determinado tiempo.

Entonces, para poder representar estas notas, debemos pasar por un proceso que es conocido como rasgueo y punteo.

punteo=cuerda

rasgueo=  $\sum$  cuerdas

(1.6)

Entonces teniendo claro este concepto, podemos determinar que la acción que la MT va a realizar es la de puntear o rasguear para así pasar al próximo estado. Y también la de elegir rítmicamente los siguientes elementos en la cinta (tablatura) a utilizar.

1= nota= palabra de lenguaje

0=silencio= $\lambda$

El ritmo podrá obtener 2 estados que son con una palabra del lenguaje determinada o  $\lambda$ , lo cual representa un silencio, si se desea un silencio prolongado se debe establecer los  $\lambda$  seguidamente de cuanto se desee.

En la interpretación la cinta que atraviesa la MT se podrá interpretar como 6 cintas que son la representación de la tablatura, las cuales están relacionadas entre si ya que poseen una correlación en el sonido, el lenguaje y el tiempo de proceso de los estados.

Entonces el proceso será el siguiente: se procede a la toma del primer estado que es la nota o el conjunto de notas en el pentagrama, el cual interpretado por la maquina determinara si debe ser rasgueado o punteado. Posteriormente una vez concluido este análisis del primer proceso, se prosigue con el siguiente y se procede a hacer el mismo análisis infinitas veces o finitas, dependiendo de la duración.

Esta interpretación de la maquina es factibles tomando en cuenta las suposiciones y advertencias dadas anteriormente en el planteamiento del problema.

Actualmente haciendo uso de la programación computacional, es posible lograr este cometido.

Lego Mindstorm [11] es un proyecto de la compañía lego para poder realizar las interpretaciones que necesitemos.

Y utilizando materiales es posible recrear es posible realizar la interpretación de las MT sobre una guitarra y así comenzar el proceso de construcción.



Imagen de fastytheastcat [12] [13]

### Métodos.

El método de la observación científica, consiste en la percepción directa del objeto de investigación. La observación investigativa es el instrumento universal del científico. La observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos.

Método deductivo que primero consiste en encontrar principios desconocidos, a partir de los conocidos. Una ley o principio puede reducirse a otra más general que la incluya. Si un cuerpo cae decimos que pesa porque es un caso particular de la gravitación.

También sirve para descubrir consecuencias desconocidas, de principios conocidos. Si sabemos que la fórmula de la velocidad es  $v=e/t$ , podremos calcular la velocidad de un avión. La matemática es la ciencia deductiva por excelencia; parte de axiomas y definiciones.

Entre los métodos que se utilizaron en la construcción de este trabajo, están el método observativo y deductivo, por los cuales se dio la idea e intención del estudio, y debido a estos métodos este proyecto esta sujeta a varias restricciones. Mientras más restricciones se presenten, el proyecto mayor deductividad presenta. El método no experimental está vigente ya que este estudio es un establecimiento teórico, por lo cual no es posible (aun) su total aplicación práctica.

### Resultados y discusión

El estudio presentado, es principalmente teórico y sin ningún antecedente de proyectos anteriores, aunque podríamos citar las cajas musicales como un ejemplo que provee facilidad de abstracción, el estudio llega a ser mucho mas complejo que esto. Aunque se de por intención relacionar el lenguaje musical hacia un mundo cuantificable y medible, no se pueden proveer medios estadísticos o cuantificablemente analíticos por el momento. Es decir hasta que este estudio sea experimentado o simulado.

Se deben tomar muy en cuenta las restricciones del proyecto, ya que varias de estas nacieron de la necesidad de que el hombre aun no cuenta con esta tecnología, pero el planteamiento de estas restricciones fueron necesarias para la estructura de la investigación.

### Conclusiones:

Podemos concluir que, a través de la utilización de MT, es posible representar lenguajes musicales con condiciones dadas. Actualmente no es posible que una maquina represente los fundamentos de melodía y armonía. Aunque podemos citar el concepto de "Fantasmas en la maquina" que explica que las maquinas presentan segmentos de aleatorios de códigos agrupados que dan protocolos inesperados, lo que estos radicales libres generan dudas sobre el libre albedrio en estas máquinas, estos son conceptos que no pueden ser demostrados científicamente y por lo tanto tampoco en la MT que solo sirve para demostrar conceptos claros y exactos.

Cabe también resaltar que este estudio no es una interpretación general de la música y no busca menospreciar el potencial humano al buscar automatizar esta. La música es un arte abstracto, y aunque tienda a ser más "electrónico" aún hay puntos y conceptos que no podemos llegar a completar con las máquinas. Las máquinas de Turing pueden analizar el lenguaje musical parcialmente, pero aun así se mantiene una dependencia del potencial humano

## Referencias Web

- [1] <http://maquinaturing.blogspot.com/p/funcionamiento-de-la-maquinaturing.html>
- [2] <http://maquinasdeturing.blogspot.com/2010/08/3-que-es-una-maquina-de-turing-y-como.html>
- [3] <https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsica>
- [4] <https://es.wikipedia.org/wiki/Melod%C3%ADa>
- [5] <https://es.wikipedia.org/wiki/Armon%C3%ADa>
- [6] <https://es.wikipedia.org/wiki/Ritmo>
- [7] <https://es.wikipedia.org/wiki/Pentagrama>
- [8] <https://es.wikipedia.org/wiki/Tablatura>
- [9] <https://es.wikipedia.org/wiki/Guitarra>
- [10] <http://elclubdelautodidacta.es/wp/2011/12/construccion-de-acordes-1/>
- [11] <https://education.lego.com/en-au/learn/middle-school/mindstorms-ev3/teaching-resources/software/tablet-app>
- [12] [https://es.wikipedia.org/wiki/Lego\\_Mindstorms](https://es.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms)
- [13] <https://www.youtube.com/watch?v=cXgB3llvPHI>

Artículo Recibido: 11-09-2016

Artículo Aceptado: 24-10-2016

## ILUMINATE

## REVISTA DE INVESTIGACION DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

### UNIVERSIDAD LA SALLE EN BOLIVIA

#### Misión

Nuestra Misión es publicar, divulgar trabajos de investigación generados en el ámbito académico de Las Ciencias de la Computación a nivel nacional e internacional, elaborado principalmente por estudiantes e investigadores para aportar a la producción científica de nuestra universidad y de nuestro país.

#### Política Editorial

Illuminate, es una publicación editada por la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad La Salle de Bolivia, con frecuencia de publicación anual, busca divulgar trabajos de investigación del área de las ciencias de la computación generados en el ambiente Universitario por estudiantes y en entornos colaborativos con otras universidades. Se reciben contribuciones en español e inglés. El Artículo candidato a publicación debe cumplir con las normas que aparecen en las instrucciones para los autores. Luego de su recepción, el artículo se somete a evaluación por pares, los que recomiendan su aceptación o rechazo.

La revista solicita a los autores con preferencia remitir artículos originales u originales cortos, artículos inéditos en español o inglés con carácter científico, que serán valorados por el comité editor.

La revista se divulga en forma impresa y electrónica, esta última para ampliar el espectro de difusión, nos interesa que profesionales, pequeñas, medianas y grandes empresas, organismos, tomadores de decisiones, otros investigadores, docentes y estudiantes universitarios, puedan acceder a sus páginas y establecer referencias para potenciar el desarrollo local y regional.