

# ENSEÑANZA-APRENDIZAJE MÚSICO-MATEMÁTICO UTILIZANDO ROBÓTICA EDUCATIVA

## MUSIC-MATHEMATICAL TEACHING-LEARNING USING EDUCATIONAL ROBOTICS

---

### **María Francisca Torrejón Marín**

Profesora asociada del Departamento de Educación y Didácticas Específicas, área Didáctica de la Matemática, de la Universidad Jaume I de Castellón, España y Profesora colaboradora de la Universidad Internacional de Valencia, España.

Directora y profesora de la Escuela de Música de la Sociedad Musical de Segorbe (Castellón), España.  
Doctoranda en Educación en la Universidad de Valencia, España.

E-mail: [mtorrejo@uji.es](mailto:mtorrejo@uji.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2019-8267>

### **Noelia Ventura-Campos**

Profesora Ayudante Doctor del Departamento de Educación y Didácticas Específicas, área Didáctica de la Matemática, de la Universidad Jaume I de Castellón, España.

Miembro del grupo de Neuropsicología y Neuroimagen Funcional y del Grupo de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Jaume I de Castellón, España.

E-mail: [venturan@uji.es](mailto:venturan@uji.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0443-8048>

**Recepción:** 21/12/2018 **Aceptación:** 15/01/2019 **Publicación:** 30/09/2019

#### **Citación sugerida:**

Torrejón Marín, M. F. y Ventura-Campos, N. (2019). Enseñanza-aprendizaje músico-matemático utilizando robótica educativa. *3C TIC. Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 8(3), 12-37. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctic.2019.83.12-37>

## RESUMEN

El presente proyecto combina las áreas de matemáticas y música a través de la robótica educativa, proponiendo una metodología diferente para aprender música utilizando nuevas tecnologías.

En la intervención se utilizan los robots Bee-Bots, los cuales son unos robots educativos indicados para el trabajo con alumnos/as de 3 a 7 años. Los Bee-Bots son programados por el alumnado para que se desplacen por unos tableros que hemos creado y adaptado para trabajar los contenidos musicales propuestos. Estos tableros forman parte de una de las innovaciones de este proyecto, ya que se han creado para enlazar y aunar el pensamiento lógico-matemático con la enseñanza-aprendizaje musical.

Para acercar la robótica a nuestro alumnado se han realizado varias sesiones divididas en 3 fases. Éstas son: familiarización y manejo de los robots; desplazamiento de los robots por un camino marcado para la resolución de problemas propuestos; y toma de decisiones del alumnado para el desplazamiento del robot, sin un camino marcado (Diago y Arnau, 2017).

Además, para facilitar los caminos, se han utilizado las cajas de secuenciación con las tarjetas de comandos para observar las estrategias utilizadas por el alumnado en la resolución de problemas, e implementar el método Polya (1945).

Como conclusiones podemos decir que esta metodología parece mejorar el aprendizaje de los conceptos musicales trabajados, desarrollar el pensamiento lógico-matemático, y aumentar la motivación de nuestro alumnado.

## PALABRAS CLAVE

Proyecto interdisciplinar, Robótica educativa, Enseñanza-aprendizaje músico-matemático, Pensamiento lógico, Resolución de problemas.

## ABSTRACT

*The present project combines the areas of mathematics and music through educational robotics, proposing a different methodology to learn music using new technologies.*

*Bee-Bots robots are used in the intervention, which are educational robots indicated for working with students from 3 to 7 years old. The Bee-Bots are programmed by the students to move through some boards that we have created and adapted to work on the proposed musical contents. These boards are part of one of the innovations of this project, since they have been created to link and combine logical-mathematical thinking with musical teaching-learning*

*To bring robotics closer to our students, several sessions have been divided into 3 phases. These are: familiarization and management of the robots; displacement of the robots along a marked path for the resolution of proposed problems; and student decision-making for the robot's displacement, without a marked path (Diago & Arnau, 2017).*

*In addition, to facilitate the roads, the sequencing boxes with the command cards have been used to observe the strategies used by the students in the resolution of problems, and to implement the Polya method (1945).*

*As conclusions we can say that this methodology seems to improve the learning of the musical concepts studied, develop the logical-mathematical thinking, and increase the motivation of our students.*

## KEYWORDS

*Interdisciplinary project, Educational robotics, Musical-mathematical teaching-learning, Logical thinking, Problem solving*

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio que aquí se plantea pretende aunar las materias escolares de música y matemáticas, utilizando el pensamiento computacional, en el cual la robótica juega un papel importante, como hilo conductor del aprendizaje musical.

Se aborda la educación en las etapas escolares iniciales mediante una investigación interdisciplinar entre matemáticas y música. La robótica educativa sirve para conectarlas, provocando un aprendizaje integrador y significativo para el alumnado.

La robótica educativa sirve para conectar las etapas escolares iniciales, provocando un aprendizaje integrador y significativo para el alumnado.

En estos últimos años podemos encontrar varias investigaciones en las que se utiliza la robótica educativa - o robótica pedagógica - para implementar en el aula una nueva metodología innovadora que hace uso de ella.

Los estudios de robótica actuales reafirman la idea de utilizar la robótica educativa con el alumnado de edades tempranas (Alsina y Acosta, 2018; Diago, Arnau y González-Calero, 2018a y 2018b). En ellos observamos cómo es posible la utilización de robots en edades tempranas, y los beneficios que ello conlleva.

En este proyecto creemos que es necesario y favorable implementar el uso de la robótica para la enseñanza docente, y queremos comprobar si favorecerá al aprendizaje de la música de los niños y niñas y cómo afectará al desarrollo del pensamiento computacional. En este sentido Alsina y Acosta (2018) indican que “la escuela debe aportar un papel crucial en la vinculación de propuestas curriculares enmarcadas en contextos de enseñanza-aprendizaje que favorezcan el desarrollo del pensamiento computacional” (p.223).

Un ejemplo de robots educativos para edades tempranas que podemos encontrar en el mercado lo recoge un artículo de da Silva y González (2017). En él se muestra y se describe una amplia gama de robots que se pueden utilizar en un aula de educación infantil con carácter educativo como son: Kibo Robot,

Bee-Bot, Blue-Bot, Roamer, Probot, Cubetto, Cube a pillar, Tangibot, Root y Square. Además defiende el uso de la robótica educativa relacionándola con los conocimientos STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics), los cuales se deben incluir en los primeros niveles educativos para que, entre otras cosas, los niños y las niñas se familiaricen con el mundo actual que les rodea. Es por ello, que la utilización de la robótica educativa en las primeras edades es un buen instrumento para que el alumnado se familiarice con estos conocimientos.

En esta línea de aprendizaje, la utilización de la robótica educativa y su programación permitirá que el alumnado también llegue a desarrollar el conocido como pensamiento computacional, que según definen Basogaim, Olave y Olave (2015), es una metodología que permite a las personas resolver con eficacia y éxito los problemas propuestos, muchos de ellos relacionados con la vida, en contra de la idea que algunos creen de relacionar pensamiento computacional con la ingeniería informática.

Enlazando el pensamiento computacional y la programación con la robótica, Valverde, Fernández y Garrido (2015) nos cuenta cómo tienen que ser los sistemas educativos, los cuales “no necesitan más contenidos sino, esencialmente, entornos flexibles que permitan desarrollar las capacidades de autoaprendizaje, creatividad, autonomía, iniciativa y expresión multilenguaje” (p.3). Un entorno el cual nuestro estudio lo proporciona al utilizar la robótica educativa para la enseñanza-aprendizaje interdisciplinar de las matemáticas y la música.

A partir de esa idea principal, en los últimos años ha surgido un movimiento educativo a nivel internacional que introduce el pensamiento computacional, la programación y la robótica en las escuelas, siendo los primeros pasos materializados por Seymour Papert (1995). Su proyecto educativo formado por las ideas de Dewey, Piaget o Vigotsky fue uno de lo que introdujo la informática en las aulas, en la década de los ochenta del siglo XX (Valverde, *et al.*, 2015).

Este nuevo uso de la robótica en las aulas despierta en la mayoría de las ocasiones la motivación e interés de los alumnos y alumnas sobre algunos contenidos de diferentes asignaturas, y puede facilitar la comprensión de diversos conceptos y fenómenos. De entre todas las metodologías, la robótica educativa nos aporta un objetivo distinto en el ambiente de aprendizaje, que es el convertir el aula en un laboratorio de exploración y experimentación constante, donde el alumnado se pregunte el cómo y el porqué de las cosas de su entorno (Bravo y Forero, 2012). Siguiendo esta filosofía de enseñanza-aprendizaje, Moreno,

Muñoz, Serracín, Quintero, Pittí y Quiel (2012), argumentan que la robótica educativa mejora la atención del estudiante y la productividad del docente, al ser utilizada como una herramienta adicional para la docencia.

Por otro lado, indicar que el simple hecho de incluir la robótica educativa en el aula no aporta un aprendizaje automático del concepto musical o matemático, sino que es necesaria una metodología apropiada, donde las actividades guiadas junto con la interacción constante con el robot consigan aportar un aprendizaje significativo al alumnado. Por tanto, una de las metodologías favorables para conseguir este fin es la basada en proyectos, en la que el alumnado puede ser protagonista de su aprendizaje, mediante la manipulación, experimentación y descubrimiento (Alsina y Acosta, 2018). Además, es importante que el niño y la niña sea capaz de desarrollar técnicas heurísticas y aplicarlas para poder resolver un determinado problema planteado en una actividad, y no centrar la medida de aprendizaje en si el alumnado ha desarrollado o no la competencia digital (Diago, *et al.*, 2018a).

Incluir la robótica educativa en el aula no aporta un aprendizaje automático del concepto musical o matemático, sino que es necesaria una metodología apropiada.

Según las experiencias de aula de Diago, *et al.* (2018b), “el diseño de secuencias de enseñanza basadas en el uso de robots programables permite iniciar el aprendizaje de la resolución de problemas desde este enfoque tecnológico” (p.38). Se demuestra que esta introducción de nuevos entornos tecnológicos en las primeras edades de Educación Infantil junto con las tareas propuestas les inicia en la resolución de problemas matemáticos, ya que tienen que trabajar la toma de decisiones así como el uso de heurísticas utilizando estructuras básicas de programación.

Para acercar la robótica educativa a los alumnos y alumnas es necesario seguir una progresión para que asimilen bien todo lo que están aprendiendo. La secuencia recomendada por Diago y Arnau (2017) se divide en tres fases de acercamiento con el alumnado, donde en la primera fase se trabaja el descubrimiento de los robots, en una segunda fase se trabaja el desplazamiento por un camino marcado para culminar en una tercera fase donde es el alumnado el que decide el camino que debe recorrer el robot. Además, el uso de cajas de secuencias permiten analizar la producción de los caminos de los niños

y las niñas, así como las dificultades que estos experimentan al resolver el problema (Diago y Arnau, 2017).

El diseño de las secuencias de aprendizaje permite observar el desarrollo de las heurísticas utilizadas por el alumnado en la resolución de problemas mediante la robótica. Este diseño conlleva el realizar una serie de pasos para llegar a la solución del problema los cuales se pueden explicar a través de las fases de Polya (1945). Las fases establecidas por Polya para la resolución de problemas son: entender el problema, elaborar un plan, ejecutar el plan, y examinar la solución. Estos pasos son necesarios en el proceso de enseñanza-aprendizaje porque establecen un orden de resolución y crean una estructura para que las acciones realizadas se conviertan en acciones involuntarias que faciliten las construcciones mentales del alumnado.

Aunando la educación, la robótica, el pensamiento computacional, la programación, las matemáticas y la música, surge el término novedoso de robótica músico-matemática educativa.

Como hemos visto, son varias las investigaciones que encontramos de robótica educativa en edades tempranas y su relación con la parte matemática de esta investigación, pero poco, o nada, encontramos de la utilización de la robótica educativa en el ámbito de la música. Es lo que definimos y acuñamos con un concepto inédito: la robótica musicoeducativa. Es cierto que sí hay varias aplicaciones y estudios dedicados a aunar las matemáticas y la música, desde proyectos docentes y actividades singulares hasta libros de lectura como *La música de los números primos*, de Sautoy (2007), pero ninguno de ellos da un paso más y utiliza la robótica para aunar música y matemáticas.

Con todo ello, y aunando la educación, la robótica, el pensamiento computacional, la programación, las matemáticas y la música, surge el término novedoso de robótica músico-matemática educativa. Una idea pionera, en la cual queremos indagar e investigar, para obtener las mejores conclusiones y aportar nuestro granito de arena a la robótica educativa en general.

Los objetivos generales de este estudio son, por un lado, comprobar la influencia de la robótica en el aprendizaje de la música y su motivación para aprenderla con esta nueva metodología y, por otro lado, observar y analizar la heurística en la resolución de problemas en edades tempranas.

## 2. DESARROLLO

La robótica educativa ha sido implementada mediante este estudio como una nueva metodología, pionera en el campo de la educación en una escuela de música. A continuación, se describe la muestra, plan de trabajo y resultados obtenidos, con este proyecto innovador y pionero.

### 2.1. PARTICIPANTES

En este proyecto participaron cuatro alumnos con edades comprendidas entre los 6 y 7 años que asisten regularmente a clases de música en una Escuela de Música.

### 2.2. CONTENIDOS

Los principales conceptos que se trabajaron, teniendo en cuenta la edad de los alumnos fueron:

Música:

- Reconocimiento de las principales figuras musicales.
- Aprendizaje de la duración figuras musicales.
- Duración equivalente de dos o más figuras musicales.
- Asociación de cada valor numérico con las figuras de duración equivalente.

Matemáticas:

- Lenguajes de programación sencillos para resolución de problemas.
- Pensamiento lógico-matemático.
- Nociones de orientación espacial, incluyendo el trabajo de trazado y/o recorrido de trayectos y/o laberintos.
- Vocabulario asociado a nociones de orientación espacial.



### 2.3. MATERIALES

El robot elegido para llevar a cabo este estudio es el robot educativo Bee-Bot. Estos robots, dentro de la oferta del mercado pensamos que, son los más adecuados para trabajar el pensamiento computacional en edades tempranas de manera progresiva y adecuada.

El Bee-Bot dispone de unos botones en la parte superior para su programación. Estos botones dan instrucciones delante, detrás, giro 90° a la derecha, giro de 90° a la izquierda, pausa, borrado de órdenes, y el botón GO de inicio de la marcha (Figura 1).



**Figura 1.** Robot Bee-Bot. **Fuente:** elaboración propia.

Además de los robots Bee-Bots necesitábamos otros materiales con los que complementar las actividades, como es el caso de los tableros por donde se mueve el robot Bee-Bot. Los citados tableros son únicos y especiales, destinados a trabajar la música.

El tablero que se utilizó en este estudio fue creado para el trabajo de la duración de las figuras musicales. Era un tablero blanco plastificado con una cuadrícula de 15 x 15 cm, compuesto por 4 columnas y 5 filas.

Se pretendía que los alumnos unieran cada figura musical con su valor de la duración o que encontraran una figura o figuras con duración equivalente.

Las tarjetas de valores numéricos que se utilizaron fueron, 4, 3, 2, 1, y medio, mientras que las tarjetas de figuras musicales fueron: la redonda, blanca con puntillo, blanca, dos negras ligadas, negra, dos corcheas y corchea, todas ellas trabajadas en el curso. Éstas tenían unas dimensiones de 15 x 15 cm. Se plastificaron y se pegaron mediante cinta de doble cara al tablero. (Ver Figura 2).

También se utilizaron las tarjetas de comandos y las cajas de secuencias para idear el plan de resolución. Las tarjetas de comandos llevaban incorporadas las imágenes de los botones que lleva el robot en la parte superior, para que así los alumnos y alumnas escogieran la tarjeta que representaba el botón que deberían pulsar posteriormente.

La caja de secuenciación es un tablero de una sola fila y diez casillas donde los alumnos iban colocando las tarjetas de comandos por orden según las instrucciones que querían dar al robot y una vez colocadas todas las tarjetas de comandos, debían usarlas como el plan elaborado para programar el Bee-Bot. Esta caja de secuenciación servía para observar cuales eran las estrategias/plan que elaboraba el alumnado antes de la ejecución de la programación con el fin de resolver el problema planteado.

En la Figura 2 se puede observar tanto el tablero, como la caja de secuenciación y las tarjetas de comandos que hay sobre ella:



**Figura 2.** Vista del tablero y de la caja de secuenciación. **Fuente:** elaboración propia.

## 2.4. PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo consistió en realizar varias sesiones divididas y enmarcadas en 3 fases, donde en cada fase nos fijábamos y establecíamos unos objetivos concretos.

La **primera fase** fue la de familiarización, en la que los alumnos estuvieron aprendiendo a utilizar el robot. En ella les explicamos todos los botones de comandos que lleva el Bee-Bot, haciendo uso con un ejemplo de todos ellos. Después les enseñamos las tarjetas de comandos para que vieran que contenían los mismos símbolos y órdenes que los botones del robot y posteriormente les presentamos la caja de secuenciación y les explicamos cómo utilizarla.

La **segunda fase** consistió en el desplazamiento de los robots por un camino marcado o más bien, establecido previamente por el alumnado, utilizando el tablero. Les colocábamos el robot en una casilla del tablero creado para ello e individualmente, les proponíamos el reto de que emparejaran figuras musicales de igual duración, y cuando lo hacían visualizábamos y verbalizábamos el camino por el que tenía que desplazarse el robot. Marcábamos el trazado del camino con el dedo para que quedara claro cuál era el trayecto y se centraran en la tarea de resolución del problema.

Y en la **tercera fase** se trabajó la toma de decisiones del alumnado para la resolución del desplazamiento del robot, sin un camino marcado. Para trabajar cada actividad emparejamos al alumnado de dos en dos, y tenían que resolver las actividades por parejas. Eran ellos los que decidían dónde colocaban el robot para que la otra pareja realizara la actividad y por dónde se tenía que mover.

El plan de resolución que se aplicaba en todas y cada una de las fases consistía en que los alumnos tenían que verbalizar cuál era el camino elegido y los comandos u órdenes que le darían a la Bee-Bot para hacer el recorrido. Tenían que verbalizar cada paso y colocar la tarjeta correspondiente con el símbolo del comando adecuado en la caja de secuencias, de este modo elaboraban el plan para la resolución del camino.

Cuando ya tenían acabada la caja de secuenciación con todos los comandos puestos, pasábamos a pulsar los botones de la Bee-Bot para ejecutar el plan. Observábamos qué hacía el robot y si llegaba al lugar deseado pasábamos a la siguiente actividad, pero si no llegaba al lugar deseado pensábamos qué había pasado. Y, podía haber pasado dos cosas, o que nos hubiésemos equivocado en la elección de las tarjetas

de comandos y estuviese mal la secuencia, o que nos hubiésemos equivocado al pulsar los botones del robot, haciendo una lectura errónea de las tarjetas de comandos. Después de analizar el error, lo subsanábamos y volvíamos a ejecutar las órdenes.

En la Figura 3 se observa cómo era el tablero y cómo los alumnos y alumnas debatían la toma de decisiones de los botones que pulsar.



**Figura 3.** Funcionamiento del Bee-Bot en el tablero. **Fuente:** elaboración propia.

A continuación, en las Tablas 1, 2 y 3 se puede observar la secuencia de comandos utilizados por los participantes y un breve resumen del desarrollo de las actividades de cada fase.

**Tabla 1.** Actividades de la Fase 1.

ACTIVIDADES FASE 1 – DESCRIPCIÓN -

ACTIVIDAD 1



Secuencia de comandos Actividad 1 - Fase 1.

El Bee-Bot tenía que partir de una casilla con el número 2 y llegar hasta una blanca.

ACTIVIDAD 2



Secuencia de comandos Actividad 2 – Fase 1.

El robot tenía que partir de una casilla a con el número 4 y llegar hasta una redonda.

ACTIVIDAD 3



Secuencia de comandos Actividad 3 – Fase 1.

Para la siguiente actividad se aumentó un poco el nivel de dificultad, teniendo que ir el robot a dos lugares. El Bee-Bot partía del número 1 y tenía que llegar primero a la figura de dos corcheas y después a la de una negra.

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 2.** Actividades de la Fase 2.

ACTIVIDADES FASE 2 – DESCRIPCIÓN –

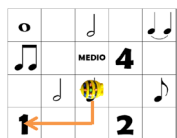
ACTIVIDAD 1



Secuencia de comandos Actividad 1 – Fase 2.

En la primera actividad el robot tenía que ir de la casilla con el número 2 a la blanca.

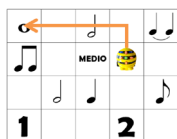
ACTIVIDAD 2



Secuencia de comandos Actividad 2 – Fase 2.

El robot tenía que partir de la casilla con la negra y llegar hasta el número 1.

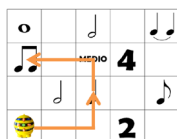
ACTIVIDAD 3



Secuencia de comandos Actividad 3 – Fase 2.

En esta actividad el robot tenía que ir de la casilla con el número 4 a la redonda.

ACTIVIDAD 4



Secuencia de comandos Actividad 4 – Fase 2.

Para esta actividad el robot tenía que ir a dos lugares. Partiendo de la casilla con el número 1 tenía que llegar primero a la negra y posteriormente a las dos corcheas.

ACTIVIDAD 5



Secuencia de comandos Actividad 5 – Fase 2.

El Bee-Bot en esta actividad tenía que ir también a dos lugares. Partiendo de la casilla con el número 2, tenía que ir a la blanca y después a las dos negras ligadas.

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 3.** Actividades de la Fase 3.

ACTIVIDADES FASE 3 – DESCRIPCIÓN -

ACTIVIDAD 1



Secuencia de comandos Actividad 1 – Fase 3

En la primera actividad el robot tenía que ir de la casilla con el número 1 a la negra.

ACTIVIDAD 2



Secuencia de comandos Actividad 2 – Fase 3

El robot tenía que ir de la casilla con la palabra “medio” a la corchea.

ACTIVIDAD 3



Secuencia de comandos Actividad 3 – Fase 3.

Para la siguiente actividad el Bee-Bot tenía que ir de la casilla del número 2 a las dos negras ligadas.

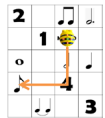
ACTIVIDAD 4



Secuencia de comandos Actividad 4 – Fase 3.

En esta actividad los alumnos tenían que programar el robot para que fuera desde la casilla del número 3 hasta la blanca con puntillo.

ACTIVIDAD 5



Secuencia de comandos Actividad 5 – Fase 3.

El robot tenía que ir de la casilla con la palabra “medio” a la corchea, pero colocado en diferente posición que la actividad 2.

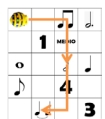
ACTIVIDAD 6



Secuencia de comandos Actividad 6 – Fase 3.

El robot tenía que ir de la casilla de las dos negras ligadas al número 2.

ACTIVIDAD 7



Secuencia de comandos Actividad 7 – Fase 3.

Para la última actividad el robot tenía que ir a dos lugares. Partiendo de la casilla del número 2, primero tenía que ir a la blanca y después a las dos negras ligadas.

Fuente: elaboración propia.

## 2.5. RESULTADOS

En las siguientes tablas (Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6) se muestran los resultados obtenidos en cada actividad de cada una de las fases.

**Tabla 4.** Resultados de las Actividades de la Fase 1.

ACTIVIDADES FASE 1

ACTIVIDAD 1



Secuencia de comandos Actividad 1 - Fase 1.

Los alumnos tenían un poco de duda al realizar el giro hacia la izquierda, pero con la tarjeta superpuesta por encima del camino, tuvieron claro cuál era el lado al que girar. Cuando el robot llegó al objetivo que se había marcado, aplaudieron.

ACTIVIDAD 2



Secuencia de comandos Actividad 2 – Fase 1.

En esta actividad los alumnos verbalizaron los comandos que tenía que apretar y un alumno contaba con los dedos los pasos del robot. Cuando el robot llegó al objetivo marcado, se alegraron, aplaudieron y hasta incluso dijeron "¡Bravo!".

ACTIVIDAD 3



Secuencia de comandos Actividad 3 – Fase 1.

La siguiente actividad volvió a aumentar el nivel de dificultad porque tenían que hacer dos giros en el camino marcado del robot y el robot no llegó al objetivo marcado porque no marcaron bien los comandos de la secuencia. Otro fallo cometido fue que el segundo giro lo hicieron hacia la derecha. Se escucharon frases como: "Si hemos hecho 4...", "¿qué has hecho?", "lo has hecho mal"...pero ninguna provocó un ambiente de riña y entre todos intentamos solucionarlo. Volvimos a analizar la caja de secuenciación para detectar los errores y así corregimos el giro y volvimos a ejecutar las órdenes.

**Fuente:** elaboración propia.



**Tabla 5.** Resultados de las Actividades de la Fase 2.

ACTIVIDADES FASE 2

ACTIVIDAD 1



Secuencia de comandos Actividad 1 – Fase 2.

En la primera actividad se les olvidó poner la tarjeta del botón GO, pero consiguieron rápidamente el objetivo y sin dificultad. Estaban muy atentos y aplaudieron al acabar.

ACTIVIDAD 2



Secuencia de comandos Actividad 2 – Fase 2.

Un alumno se equivocó y solo colocó un giro, por lo que el robot no se dirigió hacia la dirección que él quería. También dudó un poco cuál botón del robot debía apretar en el giro. Le dimos la oportunidad a otro alumno y se equivocó en la dirección del segundo giro, y comentó “era al revés”. Observamos qué había pasado, colocamos la tarjeta del giro correcto y el robot llegó donde querían.

ACTIVIDAD 3



Secuencia de comandos Actividad 3 – Fase 2.

Para la siguiente actividad la secuencia de los comandos fue un poco más complicada por la posición en la que se encontraba el robot. Un alumno se equivocó al darle al botón del giro a izquierda y el robot se fue para la otra dirección. Los otros compañeros estaban muy atentos. Otro compañero intentó ver cuál había sido el fallo, modificarlo y solucionar el problema. Decidió coger una de las tarjetas del giro y ponerla al lado del robot para tenerlo más claro. Finalmente se consiguió el objetivo.

## ACTIVIDADES FASE 2

### ACTIVIDAD 4



Secuencia de comandos Actividad 4 – Fase 2.

Para esta actividad se les colocó el robot en una posición más complicada. Entre todos, verbalizaron y sobre el panel iban señalando los movimientos. Cabe destacar que los giros no indicaban si era hacia izquierda o derecha, sino indican “para allá” y especificaban con un gesto a qué lado se referían. Como el robot se encontraba “del revés”, no entendieron bien el giro, y no colocaron los giros bien con las tarjetas de comandos y tuvimos que ayudarles para que consiguieran el objetivo.

### ACTIVIDAD 5



Secuencia de comandos Actividad 5 – Fase 2.

La siguiente actividad era un poco más complicada, ya que progresivamente teníamos que ir ampliando el nivel. Se trataba de que el robot llegara a dos lugares, primero a uno y después a otro. Mediante la verbalización, entre todos, dejamos claro dónde el robot tenía que llegar. Seguidamente los alumnos debatieron a qué figura irían primero y a cuál después. Sobre el panel planificaron, contaron y explicaron los pasos que querían hacer. Finalmente lo consiguieron y cuando llegaron al final aplaudieron.

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 6.** Resultados de las Actividades de la Fase 3.

## ACTIVIDADES FASE 3

### ACTIVIDAD 1



Secuencia de comandos Actividad 1 – Fase 3

En la primera actividad tuvieron muchas dudas en el giro y necesitaban poner el robot encima de las tarjetas de comandos para cerciorarse que esa era la dirección correcta. Al llegar al objetivo todos aplaudieron.

### ACTIVIDADES FASE 3

#### ACTIVIDAD 2



Secuencia de comandos Actividad 2 – Fase 3

En la siguiente actividad se liaron mucho con el giro, y tenían que superponer tarjetas encima del robot para tenerlo claro. Decían “giro para allá...”. Finalmente lo consiguieron.

#### ACTIVIDAD 3



Secuencia de comandos Actividad 3 – Fase 3.

Se aumentó un poco la dificultad de la siguiente actividad al colocar el robot “del revés”. Seguían teniendo dificultades con los giros, aunque lo solucionaron cogiendo el robot y colocándolo en la casilla donde tenía que girar para hacer el movimiento del giro con el robot en la mano.

#### ACTIVIDAD 4



Secuencia de comandos Actividad 4 – Fase 3.

Comparada esta actividad con las últimas, observamos que los alumnos no tuvieron dificultades para resolverla. Utilizando las estrategias que habían ido elaborando en las actividades anteriores, como superponer las tarjetas para realizar los giros, consiguieron resolver el trayecto sin dificultad. Al acabar aplaudieron.

#### ACTIVIDAD 5



Secuencia de comandos Actividad 5 – Fase 3.

Los alumnos estaban mucho más hábiles y el giro no les costó tanto entenderlo, superpusieron el robot en la casilla del giro y enseguida lo tuvieron claro. Además, utilizaron el botón “hacia detrás”.

#### ACTIVIDAD 6



Secuencia de comandos Actividad 6 – Fase 3.

En la siguiente actividad los alumnos no tuvieron muchas dudas en hacer los giros. Utilizaban la estrategia de superponer las tarjetas en encima del robot. Aplaudieron al acabar. Un alumno comentó orgulloso: “¡no hemos fallado ninguna!”.

ACTIVIDADES FASE 3  
ACTIVIDAD 7



Secuencia de comandos Actividad 7 – Fase 3.

Para la última actividad se les propuso una actividad conjunta a los 4, en la que el robot tenía que ir a dos lugares. Entre todos la resolvieron rápidamente, comprobando que los giros ya no eran un problema. Los conceptos musicales y las técnicas visoespaciales estaban adquiridas.
















**Fuente:** elaboración propia.

En cuanto a la motivación de los alumnos y alumnas para aprender música con esta nueva metodología podemos decir que han estado muy motivados en el transcurso de las sesiones. Haciendo un análisis cualitativo podemos decir que el alumnado mostraba su motivación en cada acción que hacían, indicándonos que les gustaba lo que estaban haciendo. Alguno de los ejemplos que nos dan prueba de ello son cuando aplaudían al conseguir un reto, en la atención mostrada mientras les tocaba el turno a sus compañeros, en algún ¡bravo! que decían, en el interés y las ganas que tenían porque les tocara a ellos hacer la actividad o por ejemplo con las palabras que dijo un alumno orgulloso en la última sesión: “no hemos fallado ninguna” (ver Tabla 6). Por todo ello podemos decir que este estudio ha cumplido el objetivo de la motivación en el aprendizaje de la música utilizando esta nueva metodología.

En cuanto a la comprobación de la influencia de la robótica en el aprendizaje de la música, la observación y análisis de la heurística en la resolución de problemas y en qué medida habían entendido los conceptos matemáticos relacionados, vamos a hacer un análisis cuantitativo. Analizaremos de cada actividad su parte de aprendizaje musical y su parte de aprendizaje matemático, otorgando un valor numérico del 1 al 5 para valorar la adquisición los conceptos tanto musicales como matemáticos, siendo 1 poco aprendidos y 5 mucho.

Así pues, la Tabla 7 nos muestra las diferentes puntuaciones obtenidas en cada una de las actividades:

**Tabla 7.** Análisis cuantitativo.

<b>ACTIVIDADES FASE 1</b>	Conceptos musicales	Conceptos matemáticos
ACTIVIDAD 1 	4	4
ACTIVIDAD 2 	4	4
ACTIVIDAD 3 	4	2
<b>ACTIVIDADES FASE 2</b>	Conceptos musicales	Conceptos matemáticos
ACTIVIDAD 1 	5	4
ACTIVIDAD 2 	5	2
ACTIVIDAD 3 	5	3
ACTIVIDAD 4 	4	4
ACTIVIDAD 5 	5	4
<b>ACTIVIDADES FASE 3</b>	Conceptos musicales	Conceptos matemáticos
ACTIVIDAD 1 	4	3
ACTIVIDAD 2 	5	3
ACTIVIDAD 3 	4	4
ACTIVIDAD 4 	5	5
ACTIVIDAD 5 	5	4
ACTIVIDAD 6 	5	5
ACTIVIDAD 7 	5	5

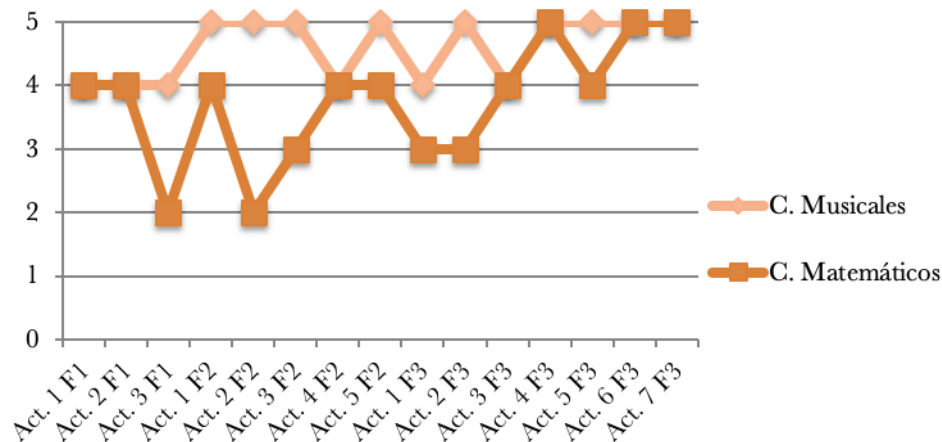
**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados muestran una mejora en la heurística de la resolución de problemas, tal y como se puede observar en la Tabla 7, donde los alumnos y las alumnas van mejorando sus estrategias en el manejo del robot para la resolución del problema dado en cada actividad. Como se puede observar en algunas actividades donde se les puntuaba de 2 a 3 las mayores dificultades estuvieron en los giros. Cabe destacar el alto grado de conocimiento que se llegó en las últimas actividades de la fase 3.

Respecto a los conceptos musicales, como ya los tenían trabajados con anterioridad, la evolución ha sido menor porque los alumnos partían ya de una base de conocimiento de los mismos, pero estos conocimientos fueron consolidados con la robótica educativa como se observa en la puntuación de 5 en las fases 2 y 3.

En consecuencia, podemos decir que tanto el aprendizaje de los conceptos musicales como de los matemáticos ha mejorado con la intervención realizada en este estudio.

La Gráfica 1 nos muestra la evolución de la adquisición de los conceptos musicales y los conceptos matemáticos, donde se puede observar esas fluctuaciones que sufre el aprendizaje de los conceptos matemáticos en función del aumento de la dificultad de las actividades.



**Gráfico 1.** Análisis cuantitativo. **Fuente:** elaboración propia.

### 3. CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados obtenidos podemos decir que éstos han sido más que satisfactorios y en las tres fases se han conseguido los objetivos propuestos. El alumnado ha estado constantemente motivado y ha aprendido y trabajado tanto los conceptos musicales como los matemáticos mediante esta nueva metodología de aprendizaje de música con la robótica educativa.

Así pues, podemos decir que mediante este estudio se trabaja y se implanta una idea pionera, como es la robótica músico-matemática educativa. Por un lado, se siguen las líneas pedagógicas actuales en las que la robótica educativa va adquiriendo presencia en las aulas, y por otro lado se innova utilizando las nuevas tecnologías en las clases y aprovechando todos sus beneficios.

Además, se trata de un estudio interdisciplinar, que combina dos áreas aparentemente lejanas en el mundo educativo, como son la música y las matemáticas, pero muy cercanas en cuanto a conceptos. Los alumnos y alumnas están en continuo trabajo y desarrollo de las dos áreas, sin ser conscientes de cuándo están trabajando una u otra, ya que el aprendizaje de ambas simultáneamente es inherente de esta metodología.

Y si a eso le añadimos que todo ello se produce en una Escuela de Música, los resultados y progresos son más que positivos. El alumnado aprende música de una forma diferente y, sobre todo, divertida, en la que mediante la gamificación y en un ambiente lúdico consiguen aprender y consolidar los primeros conceptos musicales.

El alumnado aprende música de una forma diferente y, sobre todo, divertida, en la que mediante la gamificación y en un ambiente lúdico consiguen aprender y consolidar los primeros conceptos musicales.

Como conclusiones concretas de este estudio podemos decir que esta metodología parece mejorar el pensamiento lógico-matemático, interiorizar el aprendizaje de los conceptos musicales trabajados y aumentar la motivación de nuestro alumnado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alsina, Á., y Acosta, Y.** (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos. *Unión, Revista iberoamericana de educación matemática*, (52), 218-235.

**Basogain, X., Olabe, M. Á., y Olabe J. C.** (2015). Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma del Aprendizaje. *RED-Revista de Educación a Distancia*, 46(6).

**Bravo, F. Á., y Forero, A.** (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 120-136.

**Diago, P. D., y Arnau, D.** (2017). Pensamiento computacional y resolución de problemas en Educación Infantil: una secuencia de enseñanza con el robot Bee-Bot. En *VIII Congreso iberoamericano de Educación matemática. Libro de Actas*, 255-263.

**Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J.** (2018a). Elementos de resolución de problemas en primeras edades escolares con Bee-bot. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 7(1), 12-41.

**Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J.** (2018b). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(1), 36-50.

**Da Silva, M. G., y González, C. S.** (2017). PequeBot: Propuesta de un Sistema Ludificado de Robótica Educativa para la Educación Infantil. *Actas del V Congreso Internacional de Videojuegos y Educación (CIVE'17)*, 1-9.

**Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí, K., y Quiel, J.** (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 74-90.

**Papert, S.** (1995). *La máquina de los niños. Replantearse la educación en la era de los ordenadores*. España: Paidós Ibérica.



**Polya, G.** (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

**Sautoy, M.** (2007). *La música de los números primos*. Acantilado.

**Valverde, J., Fernández, M. R., y Garrido, M. C.** (2015) El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED-Revista de Educación a Distancia*, 46(6).