

Aprendizaje significativo: El caso de la computación, la matemática y la música

Rosaura PALMA-OROZCO

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Cómputo
Ciudad de México, CDMX 07738, México

Edgar GARCÍA-LEYVA

Estudiante de la Maestría en Ciencias en Sistemas Computacionales Móviles de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación,
Escuela Superior de Cómputo- Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, CDMX 07738, México

Elena F. RUIZ-LEDESMA

Departamento de Formación Básica, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo
Ciudad de México, CDMX 07738, México

RESUMEN

En el presente artículo se describe un caso de estudio de carácter multidisciplinario, lo que le permitió a un Ingeniero en Sistemas Computacionales entrelazar sus conocimientos de la carrera con los aprendidos en la música, para construir una aplicación móvil que le ayude al guitarrista a ejecutar melodías emulando sonidos de otros instrumentos musicales. En el campo de la educación se corrobora el hecho de que el aprendizaje es significativo cuando logra ser aplicado en una o más áreas del conocimiento. Por lo que el objetivo del estudio fue documentar mediante el establecimiento de redes conceptuales, la forma en que el ingeniero logró adquirir un aprendizaje de este tipo al aplicar los conocimientos de tres diferentes áreas: Computación, Matemáticas y Música.

Palabras clave: Música, emulador de sonidos, Sistemas Computacionales, redes conceptuales.

1. INTRODUCCIÓN

Es bueno recordar que la música está presente en cada momento de la vida del infante, ya que ellos cantan, bailan, o dicen frases de canciones en sus juegos, a las horas de comer, e incluso al dormirse con una canción de cuna [1]. Así, la música se transforma en una herramienta de desarrollo de las múltiples cualidades del ser humano, que afecta en los ámbitos afectivos, cognitivos y sociales del individuo, por lo que se transforma en un recurso muy potente para poder interferir positivamente en el desarrollo integral de un niño [2]. En esta línea, Davydov [3], presentó el pensamiento de orden superior, como el pensamiento artístico, moral y legal, lo cual posteriormente es replanteado por Lipman [4], quien dice que el pensamiento de orden superior es el resultado de la interpenetración del pensamiento crítico, creativo y afectivo, ya que el pensamiento y las emociones no se oponen entre sí necesariamente, por ejemplo el afecto es una forma de pensamiento y una forma de emoción, si se puede pensar de forma crítica y creativa, también se puede pensar con afecto. Por este motivo, la empatía permite acrecentar la creatividad y la creatividad se vuelve una de las tres capacidades que influyen significativamente en el desarrollo del área

intelectual, siendo además una de las destrezas esenciales para la evolución humana.

La educación musical a lo largo de los años se ha centrado en los aspectos perceptivos de la música (ser capaz de reconocer audiblemente diferentes instrumentos, ritmos y reglas de armonía); en el conocimiento sobre la música y su contexto; apreciación estética; y la aplicación de habilidades a través de recrear o crear música. En general, ha habido menos atención a la comprensión [5]. Desarrollar ideas sobre las formas en que las personas entienden la música tiene implicaciones importantes para el desarrollo del currículum musical en la educación.

La comprensión de la música se puede ver desde una gama de diferentes perspectivas: filosófica, sociológica, psicológica, biológica, neurológica, matemática, musicológica, estética y educativa [6]. Las perspectivas que se emplearon en el desarrollo de la investigación que aquí se reporta son: la matemática, la musicológica y la educativa [7]; debido a que la investigación se centró en el proceso cognitivo implicado en la construcción de una aplicación móvil que permitiera emular sonidos de diferentes instrumentos musicales, al tocar una pieza musical en la guitarra. Para lo cual se entrelazaron conocimientos de matemáticas, de computación y del campo de la música.

Objetivo

El propósito del estudio consistió en poner en práctica conocimientos de tres disciplinas al servicio del desarrollo de una aplicación útil para el guitarrista, lo cual se expresa mediante redes de conceptos.

El artículo se divide en 4 secciones, en esta primera se ha determinado el propósito del trabajo, principalmente; en la segunda se aborda lo referente al Marco teórico, en donde se describen aspectos sobre la teoría del aprendizaje significativo y, lo concerniente a la matemática empleada, así como aspectos musicales y de computación. En la tercera sección se describe la metodología empleada, la cual fue de carácter cualitativa, al describir la forma en que los conceptos de diferentes áreas del conocimiento fueron empleados en la construcción de una aplicación móvil. En la cuarta sección se hace una discusión al comparar las redes conceptuales construidas con el marco teórico presentado. Finalmente se obtuvieron las conclusiones.

2. ASPECTOS TEÓRICOS

Este apartado está compuesto por 4 rubros, a saber: El referente al aprendizaje significativo, el de conocimientos de matemáticas, de computación y de música, mismos que fueron entrelazados y que se da cuenta de ello en el apartado de metodología.

A. Aprendizaje significativo

Ausubel, Novak y Hanesian, especialistas en psicología de la educación, diseñaron la teoría del aprendizaje significativo [8], el primer modelo sistemático de aprendizaje cognitivo, según el cual para aprender es necesario relacionar los nuevos aprendizajes a partir de las ideas previas del alumno. Se aprende por la construcción de redes de conceptos, agregándoles nuevos conceptos [9]. Un segundo aspecto, igualmente importante, lo enuncian los mismos autores cuando afirman que “el mismo proceso de adquirir información produce una modificación tanto en la información adquirida como en el aspecto específico de la estructura cognoscitiva con la cual aquella está vinculada”. En consecuencia, para aprender significativamente el nuevo conocimiento debe interactuar con la estructura de conocimiento existente. En esta línea, Ausubel plantea que el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información, entendiéndose por *estructura cognitiva*, al conjunto de conceptos e ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización. Lo crucial pues no es cómo se presenta la información, sino como la nueva información se integra en la estructura de conocimiento existente.

Los aprendizajes adquiridos de forma significativa forman parte de la memoria a largo plazo ya que no sólo se aprendieron de forma mecánica a través de la repetición, sino que forman parte de la propia persona a través de la propia vivencia del individuo. Desde esta consideración, en el proceso de orientación del aprendizaje, es de vital importancia conocer la estructura cognitiva del alumno; no sólo se trata de saber la cantidad de información que posee, sino cuales son los conceptos y proposiciones que maneja, así como de su grado de estabilidad. Los principios de aprendizaje propuestos por Ausubel, ofrecen el marco para el diseño de herramientas metacognitivas que permiten conocer la organización de la estructura cognitiva del educando, lo cual permitirá una mejor orientación de la labor educativa. Ésta ya no se verá como una labor que deba desarrollarse con *mentes en blanco* o que el aprendizaje de los alumnos comience de *cero*, pues no es así, sino que, los educandos tienen una serie de experiencias y conocimientos que afectan su aprendizaje y pueden ser aprovechados para su beneficio.

Para el caso del estudio que se muestra en el presente artículo y tomando en consideración esta teoría de Aprendizaje, se hace imprescindible presentar, en los rubros siguientes, los conceptos requeridos de cada área (matemáticas, computación y música) y mostrar las redes de conceptos que fueron desarrolladas por el ingeniero en sistemas, para llegar a la construcción de la aplicación móvil.

B. Aspectos musicales requeridos

Para la construcción del emulador de sonidos musicales, es decir del instrumento que permite transformar los sonidos de un instrumento como la guitarra en sonidos producidos por otro instrumento, como piano o violín, se requirió estudiar la *Interfaz Digital de Instrumentos Musicales* (MIDI), la cual proporciona

un modelo de música de tiempo discreto legible por computadora [10], [11].

C. Aspectos de matemáticas empleados

La Transformada Discreta de Fourier (TDF), es la transformación discreta más importante, utilizada para realizar análisis de Fourier en muchas aplicaciones prácticas [12]. En el procesamiento de señales digitales, la función es cualquier cantidad o señal que varía con el tiempo, como la presión de una onda de sonido, una señal de radio o lecturas diarias de temperatura, muestreadas durante un intervalo de tiempo finito (a menudo definido por una función de ventana) [13]. En el procesamiento de imágenes, las muestras pueden ser los valores de píxeles a lo largo de una fila o columna de una imagen rasterizada. La TDF también se usa para resolver eficientemente ecuaciones diferenciales parciales y para realizar otras operaciones como convoluciones o multiplicar enteros grandes.

La transformada rápida de Fourier (TRF) es un método matemático para la transformación de una función del tiempo en una función de la frecuencia. A veces se describe como la transformación del dominio del tiempo al dominio de frecuencia. Es muy útil para el análisis de los fenómenos dependientes del tiempo.

Se han desarrollado varios algoritmos de la TRF, pero el utilizado para desarrollar la aplicación móvil fue el algoritmo radix 2, lo que significa que debe funcionar en un grupo de muestras cuyo número es una potencia de dos [14].

D. Aspectos de computación

Android es un sistema operativo diseñado para ser utilizado por dispositivos móviles. Las aplicaciones móviles para este sistema operativo son desarrolladas principalmente en el lenguaje de programación Java con el Android Software Development Kit (Android SDK), existiendo otras alternativas como Kotlin, el cual corre sobre la Java Virtual Machine (JVM). Se puede incluso desarrollar nativamente en C o C++ con el Android Native Development Kit (Android NDK).

Debido a la gran demanda que tiene hoy en día este sistema operativo y a su factible adquisición, se decidió trabajar con él para desarrollar la aplicación móvil de emulación de sonidos musicales, utilizando como lenguaje de programación Java y siguiendo el modelo de desarrollo de software incremental.

3. METODOLOGÍA

En este apartado se muestra el establecimiento de las redes conceptuales requeridas para la construcción de la aplicación móvil. También se hace una breve descripción del uso de dicha aplicación.

El proceso seguido para la construcción de la aplicación móvil que permitiera emular sonidos monofónicos de diferentes instrumentos musicales se ha dividido en tres acciones:

- 1) Reconocimiento de frecuencias generadas por la guitarra.
- 2) Conversión de las frecuencias generadas por la guitarra a notas MIDI.
- 3) Ejecución de sonidos monofónicos de instrumentos musicales con base en las notas MIDI obtenidas.

En los diagramas de las Figuras 1, 2 y 3, se exponen los conocimientos requeridos para llevar a cabo cada una de estas acciones.

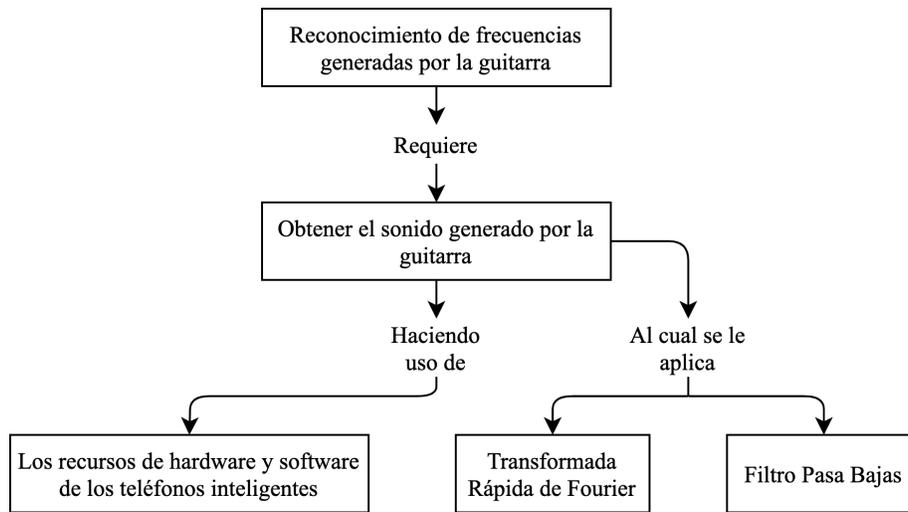


Figura 1. Reconocimiento de frecuencias generadas por la guitarra

Para reconocer las frecuencias en Hertz generadas por la guitarra, se muestreo el sonido generado por la guitarra mediante programación haciendo uso del micrófono del teléfono inteligente y a los datos obtenidos se les aplicó un algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier y un filtro pasa bajas.

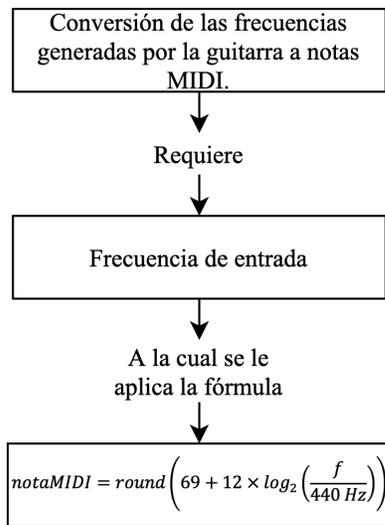


Figura 2. Conversión de las frecuencias generadas por la guitarra a notas MIDI

A la frecuencia obtenida se la aplicó una fórmula de conversión a nota MIDI, para que las frecuencias generadas por la guitarra quedaran discretizadas en un rango numérico de 0 a 127, donde cada número corresponde a una nota musical.

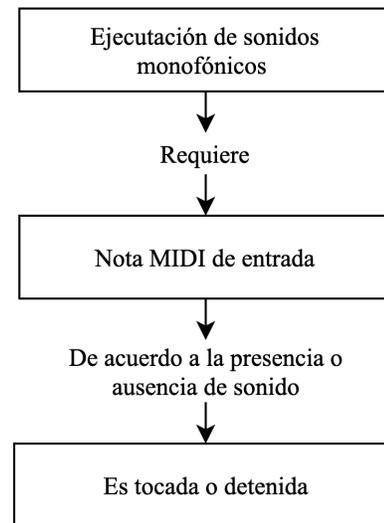


Figura 3. Ejecución de sonidos monofónicos

Para ejecutar los sonidos monofónicos de instrumentos musicales se usaron los recursos MIDI que incorpora el Kit de Desarrollo de Java. Cuando se detectaba la presencia de sonido se tocaba la nota MIDI correspondiente al instrumento musical que se deseaba emular, y cuando se detectaba ausencia de sonido, la nota MIDI se detenía.

4. DISCUSIÓN

Es importante señalar que el aprendizaje musical es un proceso sumamente complejo, que exige el desarrollo de habilidades específicas: auditivas, de ejecución y de creación en tiempo real o diferido. A la vez, se apoya en la asimilación de contenidos –

conceptos, hechos, proposiciones, sistemas teóricos– y el fomento de actitudes, propios de cada praxis musical.

Reducir el currículum al conocimiento declarativo va contra toda la investigación científica, ya que saber música implica, más que hablar sobre ella, poder cantar o tocar, discriminar auditivamente y crear música.

Es por lo anterior que los conocimientos de música que el Ingeniero en Sistemas empleó en la construcción de la aplicación móvil (que permitía emular sonidos de diferentes instrumentos, a partir de un solo instrumento, que fue la guitarra), fueron el resultado de un aprendizaje continuo durante un periodo considerable de tiempo. De tal forma que estos conocimientos (sonidos, monofonía, frecuencia, notas MIDI), combinados con los adquiridos en el área de matemáticas (algoritmo, Transformada Rápida de Fourier y lo correspondiente al Cálculo que hay detrás, como derivadas, integrales, límites de funciones, sucesiones y series, propiedades y características), además de los correspondientes a computación (hardware, software, teléfonos inteligentes y sus componentes, lenguajes de programación como Java); fueron entrelazados logrando armar redes conceptuales, siendo éstas una representación gráfica del aprendizaje significativo que logró alcanzar el Ingeniero en Sistemas.

Centrándose un poco en la importancia de la Transformada Discreta de Fourier y en la TRF, y de acuerdo a lo señalado en el marco teórico, se observa que, al tratarse con una cantidad finita de datos (obtenidos de las frecuencias generadas por los sonidos de la guitarra), tanto la TDF como la TRF pueden implementarse en computadoras mediante algoritmos numéricos o incluso hardware dedicado.

5. CONCLUSIONES

Para que el ingeniero en sistemas pudiera llegar al establecimiento de las relaciones y resaltar que la transformada rápida es su implementación en hardware, ya sea en computadoras, dispositivos móviles u otros. Y debido a que estos últimos son discretos en su funcionamiento, tuvo que entender que la suma se interpreta como un caso discreto de la integral, y de esta manera es como se logró su implementación.

Además, para la fórmula que se empleó y se muestra en el diagrama 2, se llevó a cabo un escalamiento de las frecuencias al formato MIDI, es decir, es parte de la digitalización que se llevó a cabo al emplear conocimientos matemáticos y musicales para la implementación computacional, pues es una relación de transformación. De esta forma se corroboró que el aprendizaje del Ingeniero fue significativo.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores del artículo agradecemos al Instituto Politécnico Nacional, a la ESCOM, SIP, COFAA y EDD, el apoyo brindado para la participación en el congreso

7. REFERENCIAS.

- [1] B. Andrade. *Sobre la educación artística de los niños en la edad temprana y preescolar*. La Habana, Cuba: Centro de Referencia Latinoamericano para la Educación Preescolar, 2009.
- [2] R. Angel, S. Camus, y C. Mansilla. Plan de Apoyo técnico musical dirigido a los profesores de Educación General Básica, principalmente en NB1 y NB2. *Tesis de Pregrado*. Universidad de Playa Ancha. Valparaíso, 2008.
- [3] V. Davydov. "The mental development of younger school children in the process of learning activity". *Soviet Education*, 1998, 30 (9), 48- 83.
- [4] M. Lipman. *Natasha: aprender a pensar con Vygotsky*. Barcelona: Gedisa S.A, 2008.
- [5] Bronckart, J. *Piaget y Vygotsky ante el siglo XXI, referentes de la actualidad: El problema de la conciencia como un analizador de las epistemologías de Vygotsky y de Piaget*. Barcelona: Horsori, 2000.
- [6] P. Lehmann, P. (1993). *Panorama de la Educación Musical en el mundo: La Educación Musical frente al futuro*. (1° ed., pp. 13- 23). Buenos Aires: Guadalupe.
- [7] M. Matlin. (1996). *Sensación y Percepción*. Ciudad de México: Pearson.
- [8] D. P. Ausubel, J. D. Novak & H. Hanesian. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México, Editorial Trillas Traducción al español, de Mario Sandoval P., de la segunda edición de Educational psychology: a cognitive view, 1983.
- [9] M. A. Moreira. Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. Trabajo presentado en la conferencia internacional "Science and Mathematics Education for the 21 st Century: Towards Innovatory Approaches, Concepción, Chile, 26 de septiembre al 1° de octubre, 1994.
- [10] J. Jamrich P. J., & Oja, D. *New Perspectives on Computer Concepts 2011*. United States of America: Course Technology, 2011
- [11] P. Blanchard D. & Volchenkov *Random Walks and Diffusions on Graphs and Databases An Introduction*. Germany: SpringerLindley, 2011.
- [12] S. Massar, P. Spindel. "Uncertainty Relation for the Discrete Fourier Transform". *Physical Review Letters*. 100 (19), 2008.
- [13] M. Sahidullah, S. Goutam (Feb 2013). "A Novel Windowing Technique for Efficient Computation of MFCC for Speaker Recognition". *IEEE Signal Processing Letters*. 20 (2): 149–152.
- [14] C. Lindley. *Digital Audio with Java*. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2000.