

# DISEÑO DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA TRABAJAR MATEMÁTICAS A TRAVÉS DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS Y UN ROBOT DE BAJO COSTE EN 6º EDUCACIÓN PRIMARIA

---

NATALIA ABALDE AMOEDO

*Universidad Internacional de La Rioja*

ÁLVARO BARRERAS PERAL

*Universidad Internacional de La Rioja*

## 1. INTRODUCCIÓN

La robótica educativa es uno de los temas de investigación que más atención ha suscitado en las últimas décadas dentro de las aplicaciones educativas. Existe un creciente interés por el diseño de propuestas didácticas que incorporen la robótica educativa como herramienta basada en el constructivismo (Mikropoulos y Bellou, 2013).

El potencial de la robótica en el contexto educativo es indiscutible. Sin embargo, el uso de la robótica no garantiza beneficios en el aprendizaje de los estudiantes (Alimisis, 2013). Existen numerosos factores que dificultan la implementación exitosa de la robótica en una propuesta didáctica; destacando el coste económico de estos recursos y la necesidad de conocimientos técnicos y formación específica (tanto *software* como *hardware*) por parte de los docentes. Sin embargo, el punto de atención no debería ser la propia tecnología o los recursos sino las metodologías pedagógicas empleadas (Alimisis, 2013).

Aunque a menudo el foco de estudio de algunas propuestas didácticas es el propio material robótico, se ha identificado que los estudiantes valoran más los beneficios aportados por una metodología que ofrezca la posibilidad de un aprendizaje cooperativo (Eguchi, 2014).

Por lo tanto, el diseño de propuestas didácticas que integren este tipo de recursos a través de metodologías innovadoras es de vital importancia para la consolidación de esta área de estudio.

Por otra parte, el aprendizaje basado en la resolución de problemas es una metodología ampliamente contrastada en la enseñanza de las matemáticas (Paredes et al., 2015; Castaño y Montante, 2015). A través de una serie de pasos esquemáticos, el estudiante puede afrontar la resolución de cualquier problema matemático (Pólya, 1945). No obstante, una de las principales ventajas de este enfoque es el desarrollo de los conocimientos tanto técnicos como estratégicos por parte de los estudiantes (Batanero y Díaz, 2005).

El presente trabajo incluye el diseño de una propuesta didáctica para trabajar diferentes contenidos matemáticos a través del aprendizaje basado en problemas y un robot de bajo coste en 6º curso de Educación Primaria. Con el fin de abaratar costes y de universalizar la potencial implementación de la propuesta, los autores diseñan un material robótico de coste económico muy reducido que podrá ser construido por los propios estudiantes con materiales reciclados.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es diseñar una propuesta didáctica para trabajar contenidos matemáticos a través de la metodología de aprendizaje basado en problemas, utilizando para ello un robot de bajo coste, en un aula de 6º curso de Educación Primaria (estudiantes de 11-12 años).

Este objetivo se desglosa en varios objetivos específicos, entre los cuales destacan:

- Diseñar y construir recurso robótico de bajo coste con materiales reciclados.
- Plantear actividades para trabajar distintos contenidos matemáticos (principalmente de aritmética y geometría) que incorporen el recurso creado.

- Detallar el diseño completo de la propuesta didáctica mencionada en el objetivo principal.

### 3. METODOLOGÍA

En el apartado de metodología se va a plantear, por un lado, el diseño de la investigación en la que se enmarca el presente trabajo. Por otro lado, se detalla el diseño de la propuesta didáctica planteada.

#### 3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo aquí desarrollado conforma la primera fase de un plan de investigación ambicioso definido por los investigadores. El diseño de dicha investigación incluye dos fases que a su vez se desglosan en varios hitos a alcanzar.

La primera fase de la investigación abarca el inicio de la misma y la obtención de los primeros resultados. Esta primera fase queda concluida con la publicación del presente trabajo e incluye los siguientes hitos:

- Análisis de bibliografía existente sobre propuestas de intervención didácticas para trabajar contenidos matemáticos a través de materiales robóticos de bajo coste.
- Estudio y análisis comparativo de robots de bajo coste empleados en las diferentes propuestas.
- Diseño propio de robot de bajo coste para trabajar contenidos matemáticos.
- Construcción de prototipo de robot de bajo coste.
- Diseño de la propuesta didáctica completa para trabajar contenidos matemáticos empleando el recurso de bajo coste desarrollado.
- Comunicación de resultados a la comunidad científica a través de la participación en congreso internacional (II Congreso Internacional de Innovación y Tendencias Educativas 2021).

La segunda fase de la investigación utiliza los resultados de la primera para realizar una implementación en aula y análisis de resultados obtenidos. Esta segunda fase incluye los siguientes hitos:

- Implementación de la propuesta didáctica en un aula de 6º curso de Educación Primaria (estudiantes de 11-12 años).
- Análisis de los resultados obtenidos por parte de los estudiantes tras la implementación de la propuesta didáctica.
- Análisis de la información recogida a los docentes responsables en la implementación de la propuesta didáctica.
- Diseño de formación a profesorado sobre construcción de materiales de bajo coste e implementación de la propuesta didáctica.

### 3.2. DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

En este apartado se detalla el diseño de la propuesta didáctica planteada. El diseño de esta propuesta didáctica es el punto de partida para su posterior implementación y evaluación en el aula y, como cualquier diseño de una propuesta didáctica, contempla un cierto grado de flexibilidad y adaptación en función de las necesidades del grupo-clase. En este sentido es importante aclarar que el diseño de la propuesta didáctica se ha realizado teniendo en cuenta las posibles características diversas que se presentan en un grupo-clase. Por ello las metodologías seleccionadas favorecen la adaptación a las necesidades y al ritmo de aprendizaje del alumnado. Además, tal como se ha mencionado con anterioridad, el estudiante se sitúa en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, de este modo se favorece el desarrollo de un aprendizaje constructivo, a través de la relación de los nuevos conocimientos con los conocimientos que ya poseen los estudiantes, alcanzando un aprendizaje significativo. Para esto es muy importante tener en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes, es decir, se debe tener claro de qué punto se parte y a dónde se debe llegar. La metodología que se lleve a cabo también debe facilitar la adaptación al ritmo de aprendizaje de los estudiantes del grupo-clase.

### 3.2.1. Introducción y marco legislativo

En la actualidad se ha comprobado la importancia de incorporar en el currículo educativo contenidos relacionados con la robótica educativa (Eguichi, 2014; Hervás, Ballesteros y Corujo, 2018).

Esta propuesta didáctica se ha diseñado de forma que sea más sencillo captar la atención y conseguir un nivel adecuado de motivación hacia la tarea en el alumnado. Todo ello se facilita a través de la utilización de metodologías innovadoras y activas como es el caso del Aprendizaje Basado en Problemas junto con el aprendizaje cooperativo.

Esta propuesta no ha sido implementada en la actualidad, sin embargo, se presenta de manera que pueda ser implementada en cualquier aula de 6º de Educación Primaria siempre y cuando el docente tenga en cuenta las necesidades de su grupo-clase. Es por esto por lo que, el marco legislativo en el que debe encuadrarse es el de la legislación vigente en el centro que pretenda implementarse, teniendo en cuenta también las necesidades y características diversas que pueden presentarse en un aula.

### 3.2.2. Objetivos

Los objetivos que pretende alcanzar la implementación de esta propuesta didáctica en un aula se organizan en dos grandes bloques, objetivo general y específicos. El objetivo general es trabajar contenidos matemáticos a través de la metodología de aprendizaje basado en problemas, utilizando para ello un robot de bajo coste en un aula de 6º curso de Educación Primaria. Los objetivos específicos que se pretenden alcanzar en el alumnado son los siguientes:

- Realizar operaciones y cálculos numéricos con números enteros mediante distintos procedimientos en situaciones de resolución de problemas.
- Realizar operaciones y cálculos numéricos con números decimales mediante distintos procedimientos en situaciones de resolución de problemas.
- Estimar resultados.

- Utilizar estrategias y diferentes procedimientos en algoritmos, cálculos mentales, tanteos y estimaciones.
- Emplear estrategias de cálculo mental.
- Desarrollar estrategias para medir figuras.
- Describir, de forma oral, posiciones en el plano y movimientos.
- Usar instrumentos de dibujo, así como la construcción de figuras geométricas, para la elaboración del recurso de bajo coste.
- Adquirir competencias matemáticas básicas e iniciarse en la resolución de problemas.
- Adquirir habilidades para prevenir y resolver de forma pacífica conflictos y/o diferencia de opiniones.
- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo, adquiriendo responsabilidades compartidas.
- Desarrollar una actitud proactiva y autónoma ante situaciones desconocidas.
- Trabajar la toma de decisiones individual y en equipo.

### 3.2.3. Contenidos

Los contenidos que se pretenden trabajar en la propuesta didáctica son los siguientes: números enteros, números decimales, cálculo mental, noción de algoritmo, figuras geométricas planas, áreas, longitud, ángulos, figuras geométricas en el espacio, resolución de problemas, planteamiento de pequeñas investigaciones en contextos numéricos, acercamiento al método de trabajo científico mediante su práctica en situaciones sencillas. A través del desarrollo de las actividades de la propuesta didáctica y con la colaboración de los estudiantes, se trabajarán los contenidos.

### 3.2.4. Competencias

En la actualidad, gracias a las metodologías activas e innovadoras, podemos trabajar de forma transversal las competencias establecidas en el currículo básico de la Educación Primaria. Además, esta propuesta didáctica se enmarca dentro del enfoque pedagógico STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), donde el propósito que se pretende alcanzar en el alumnado es preparar a las nuevas generaciones para vivir en un entorno en constante transformación.

A continuación, se exponen las competencias clave que se trabajarán en el alumnado a lo largo de la implementación de esta propuesta (Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, relaciones entre las competencias, los contenidos y evaluación de Primaria, ESO y Bachillerato):

Comunicación lingüística (CCL): esta competencia se trabaja a través de la utilización de la lengua para realizar las interacciones en el aula, con la búsqueda de información, al describir razonamientos, la comprensión de explicaciones. Además, a lo largo de la propuesta, en las distintas actividades, los estudiantes trabajarán un vocabulario específico.

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT): dentro de esta competencia se debe hacer especial mención al trabajo de conocimientos matemáticos tanto prácticos como aplicados a situaciones reales. Se refiere al pensamiento lógico-matemático, razonamiento, construcción de conceptos, entre otros. La utilización del robot de bajo coste hace mención directa al desarrollo y adquisición de esta competencia.

Competencia digital (CD): la adquisición de esta competencia requiere actitudes y valores que favorecen al estudiante adaptarse a las nuevas tecnologías.

Aprender a aprender (CPAA): esta competencia será trabajada al utilizar estrategias de planificación de resolución de un problema.

Competencias sociales y cívicas (CSC): al comunicarse de forma constructiva y mostrar respeto a los compañeros, participar en la toma de

decisiones de las actividades de forma consensuada con el resto de los compañeros.

Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE): esta competencia se trabajará a través de la capacidad de análisis, planificación y organización del equipo de trabajo, así como el establecimiento de roles de cada uno de los integrantes, también al realizar las autoevaluaciones se estaría trabajando esta competencia.

### 3.2.5. Temporalización

Con la temporalización se establece el número de sesiones que se van a utilizar y en qué punto del curso se va a realizar la implementación en el aula de esta propuesta didáctica.

Esta propuesta está planteada para ser llevada a cabo durante 12 sesiones de 50 minutos cada una, teniendo en cuenta que el docente se adaptará a las necesidades del grupo-clase y por lo tanto al ritmo de aprendizaje del alumnado.

Las 12 sesiones se dividirán siguiendo la siguiente estructura: 1 sesión de presentación de la propuesta y formación de grupos de trabajo; 8 sesiones de trabajo de las distintas actividades; 1 sesión para realizar la evaluación docente; 1 sesión para la autoevaluación del alumnado.

La propuesta se encuadra a lo largo del segundo trimestre, este aspecto facilitará la organización de los distintos equipos y el establecimiento de roles dentro de estos.

### 3.2.6. Recursos

Uno de los puntos fuertes de esta propuesta didáctica es el bajo coste económico que supone el desarrollo e implementación de esta propuesta en el aula. De este modo se pueden trabajar con los estudiantes, de forma dinámica y motivadora, los objetivos que se establecen en el currículo sin obstáculos económicos. La principal motivación a la hora de realizar el diseño de la propuesta ha sido eliminar barreras económicas para que todos los centros puedan poner en práctica esta propuesta didáctica.

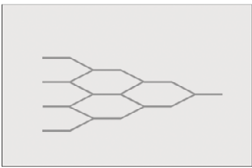

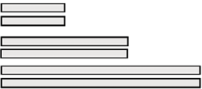
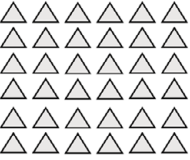


Los materiales que se necesitan son de bajo coste, y en la mayoría de los casos están ya presentes en un aula, por lo que no supondrían un gasto mayor.

En relación con los recursos materiales que la propuesta necesita para poder ser llevada a cabo, encontramos el recurso robótico de bajo coste (formado por un tren y un tablero con el recorrido), para su construcción los materiales que se deben tener son: planchas de cartón, tapones, hilo, palillos de brochetas, cilindro de cartón (puede ser reciclado de un rollo de papel higiénico, por ejemplo), goma EVA y cinta adhesiva.

Dentro de las piezas de cartón que se necesitan y que se deben construir en colaboración con los estudiantes tenemos las que aparecen en la Figura 1.

**FIGURA 1.** Piezas de cartón y cantidad. Fuente: elaboración propia

Piezas de cartón	Esquema	Cantidad
Tablero (55x75 cm)		1
Ruedas (Ø 4 cm)		10
Biela (1x14 cm) Biela (1x28 cm) Biela (1x43 cm)		2 2 2
Cambiador vías tren (triángulo equilátero 2 cm. altura)		36

Fuente: Elaboración propia.

Los recursos humanos que se necesitan sería el docente que actúa como guía-orientador del proceso de enseñanza aprendizaje y los propios estudiantes que son los protagonistas de su proceso de aprendizaje.

### 3.2.7. Metodología

Esta propuesta didáctica se basa en la utilización de metodologías innovadoras y activas que favorezcan un proceso de enseñanza-aprendizaje interactivo basado en la comunicación entre el profesor y los estudiantes, entre los propios estudiantes. Resulta importante también la interacción entre el estudiante y el material didáctico que tengan que utilizar y entre el estudiante y el entorno, todo ello supone el enriquecimiento tanto de docentes como de estudiantes (López, 2005).

Las principales metodologías que se llevarían a cabo en la implementación de esta propuesta son el Aprendizaje Basado en Problemas y el aprendizaje cooperativo.

Con el aprendizaje basado en problemas se promueve el desarrollo del pensamiento crítico, la capacidad de resolución de problemas y se trabajan las habilidades de comunicación facilitando así que el estudiante sea el protagonista de su proceso de aprendizaje. De este modo, es el estudiante quien construye su propio conocimiento consiguiendo un aprendizaje significativo.

La utilización de metodologías innovadoras en el aula favorece el aumento del nivel de motivación hacia el aprendizaje por parte del alumnado. El profesor actuará como guía-orientador del proceso de enseñanza-aprendizaje. A través de distintas cuestiones planteadas, el profesor ayuda a los estudiantes a realizar la tarea y desarrollar una actitud crítica y autónoma. El docente realizará un seguimiento continuo sobre los conocimientos que van adquiriendo los estudiantes.

El rol que desempeña el estudiante es muy importante, ya que es quien asume la responsabilidad de su propio aprendizaje, trabaja en equipo con el resto de sus compañeros resolviendo los conflictos o diversidad de opiniones que tengan lugar, desarrolla una actitud de respeto y empatía hacia el resto de sus compañeros, y es consciente de su propio aprendizaje mediante la autoevaluación.

La metodología del Aprendizaje Basado en Problemas presenta las siguientes fases: situación problemática, investigación sobre el problema planteado, definir el enunciado del problema, reunir y compartir la

información, presentación de la solución (resumen de toda la información adquirida a través de las fases previas), evaluación (durante todo el proceso y desde distintas perspectivas, docente y alumno) e informe y balance final (última fase de reflexión). (Torp y Sage, 1999)

Otra metodología que cobra especial importancia en la implementación de esta propuesta didáctica es el aprendizaje cooperativo, el cual se basa en el trabajo en grupo de un equipo que tiene un objetivo común (Johnson et al., 1999), en este caso, resolver el problema que se plantea en cada una de las situaciones. Una de las principales ventajas del aprendizaje cooperativo es que favorece el desarrollo de un aprendizaje significativo. Además, todos los estudiantes deben esforzarse en alcanzar el objetivo propuesto (interdependencia positiva), puesto que no son meros receptores de información si no que deben involucrarse en el proceso de aprendizaje, construyendo conocimiento. Los estudiantes ayudarán a sus compañeros, respetarán los distintos puntos de vista y se adaptarán al ritmo de aprendizaje de los compañeros para alcanzar juntos el objetivo que corresponda.

Las actividades de la propuesta serán llevadas a cabo a través de los distintos grupos de trabajo. Los grupos de trabajo están formados por 4-5 estudiantes por equipo y la formación de los grupos se realiza de forma heterogénea, en cuanto a niveles y ritmos de aprendizaje, facilitando así favorecer la atención a la diversidad del alumnado.

### 3.2.8. Actividades

El diseño de actividades cobra especial importancia ya que a través de las actividades se trabajarán los objetivos planteados, los contenidos y se trabajarán en el alumnado las competencias mencionadas anteriormente.

En el apartado 4.3. se detallan los objetivos de cada una de las actividades y cómo sería el desarrollo de cada una de ellas dentro de un aula.

Las actividades diseñadas para llevar a cabo esta propuesta didáctica versan sobre el principal problema que se plantea al alumnado: elegir y programar el recorrido que debe seguir el tren que ellos mismos han construido.

Las actividades se diseñan teniendo en cuenta el objetivo que debe trabajar cada una de ellas, así como los contenidos, las competencias y los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje.

### 3.2.9. Evaluación

La evaluación de la propuesta didáctica se divide en tres bloques: evaluación del alumnado, autoevaluación del alumnado y evaluación docente. Todas ellas se hacen necesarias para poder comprobar la consecución de los objetivos planteados y poder valorar la implementación en el aula de la propuesta, esta valoración se realizará desde la perspectiva de los estudiantes tanto sobre el enfoque del docente como el enfoque del propio alumno en el desarrollo de la propuesta.

#### 3.2.9.1. Evaluación del alumnado

La evaluación del alumnado por parte del profesor se realizará comprobando que los estudiantes han alcanzado los objetivos propuestos y han cumplido los criterios de evaluación y para ello se analizará la consecución de los estándares de aprendizaje relacionados con los objetivos, contenidos y criterios de evaluación propuestos. Esta información será reflejada por cada docente a través de una rúbrica que contenga toda la información. Es interesante que en la rúbrica se expongan también las competencias trabajadas a través de cada uno de los estándares de aprendizaje, para diseñar la rúbrica de evaluación se utilizará el currículo básico de Educación Primaria de aplicación en el centro educativo.

Al tratarse de una propuesta didáctica llevada a cabo a través de metodologías activas e innovadoras, concretamente a través de la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas y aprendizaje cooperativo, el docente también realizará un seguimiento de forma continua para poder reconducir situaciones en caso de que fuese necesario para poder guiar al estudiante en la consecución de los objetivos planteados.

### 3.2.9.2. Autoevaluación del alumnado

La autoevaluación del alumnado se representará a través de una diana de aprendizaje. Previamente el alumnado asignará un valor, a unos indicadores, en una escala de 1 a 5 puntos, sobre distintas categorías: conocimientos y conceptos, habilidades, actitudes y trabajo en equipo. Es importante trasladar al alumnado la importancia de trabajar la autorregulación hacia una actitud positiva y proactiva hacia la consecución y desarrollo de la tarea, de esta forma, los estudiantes empiezan a ser conscientes de la importancia de tener una buena actitud ante cualquier situación.

### 3.2.9.3. Evaluación docente

La evaluación docente se hace necesaria para poder seguir mejorando y evolucionando. Después de la implementación de la propuesta didáctica en el aula es enriquecedor conocer de primera mano qué cosas deberán ser mejoradas y en qué dirección.

Este tipo de evaluación se realiza con la colaboración del alumnado mediante la cumplimentación de una rúbrica y una mesa redonda. En la rúbrica, el alumnado tendrá que valorar unos ítems en una escala del 1 al 5, la temática de los ítems está relacionada con el enfoque que aporta el docente al desarrollo de las actividades, con la motivación que genera el docente en el estudiante, sobre la duración de las actividades, si el contenido se ha trabajado de forma adecuada, entre otras. La rúbrica es de carácter anónimo por lo que las cuestiones que se plantean pueden ser más delicadas y facilita la recogida de información en poco tiempo. En la mesa redonda el docente realizará una puesta en común con los estudiantes donde se analizará los puntos fuertes y qué aspectos se deben mejorar de cara a otras implementaciones de propuestas didácticas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

El principal resultado de este trabajo es el diseño de la propuesta didáctica para trabajar contenidos matemáticos a través del aprendizaje

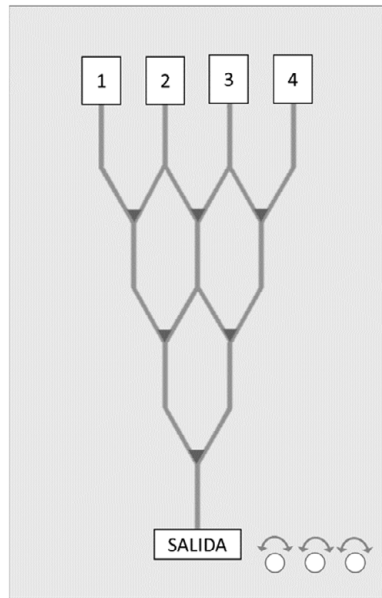
basado en problemas y un robot de bajo coste para 6º curso de Educación Primaria, presentado en el apartado anterior. Dicho diseño ofrece la posibilidad a cualquier docente de implementar la propuesta presentada en un aula. Además, será el punto de partida de la segunda fase de la investigación en la que se enmarca este trabajo y que incluye la implementación en el aula de la propuesta y el posterior análisis de los resultados obtenidos.

#### 4.2. DISEÑO DEL MATERIAL ROBÓTICO DE BAJO COSTE

El material robótico de bajo coste diseñado en esta propuesta didáctica es una de las aportaciones principales considerada como resultado de la investigación. El recurso desarrollado consta de un tren y un tablero que contiene los posibles recorridos a realizar. El recorrido tiene un único punto de partida desde el que el tren comienza el camino. Después, existen diferentes bifurcaciones a lo largo del recorrido, de manera que el tren puede finalizar su trayecto en cuatro estaciones diferentes (numeradas del 1 al 4), en función de las decisiones que se hayan tomado en cada bifurcación. El estudiante puede programar el camino a seguir por el tren antes de iniciar el recorrido, de manera que deberá planificar la opción elegida (izquierda o derecha) en cada una de las bifurcaciones y después comprobará si el recorrido que realiza el tren se ajusta a lo deseado. En caso contrario, se debe revisar la programación del recorrido y corregir los errores cometidos

La configuración de los recorridos permite programar ocho trayectorias diferentes para alcanzar las cuatro estaciones finales, tal y como se muestra en la Figura 2. De manera, que a menudo hay varias trayectorias posibles para llegar a una misma estación final. Esta característica será de gran utilidad a la hora de trabajar la resolución de problemas, ofreciendo diferentes alternativas de solución y siendo necesarios conocimientos estratégicos, así como la justificación de las decisiones elegidas. La posibilidad de programar el recorrido a priori, es decir, antes de que el tren inicie el viaje, permite trabajar la noción de algoritmo; pues el estudiante debe de indicar, de manera ordenada y sistemática, la dirección que el tren ha de tomar en cada una de las intersecciones por las que pase.

**FIGURA 2.** Esquema del material de bajo diseñado para su uso en la propuesta didáctica.



Fuente: elaboración propia.

El material diseñado es fácilmente escalable, pudiendo ampliar el número de niveles de intersección (pasando de 3 niveles a 4 y así sucesivamente). Con cada nuevo nivel de intersecciones, aumenta el número de estaciones finales y el número de posibles recorridos a realizar. Sin embargo, aumentar el tamaño del tablero implica dificultades en la construcción y podría conllevar problemas en el funcionamiento debido a la fragilidad de los materiales empleados. En ese caso, se recomienda sustituir el cartón por otro material más consistente como la madera o el plástico.

#### 4.3. ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Por último, se presentan como resultado las actividades diseñadas para ser llevadas a cabo en las diferentes sesiones de la propuesta didáctica. Se detalla la presentación de cada actividad, los objetivos concretos y los contenidos matemáticos a trabajar, la temporalización y grupos de trabajo y la descripción del desarrollo de la actividad.

El resto de la información relativa a las actividades ya ha sido presentada en el apartado 3.2 donde se incluye el diseño de la propuesta didáctica.

#### 4.3.1. Actividad inicial: construcción del recurso

La primera de las actividades que componen la propuesta didáctica tiene como finalidad la construcción por parte de los estudiantes del recurso robótico a emplear en el resto de las sesiones. Los objetivos concretos de esta actividad son los siguientes:

- Desarrollar estrategias para medir figuras.
- Describir, de forma oral, posiciones en el plano y movimientos.
- Usar instrumentos de dibujo, así como la construcción de figuras geométricas, para la elaboración del recurso de bajo coste.
- Adquirir habilidades para prevenir y resolver de forma pacífica conflictos y/o diferencia de opiniones.
- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo, adquiriendo responsabilidades compartidas.
- Desarrollar una actitud proactiva y autónoma ante situaciones desconocidas.
- Trabajar la toma de decisiones individual y en equipo.

Los contenidos matemáticos a trabajar en esta actividad son: figuras geométricas planas, áreas, longitud, ángulos, figuras geométricas en el espacio.

Esta actividad se desarrolla a lo largo de tres sesiones de aula, en las que los estudiantes trabajarán en grupos de cuatro o de cinco personas (dependiendo del número total de estudiantes en el aula). De esta manera, cada grupo desarrolla mediante trabajo cooperativo la construcción de su propio recurso.

El docente entregará a cada grupo de trabajo los planos de construcción del recurso robótico, tanto los del tren como los del tablero con los recorridos del tren. Así, los estudiantes deben reunir los materiales



necesarios, realizar estimaciones (por ejemplo, para saber cuántas cajas de cartón necesitan), realizar mediciones y construir los prototipos.

#### 4.3.2. Actividad: puesta a punto del tren

La segunda actividad, denominada “Pues a punto del tren”, sirve como toma de contacto de los estudiantes con el material desarrollado y con la metodología de resolución de problemas. También ofrece la posibilidad de trabajar con figuras geométricas planas. En esta actividad se plantean los siguientes objetivos:

- Desarrollar estrategias para medir figuras.
- Describir, de forma oral, posiciones en el espacio plano y movimientos.
- Utilizar estrategias y diferentes procedimientos en algoritmos, cálculos mentales, tanteos y estimaciones.
- Adquirir competencias matemáticas básicas e iniciarse en la resolución de problemas.
- Adquirir habilidades para prevenir y resolver de forma pacífica conflictos y/o diferencia de opiniones.
- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo, adquiriendo responsabilidades compartidas.
- Trabajar la toma de decisiones individual y en equipo.

Esta actividad permite trabajar los siguientes contenidos matemáticos: noción de algoritmo, figuras geométricas planas, resolución de problemas, planteamiento de pequeñas investigaciones en contextos numéricos.

El desarrollo de esta actividad se realiza durante dos sesiones de trabajo en el aula. Los estudiantes trabajan en los mismos grupos creados en la actividad anterior.

El objetivo de cada grupo será la creación de un logotipo para su empresa de trenes. De manera que, antes de comenzar a trabajar, el docente ofrecerá a todos los grupos indicaciones para modificar los tableros

construidos de la siguiente manera: al lado de cada posible trayecto para el tren, se dispondrá una figura geométrica diferente (círculo, recta, triángulo, cuadrado, rectángulo, pentágono, etc.). Al pasar por un trayecto, el tren “recoge” esa figura geométrica y el grupo podrá contar con ella para el diseño de su logotipo. Cada grupo debe elegir un recorrido concreto a seguir por el tren (en función de las figuras geométricas con las que quieran contar) y después debe programar el tablero para que el tren realice dicho recorrido.

De esta manera, los estudiantes se familiarizan con las mecánicas que se utilizarán en el resto de las actividades (diseño y programación de trayectorias) y también trabajan contenidos geométricos.

#### 4.3.3. Actividad: pasajeros al tren

La actividad denominada “Pasajeros al tren” plantea un contexto en el que los estudiantes son los encargados de elegir el recorrido que ha de seguir el tren, de manera que, según la trayectoria elegida, el tren recogerá y trasladará un número distinto de pasajeros.

Los objetivos de esta actividad son:

- Realizar operaciones y cálculos numéricos con números enteros mediante distintos procedimientos en situaciones de resolución de problemas.
- Estimar resultados.
- Utilizar estrategias y diferentes procedimientos en algoritmos, cálculos mentales, tanteos y estimaciones.
- Emplear estrategias de cálculo mental.
- Describir, de forma oral, posiciones en el espacio plano y movimientos.
- Adquirir competencias matemáticas básicas e iniciarse en la resolución de problemas.
- Trabajar la toma de decisiones individual y en equipo.

Los contenidos matemáticos que se desarrollan a través de esta actividad son: noción de algoritmo, números enteros, cálculo mental, resolución de problemas, planteamiento de pequeñas investigaciones en contextos numéricos.

La actividad se desarrolla durante dos sesiones en las que los estudiantes trabajarán para encontrar la solución a algunas situaciones problemáticas con datos numéricos concretos (sobre el número de pasajeros). Se mantendrán los grupos de trabajo creados durante la actividad de la construcción del recurso.

Para desarrollar esta actividad será necesario añadir unos elementos al tablero construido. Dichos elementos son una serie de números enteros que se colocan al lado de cada una de las diferentes vías del tablero. De manera que, cuando el tren pasa por una vía, se considera que el número de viajeros aumenta o disminuye en función de si el número es positivo o negativo. El docente informará de los números que deben colocar en cada vía, así como el número de pasajeros inicial con los que cuenta el tren. Cada grupo de estudiantes debe diseñar el trayecto a seguir por el tren para terminar con el máximo número de pasajeros posible, pero sin que se sobrepase en ningún momento el aforo máximo permitido. Por lo tanto, los estudiantes han de considerar las distintas opciones, pues en cada uno de los posibles recorridos, se verán involucradas operaciones de suma y resta de pasajeros. Dependiendo del nivel académico de cada grupo, será posible introducir otras operaciones aritméticas; por ejemplo, “el número de pasajeros se multiplica por 3 en esta estación” (representado en el tablero mediante “ $\times 3$ ”) o “en esta estación se bajan la mitad de los pasajeros” (representado en el tablero mediante “ $:2$ ”). Cuando sea posible, los estudiantes deberán realizar las estimaciones mediante estrategias de cálculo mental. El grupo ha de aportar una solución conjunta al problema, por lo que los estudiantes deberán trabajar de manera cooperativa, argumentando sus ideas y empleando herramientas de razonamiento lógico para llegar a un consenso. Cada grupo debe elegir una solución concreta y programar el tablero para que el tren realice el trayecto escogido.

#### 4.3.4. Actividad: presupuesto del viaje

En la actividad llamada “Presupuesto del viaje” los estudiantes deben calcular el presupuesto económico ficticio del camino a realizar por el tren, considerando el coste de los peajes de cada trayecto.

Esta actividad tiene los siguientes objetivos concretos:

- Realizar operaciones y cálculos numéricos con números decimales mediante distintos procedimientos en situaciones de resolución de problemas.
- Estimar resultados.
- Utilizar estrategias y diferentes procedimientos en algoritmos, cálculos mentales, tanteos y estimaciones.
- Describir, de forma oral, posiciones en el espacio plano y movimientos.
- Adquirir competencias matemáticas básicas e iniciarse en la resolución de problemas.
- Trabajar la toma de decisiones individual y en equipo.

A través de la presente actividad, se trabajan los siguientes contenidos matemáticos: noción de algoritmo, números decimales, resolución de problemas, planteamiento de pequeñas investigaciones en contextos numéricos, acercamiento al método de trabajo científico mediante su práctica en situaciones sencillas.

La temporalización de esta actividad incluye dos sesiones de trabajo en las que los estudiantes mantendrán los grupos creados en sesiones anteriores.

De manera análoga a la actividad anterior, se añaden números en el tablero construido, junto a los caminos a seguir por el tren. En esta ocasión se trata de números decimales que representan el coste económico (peaje) que el maquinista del tren ha de pagar al pasar por dicho camino. Cada trayecto tiene un coste diferente, de manera que cada uno de los ocho caminos posibles tendrá su propio coste final. Incluso puede darse

la situación de que dos caminos que finalizan en el mismo destino tengan costes diferentes. El objetivo de cada grupo de trabajo es determinar un camino concreto y calcular el coste de los peajes pagados. En la justificación de las decisiones tomadas se puede tener en cuenta información sobre trayectos con más afluencia de pasajeros considerando datos de la anterior actividad (si se espera tener más pasajeros que paguen sus billetes eligiendo un trayecto concreto, quizás se justifique un peaje un poco mayor). Cada grupo debe elegir una solución concreta y programar el tablero para que el tren realice el trayecto escogido.

Por otro lado, es posible plantear esta actividad para trabajar la suma de números decimales (si se ha de calcular el coste de todos los peajes) o para trabajar la resta de números decimales (si se establece un presupuesto inicial y se ha de ir descontando el importe de cada peaje a pagar).

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. BENEFICIOS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA

El uso de la robótica en Educación Primaria facilita la superación de diferentes dificultades de aprendizaje, fomentando el interés de los niños y de las niñas y apoyando la construcción del conocimiento (Hervás, Ballesteros y Corujo, 2018). Además, la robótica educativa se enmarca en un contexto constructivista, por lo que su uso en el aula favorece el desarrollo de un aprendizaje significativo en los estudiantes. La manipulación y experimentación facilitan la adquisición de un aprendizaje significativo y por lo tanto la adquisición de conocimientos tendrá una mayor consolidación.

Un enfoque interesante es el de la “Robótica Pedagógica”, concepto que se ha venido desarrollando desde la década de los setenta del siglo XX. Esta área de estudio analiza los diferentes aportes didácticos de la robótica como herramienta de apoyo para metodologías de enseñanza innovadoras. Una de las principales ventajas de la robótica, según este enfoque, es la posibilidad de trasladar la acción desde el docente hacia

el estudiante, convirtiendo a este en el centro de su propia experiencia de aprendizaje (Pinto, Barrera y Pérez, 2015).

Uno de los retos a los que deben enfrentarse los docentes en la actualidad es el desarrollo por parte de los estudiantes de las diferentes habilidades dentro del enfoque STEM (Ferrada et al., 2019). El enfoque STEM, en el cual se suele contextualizar la robótica educativa, tiene una base fundamentada en los principios del constructivismo (Ocaña, Romero, Gil, y Codina, 2015). De hecho, es a través de la teoría constructivista, en la que se enmarcan las propuestas didácticas que incluyen robótica educativa, donde mejor se entiende el estímulo de la creatividad y el fomento de la adquisición de nuevos conocimientos que dichas propuestas aportan (Papert, 1993).

Por otro lado, no sólo se tiene en cuenta el uso de robótica educativa en las aulas sino el propio proceso de desarrollo de los materiales a emplear. Así, la construcción y utilización de robots en los diferentes espacios educativos ofrecen una oportunidad atractiva e innovadora de aprendizaje a los estudiantes. De manera que estos puedan poner en práctica distintos conocimientos transversales de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (Ocaña, 2012).

Uno de los materiales más empleados en las diferentes propuestas didácticas, especialmente en Educación Infantil y en Educación Primaria, es “BeeBot”, un robot comercial. Este material tiene el potencial de mejorar el desarrollo de conceptos matemáticos en estudiantes en las primeras etapas educativas (entre 5 y 8 años). En particular, facilita el desarrollo de estrategias para la resolución de problemas y el pensamiento relacional (Highfield, Mulligan, y Hedberg, 2008).

## 5.2. ROBOTS DE BAJO COSTE

Una de las cuestiones clave para los investigadores a la hora de desarrollar la presente investigación fue el coste económico asociado a la propuesta didáctica. El uso de robótica educativa resulta a menudo una dificultad o incluso un impedimento para el desarrollo de propuestas similares. El coste económico de los materiales empleados establece diferencias insalvables, especialmente en los centros o poblaciones con

menos recursos. Por ello, se incorpora un diseño propio del material empleado en la propuesta didáctica y cuya construcción pueda ser asumida directamente por el docente y los estudiantes en el aula.

Los robots y materiales de bajo coste que pueden construirse de manera sencilla y con materiales asequibles suelen englobarse en una corriente conocida por sus siglas en inglés DIY (“Do It Yourself” o “Hazlo Tú Mismo”). En la literatura existen algunas investigaciones que presentan propuestas para construcción de robots de bajo coste DIY (Vandevelde et al., 2016). Sin embargo, la mayoría de dichas propuestas están dirigidas a estudiantes de Educación Secundaria (entre 12 y 18 años). Por otro lado, a menudo estas propuestas precisan de materiales electrónicos y de conocimientos específicos para su construcción y manejo.

Algunas propuestas como la de Ferrada et al. (2019) apuestan por una solución intermedia, empleando un robot comercial llamado “BeeBot” pero animando a los docentes a desarrollar sus propias actividades y combinar dicho robot con otros materiales de bajo coste. Sin embargo, es necesario afrontar el gasto inicial del robot comercial.

### 5.3. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EDUCACIÓN PRIMARIA

La importancia de que los estudiantes afronten la resolución de problemas matemáticos en el aula desde los primeros niveles educativos es indiscutible y ya quedó de manifiesto en *Principles and Standards for School Mathematics* (NCTM, 2000). Sin embargo, la naturaleza de los contenidos matemáticos trabajados en las primeras etapas educativas y la preocupación de los maestros por no desanimar a sus estudiantes resultan en muchas ocasiones en un desequilibrio en las actividades desarrolladas en las aulas de Matemáticas, abusando de los ejercicios matemáticos en detrimento del planteamiento de problemas (Diago et al. 2018).

Desde el punto de vista didáctico, existen diferencias sustanciales entre conocer determinados conceptos matemáticos y saber aplicar dichos conocimientos para la resolución de un problema. Por ello, algunos autores (Batanero y Díaz, 2005) distinguen entre conocimientos técnicos y conocimientos estratégicos a la hora de resolver problemas

matemáticos. Sin duda, la capacidad de aplicar conocimientos matemáticos es más difícil de desarrollar por parte de los estudiantes que los propios conocimientos, dado que para la primera se requiere de una combinación de conocimientos tanto técnicos como estratégicos.

Pólya (1945) establece los pasos a seguir para resolver un problema matemático. En primer lugar, es imprescindible comprender el problema planteado; el estudiante ha de localizar en el enunciado la información de la que dispone y distinguir los datos de las soluciones buscadas. A menudo, resulta interesante que el estudiante reformule las preguntas o plantee preguntas intermedias que le acerquen a la comprensión del problema planteado. En segundo lugar, se ha de concebir un plan; en función de las herramientas de las que dispone cada estudiante y de los conocimientos estratégicos, cada alumno podrá diseñar un plan de resolución diferente y afín a sus propias características. En tercer lugar, el estudiante ha de ejecutar el plan que ha diseñado, haciendo uso de sus conocimientos técnicos. Por último, se ha de revisar la solución obtenida y el procedimiento seguido, de manera que se pueda comparar la solución con otras más eficaces y detectar posibles errores cometidos (Pólya, 1945).

En esta propuesta didáctica se trabaja la resolución de problemas matemáticos en la etapa de educación primaria. Las actividades planteadas, lejos de restringirse a ejercicios sistemáticos, incluyen problemas abiertos donde existen diferentes posibilidades para llegar a la solución buscada. Los estudiantes pueden desarrollar sus conocimientos tanto técnicos como estratégicos. Además, se favorece la puesta en práctica por parte de los estudiantes de los pasos establecidos por Pólya para la resolución de los problemas planteados en las diferentes actividades.

## 6. CONCLUSIONES

El objetivo principal del presente trabajo se ha cumplido al diseñar una propuesta didáctica completa para trabajar contenidos matemáticos a través de la metodología de aprendizaje basado en problemas, utilizando un recurso robótico de bajo coste, para un aula de 6º de Educación Primaria.



Cabe destacar que una de las principales aportaciones de esta investigación es el diseño de un material de bajo coste económico (prácticamente nulo) que puede ser construido por los propios estudiantes, sin necesidad de conocimientos técnicos complejos. Esta cualidad permite acercar dicha propuesta a cualquier aula de Educación Primaria, independientemente de los recursos disponibles ni del perfil del profesorado. De manea que se evitan dos de los principales inconvenientes a la hora de emplear la robótica educativa en las aulas, manteniendo las ventajas que esta ofrece para los estudiantes.

La metodología empleada de aprendizaje basado en problemas permite desarrollar los conocimientos tanto técnicos como estratégicos del alumnado, así como fomentar la construcción y el uso de materiales manipulativos. De hecho, se utilizan la robótica como herramienta manipulativa y los contenidos matemáticos como herramienta estratégica, para la resolución de problemas.

Tanto el diseño de la propuesta como el del recurso robótico presentados, permiten intercambiar las actividades diseñadas en este trabajo por otras diferentes. De manera que cada docente puede adecuar dichas actividades a las necesidades específicas de sus estudiantes, así como a los contenidos matemáticos a trabajar. Por ejemplo, podrían trabajarse contenidos como la magnitud temporal (horarios del tren), aumentar la dificultad de las operaciones con números decimales (precios de billetes de los pasajeros), cálculo de porcentajes (descuentos en los precios de los billetes), etc.

Como prospectiva, los autores se plantean diferentes objetivos enmarcados dentro de una misma investigación. En primer lugar, se espera implementar la propuesta didáctica diseñada en un aula de Educación Primaria y analizar los resultados obtenidos, tanto por los estudiantes como por los docentes. Por otro lado, se va a diseñar un taller educativo para docentes, de manera que se forme a estos en la construcción del material desarrollado y la implementación en el aula de propuestas similares a la presentada en este trabajo.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

La participación de los autores en el II Congreso Internacional de Innovación y Tendencias Educativas 2021 ha sido subvencionada por la Convocatoria de Ayudas para Congresos Internacionales 2021/22 del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Internacional de La Rioja.

## 8. REFERENCIAS

- Batanero, C. y Díaz, C. (2005). El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. En I Congreso de Estadística e Investigaçao Operacional da Galiza e Norte de Portugal / VII Congreso Galego de Estadística e Investigación de Operacións. Guimaraes.
- Castaño, V., & Montante, M. (2015). El método del aprendizaje basado en problemas como una herramienta para la enseñanza de las matemáticas/The method of problem-based learning as a tool for teaching mathematics. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 6(11), 381-392.
- Diago, P. D., Arnau, D., & González-Calero, J. A. (2018). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. Matemáticas, educación y sociedad, 1 (2), 36-50.
- Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21st century skills. Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems, 5-11.
- Ferrada, C., Díaz-Levicoy, D., Salgado-Orellana, N., & Parraguez, R. (2019). Propuesta de actividades STEM con Bee-bot en matemática. Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia, 8 (1), 33-43.
- Hervás, C., Ballesteros, C., & Corujo, C. (2018). La robótica como estrategia didáctica para las aulas de Educación Primaria. Hekademos: revista educativa digital, (24), 30-40.
- Highfield, K., Mulligan, J., & Hedberg, J. (2008). Early mathematics learning through exploration with programmable toys. In Proceedings of the Joint Meeting of PME (32), 169-176.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Paidós SAICF.
- López, F. (2005). Metodología participativa en la enseñanza universitaria. Narcea Ediciones.
- Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational robotics as mindtools. Themes in Science and Technology Education, 6 (1), 5-14.

- National Council of Teachers of Mathematics (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Ocaña, G. (2012). Robótica como asignatura en enseñanza secundaria. Resultados de una experiencia educativa. *Espiral. Cuadernos del Profesorado*, 5 (10), 56-64.
- Ocaña, G., Romero, I., Gil, F. y Codina, A. (2015). Implantación de la nueva asignatura “Robótica” en Enseñanza Secundaria y Bachillerato. *Investigación en la Escuela*, 87, 65-79.
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, relaciones entre las competencias, los contenidos y evaluación de Primaria, ESO y Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 25, de 29 de enero de 2015, 6986-7003.  
<https://www.boe.es/eli/es/o/2015/01/21/eecd65>
- Papert, S. (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. New York, NY: Basic Books.
- Paredes, H. D. H., Gutiérrez, E. A. M., López, J., & Giraldo, L. E. P. (2015). Aprendizaje basado en problemas como potencializador del pensamiento matemático. *Plumilla Educativa*, 15(1), 299-312.
- Pinto, M., Barrera, N. & Pérez, W. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 10 (1), 15-23.
- Pólya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Torp, L. & Sage, S. (1999). *El Aprendizaje Basado en Problemas: desde el Jardín de Infancia hasta el Final de la Escuela Secundaria*. Amorrortu Editores.
- Vandeveld, C., Wyffels, F., Ciocci, M. C., Vanderborght, B., & Saldien, J. (2016). Design and evaluation of a DIY construction system for educational robot kits. *International Journal of Technology and Design Education*, 26 (4), 521-540.