

PIXEL BIT

Nº 66 ENERO 2023
CUATRIMESTRAL

e-ISSN:2171-7966
ISSN:1133-8482

Revista de Medios y Educación





FECYT 166/2022
Acta de acreditación. 4º Cuatrimestre 2016
Válida hasta 22 de julio de 2023



PIXEL-BIT

REVISTA DE MEDIOS Y EDUCACIÓN

Nº 66 - ENERO - 2023

<https://revistapixelbit.com>



EDITORIAL
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

EQUIPO EDITORIAL (EDITORIAL BOARD)

EDITOR JEFE (EDITOR IN CHIEF)

Dr. Julio Cabero Almenara, Departamento de Didáctica y Organización Educativa, Facultad de CC de la Educación, Director del Grupo de Investigación Didáctica. Universidad de Sevilla (España)

EDITOR ADJUNTO (ASSISTANT EDITOR)

Dr. Juan Jesús Gutiérrez Castillo, Departamento de Didáctica y Organización Educativa. Facultad de CC de la Educación, Universidad de Sevilla (España)

Dr. Óscar M. Gallego Pérez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

EDITORES ASOCIADOS

Dra. Urtza Garay Ruiz, Universidad del País Vasco. (España)

Dra. Ivanovna Milqueya Cruz Pichardo, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. (República Dominicana)

CONSEJO METODOLÓGICO

Dr. José González Such, Universidad de Valencia (España)

Dr. Antonio Matas Terrón, Universidad de Málaga (España)

Dra. Cynthia Martínez-Garrido, Universidad Autónoma de Madrid (España)

Dr. Clemente Rodríguez Sabote, Universidad de Granada (España)

Dr. Luis Carro San cristóbal, Universidad de Valladolid (España)

Dra. Nina Hidalgo Farran, Universidad Autónoma de Madrid (España)

Dr. Francisco David Guillén Gámez, Universidad de Córdoba (España)

CONSEJO DE REDACCIÓN

Dra. María Puig Gutiérrez, Universidad de Sevilla. (España)

Dra. Sandra Martínez Pérez, Universidad de Barcelona (España)

Dr. Selín Carrasco, Universidad de La Punta (Argentina)

Dr. Jackson Collares, Universidades Federal do Amazonas (Brasil)

Dra. Kitty Gaona, Universidad Autónoma de Asunción (Paraguay)

Dr. Vito José de Jesús Carioca. Instituto Politécnico de Beja Ciencias da Educação (Portugal)

Dra. Elvira Esther Navas, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)

Dr. Angel Puentes Puentes, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. Santo Domingo (República Dominicana)

Dr. Fabrizio Manuel Sirignano, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)

Dra. Sonia Aguilar Gavira. Universidad de Cádiz (España)

Dra. Eloisa Reche Urbano. Universidad de Córdoba (España)

CONSEJO TÉCNICO

Dra. Raquel Barragán Sánchez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

D. Antonio Palacios Rodríguez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

D. Manuel Serrano Hidalgo, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

Diseño de portada: Dña. Lucía Terrones García, Universidad de Sevilla (España)

Revisor/corrector de textos en inglés: Dra. Rubicelia Valencia Ortiz, MacMillan Education (México)

Revisores metodológicos: evaluadores asignados a cada artículo

CONSEJO CIENTÍFICO

Jordi Adell Segura, Universidad Jaume I Castellón (España)

Ignacio Aguaded Gómez, Universidad de Huelva (España)

María Victoria Aguiar Perera, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España)

Olga María Alegre de la Rosa, Universidad de la Laguna Tenerife (España)

Manuel Área Moreira, Universidad de la Laguna Tenerife (España)

Patricia Ávila Muñoz, Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa (México)

Antonio Bartolomé Pina, Universidad de Barcelona (España)

Angel Manuel Bautista Valencia, Universidad Central de Panamá (Panamá)
Jos Beishuizen, Vrije Universiteit Amsterdam (Holanda)
Florentino Blázquez Entonado, Universidad de Extremadura (España)
Silvana Calaprince, Università degli studi di Bari (Italia)
Selín Carrasco, Universidad de La Punta (Argentina)
Raimundo Carrasco Soto, Universidad de Durango (México)
Rafael Castañeda Barrena, Universidad de Sevilla (España)
Zulma Cataldi, Universidad de Buenos Aires (Argentina)
Manuel Cebrián de la Serna, Universidad de Málaga (España)
Luciano Cecconi, Università degli Studi di Modena (Italia)
Jean-François Cerisier, Université de Poitiers, Francia
Jordi Lluís Coiduras Rodríguez, Universidad de Lleida (España)
Jackson Collares, Universidades Federal do Amazonas (Brasil)
Enricomaria Corbi, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)
Marialaura Cunzio, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)
Brigitte Denis, Université de Liège (Bélgica)
Floriana Falcinelli, Università degli Studi di Perugia (Italia)
Maria Cecilia Fonseca Sardi, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)
Maribel Santos Miranda Pinto, Universidade do Minho (Portugal)
Kitty Gaona, Universidad Autónoma de Asunción (Paraguay)
María-Jesús Gallego-Arrufat, Universidad de Granada (España)
Lorenzo García Aretio, UNED (España)
Ana García-Valcarcel Muñoz-Repiso, Universidad de Salamanca (España)
Antonio Bautista García-Vera, Universidad Complutense de Madrid (España)
José Manuel Gómez y Méndez, Universidad de Sevilla (España)
Mercedes González Sanmamed, Universidad de La Coruña (España)
Manuel González-Sicilia Llamas, Universidad Católica San Antonio-Murcia (España)
Francisco David Guillén Gámez (España)
António José Meneses Osório, Universidade do Minho (Portugal)
Carol Halal Orfali, Universidad Tecnológica de Chile INACAP (Chile)
Mauricio Hernández Ramírez, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)
Ana Landeta Etxeberria, Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)
Linda Lavelle, Plymouth Institute of Education (Inglaterra)
Fernando Leal Ríos, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)
Paul Lefrere, Cca (UK)
Carlos Marcelo García, Universidad de Sevilla (España)
Francois Marchessou, Universidad de Poitiers, París (Francia)
Francesca Marone, Università degli Studi di Napoli Federico II (Italia)
Francisco Martínez Sánchez, Universidad de Murcia (España)
Ivory de Lourdes Mogollón de Lugo, Universidad Central de Venezuela (Venezuela)
Angela Muschitiello, Università degli studi di Bari (Italia)
Margherita Musello, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)
Elvira Esther Navas, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)
Trinidad Núñez Domínguez, Universidad de Sevilla (España)
James O'Higgins, de la Universidad de Dublín (UK)
José Antonio Ortega Carrillo, Universidad de Granada (España)
Gabriela Padilla, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)
Ramón Pérez Pérez, Universidad de Oviedo (España)
Angel Puentes Puente, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. Santo Domingo (República Dominicana)
Julio Manuel Barroso Osuna, Universidad de Sevilla (España)
Rosalía Romero Tena, Universidad de Sevilla (España)
Hommy Rosario, Universidad de Carabobo (Venezuela)
Pier Giuseppe Rossi, Università di Macerata (Italia)
Jesús Salinas Ibáñez, Universidad Islas Baleares (España)
Yamile Sandoval Romero, Universidad de Santiago de Cali (Colombia)
Albert Sangrà Morer, Universidad Oberta de Catalunya (España)
Ángel Sanmartín Alonso, Universidad de Valencia (España)
Horacio Santángelo, Universidad Tecnológica Nacional (Argentina)
Francisco Solá Cabrera, Universidad de Sevilla (España)
Jan Frick, Stavanger University (Noruega)
Karl Steffens, Universidad de Colonia (Alemania)
Seppo Tella, Helsinki University (Finlandia)
Hanne Wacher Kjaergaard, Aarhus University (Dinamarca)



FACTOR DE IMPACTO (IMPACT FACTOR)

SCOPUS Q1 Education: Posición 236 de 1406 (83% Percentil). CiteScore Tracker 2022: 4.6 - Journal Citation Indicator (JCI). Emerging Sources Citation Index (ESCI). Categoría: Education & Educational Research. Posición 257 de 739. Cuartil Q2 (Percentil: 65.29) - FECYT: Ciencias de la Educación. Cuartil 1. Posición 16. Puntuación: 35,68- DIALNET MÉTRICAS (Factor impacto 2021: 1.72. Q1 Educación. Posición 12 de 228) - REDIB Calificación Global: 29,102 (71/1.119) Percentil del Factor de Impacto Normalizado: 95,455- ERIH PLUS - Clasificación CIRC: B- Categoría ANEP: B - CARHUS (+2018): B - MIAR (ICDS 2020): 9,9 - Google Scholar (global): h5: 42; Mediana: 42 - Journal Scholar Metric Q2 Educación. Actualización 2016 Posición: 405ª de 1,115- Criterios ANECA: 20 de 21 - INDEX COPERNICUS Puntuación ICV 2019: 95.10

Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación está indexada entre otras bases en: SCOPUS, Fecyt, DOAJ, Iresie, ISOC (CSIC/CINDOC), DICE, MIAR, IN-RECS, RESH, Ulrich's Periodicals, Catálogo Latindex, Biné-EDUSOL, Dialnet, Redinet, OEI, DOCE, Scribd, Redalyc, Red Iberoamericana de Revistas de Comunicación y Cultura, Gage Cengage Learning, Centro de Documentación del Observatorio de la Infancia en Andalucía. Además de estar presente en portales especializados, Buscadores Científicos y Catálogos de Bibliotecas de reconocido prestigio, y pendiente de evaluación en otras bases de datos.

EDITA (PUBLISHED BY)

Grupo de Investigación Didáctica (HUM-390). Universidad de Sevilla (España). Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica y Organización Educativa. C/ Pirotecnia s/n, 41013 Sevilla. Dirección de correo electrónico: revistapixelbit@us.es. URL: <https://revistapixelbit.com/>
ISSN: 1133-8482; e-ISSN: 2171-7966; Depósito Legal: SE-1725-02
Formato de la revista: 16,5 x 23,0 cm

Los recursos incluidos en Píxel Bit están sujetos a una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 Unported (Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual)(CC BY-NC-SA 4.0), en consecuencia, las acciones, productos y utilidades derivadas de su utilización no podrán generar ningún tipo de lucro y la obra generada sólo podrá distribuirse bajo esta misma licencia. En las obras derivadas deberá, asimismo, hacerse referencia expresa a la fuente y al autor del recurso utilizado.

©2023 Píxel-Bit. No está permitida la reproducción total o parcial por ningún medio de la versión impresa de Píxel-Bit.

- 1.- Análisis de redes sociales para la inclusión entre iguales en discusiones en línea con estudiantes de universidad // Social network analysis for peer inclusion in undergraduate online discussions** // Social network analysis for peer inclusion in undergraduate online discussions
Fran J. García-García, Inmaculada López-Francés, Cristian Molla-Esparza 7
- 2.- Revisión de la literatura sobre anotaciones de vídeo en la formación docente // Literature review on video annotations in teacher education** // Literature review on video annotations in teacher education
Violeta Cebrián Robles, Ana-Belén Pérez-Torregrosa, Manuel Cebrián de la Serna 31
- 3.- Diseño, validación y usabilidad de un aplicativo móvil para la enseñanza de electrocardiografía // Design, validation and usability of a mobile application for teaching electrocardiography** // Design, validation and usability of a mobile application for teaching electrocardiography
Judy Ximena Ramos Garzón 59
- 4.- Evaluación de una APP de realidad aumentada en niños/as con dislexia: estudio piloto // Evaluation of an augmented reality APP for children with dyslexia: a pilot study** // Evaluation of an augmented reality APP for children with dyslexia: a pilot study
Vanesa Ausín Villaverde, Sonia Rodríguez Cano, Vanesa Delgado Benito, Radu Bogdan Toma 87
- 5.- Variables asociadas al uso de pantallas al término de la primera infancia // Variables associated with the use of screens at the end of early childhood** // Variables associated with the use of screens at the end of early childhood
Carla Ortiz-de-Villate, Javier Gil-Flores, Javier Rodríguez-Santero 113
- 6.- ¿Crea contenidos digitales el profesorado universitario? Un diseño mixto de investigación // Do university teacher create digital content? Mixed research design** // Do university teacher create digital content? Mixed research design
María de Lourdes Ferrando-Rodríguez, Vicente Gabarda Méndez, Diana Marín- Suelves, Jesús Ramón-Llín Más 137
- 7.- Instantáneas culturales y Flipped Classroom: percepciones de futuros docentes // Cultural snapshots and Flipped Classroom: prospective teachers' perceptions** // Cultural snapshots and Flipped Classroom: prospective teachers' perceptions
Ernesto Colomo-Magaña, Andrea Cívico-Ariza, Enrique Sánchez-Rivas, Teresa Linde-Valenzuela 173
- 8.- Imbricación del Metaverso en la complejidad de la educación 4.0: Aproximación desde un análisis de la literatura // Imbrication of the Metaverse in the complexity of education 4.0: Approach from an analysis of the literature** // Imbrication of the Metaverse in the complexity of education 4.0: Approach from an analysis of the literature
Carlos Enrique George-Reyes, María Soledad Ramírez-Montoya, Edgar Omar López-Caudana 199
- 9.- Redes sociales y smartphones como recursos para la enseñanza: percepción del profesorado en España // Social media and smartphones as teaching resources: Spanish teacher's perceptions** // Social media and smartphones as teaching resources: Spanish teacher's perceptions
Francisco-Javier Lena-Acebo, Ana Pérez-Escoda, Rosa García-Ruiz, Manuel Fandos-Igado 239
- 10.- El robot M Bot para el aprendizaje de coordenadas cartesianas en Educación Secundaria // The M Bot robot for learning Cartesian coordinates in Secondary Education** // The M Bot robot for learning Cartesian coordinates in Secondary Education
José-Manuel Sáez-López, Rogelio Buceta-Otero 271

El robot M Bot para el aprendizaje de coordenadas cartesianas en Educación Secundaria

The M Bot robot for learning Cartesian coordinates in Secondary Education



Dr. José-Manuel Sáez-López

Profesor Titular de Universidad. UNED. España



D. Rogelio Buceta-Otero

Estudiante de Doctorado. UNED. Escuela Internacional de Doctorado. España

Recibido: 2022/07/16; **Revisado:** 2022/09/16; **Aceptado:** 2022/12/07; **Preprint:** 2022/12/28; **Publicado:** 2023/01/07

RESUMEN

Esta investigación resalta las interacciones y procesos pedagógicos en el uso educativo de robótica y programación visual por bloques en matemáticas, en la etapa de Educación Secundaria. Partiendo de conceptos y prácticas computacionales, se integran actividades prácticas y divertidas en el aula para el aprendizaje de la unidad didáctica de coordenadas cartesianas. Los participantes son 49 estudiantes de 2º grado de Educación Secundaria, 25 como grupo experimental y 24 como grupo de control. Partiendo de un diseño pre-experimental y un análisis descriptivo, la primera dimensión "Resultados académicos con el uso de la robótica" utiliza un test. En la segunda dimensión "beneficios de la robótica en contextos educativos" se valora el aprendizaje activo, los conceptos computacionales, las matemáticas, la utilidad y la diversión. Aunque se concluye que no hay mejoras significativas en el rendimiento académico, sí mejora de un modo significativo la utilidad, la aplicación en matemáticas, la utilidad percibida, y especialmente, la comprensión de los conceptos computacionales.

ABSTRACT

This research highlights the interactions and pedagogical processes in the educational use of robotics and visual programming by blocks in mathematics, in the Secondary Education stage. Starting from computational concepts and practices, practical and fun activities are integrated in the classroom for learning the Cartesian coordinates didactic unit. The participants are 49 students from the 2nd grade of Secondary Education, 25 as an experimental group and 24 as a control group. Starting from a pre-experimental design and a descriptive analysis, the first dimension "Academic results with the use of robotics" uses a test. In the second dimension "Benefits of robotics in educational contexts", active learning, computational concepts, mathematics, utility and fun are valued. Although it is concluded that there are no significant improvements in academic performance, it does significantly improve utility, application in mathematics, perceived utility, and especially the understanding of computational concepts.

PALABRAS CLAVES - KEYWORDS

Codificación; Diseño Instructivo; Educación Secundaria; Robótica, Tecnología Educativa
Coding; Instructional Design; Secondary Education; Robotics; Educational Technology



1. Introducción

Varios informes científicos han analizado la evolución e importancia de la codificación como tendencia emergente en contextos educativos (Freeman et al., 2017; UNESCO, 2022). La programación y la robótica se han presentado como una nueva herramienta educativa que, a través de sus interacciones prácticas, ofrece beneficios y ventajas muy recomendables. Otros informes se han ocupado de reseñar las ventajas que este enfoque de diseño instructivo ofrece.

Una teoría esencial y básica es el constructivismo, que considera que las experiencias de aprendizaje más efectivas están relacionadas con la construcción activa a través de interacciones. Papert (1980) destaca el construccionismo como método que implica "aprender haciendo", partiendo de los conocimientos previos de los estudiantes, por lo que los estudiantes aprenden mejor cuando trabajan con materiales que les permiten diseñar y construir artefactos.

Hoy en día la robótica se puede manipular utilizando la programación visual por bloques, que permite experimentar métodos computacionales que propician la resolución de problemas. La programación es ahora una parte integral de la vida cotidiana (Iivari et al., 2020; Luxton-Reilly, 2016). A partir de estos fundamentos, adquieren protagonismo los enfoques activos en los procesos educativos, propiciando el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico (Sáez-López et al., 2021).

Estas prácticas computacionales se pueden integrar en procesos educativos para mejorar la resolución de problemas, la lógica y propiciar un mejor aprendizaje de las matemáticas.

El lenguaje de programación visual por bloques permite a los usuarios crear programas mediante la manipulación de elementos gráficos de programación, en lugar de escribir código usando texto. Como aplicación que utiliza programación por bloques, destaca Scratch, que permite crear programas mediante el ajuste de bloques lógicos, y la construcción de editores de programación visuales.

Es ideal para usuarios que se están iniciando en la programación, pues pueden traducir sus ideas en enunciados lógicos sin tener que preocuparse de la sintaxis, por lo que no hay errores de comas o puntos al escribir código al arrastrar los bloques; de este modo el usuario se centra simplemente en la lógica. La aplicación es intuitiva y facilita la participación al conectar bloques y experimentar.

Scratch puede crear programas mediante el ajuste de bloques lógicos, cada bloque representa un fragmento de código para que sea ejecutado por el ordenador. Este planteamiento se basa en las ideas del aprendizaje constructivista y el proyecto "LOGO" (Papert, 1980). Algunos estudios han resaltado su aplicación en la enseñanza elemental (Maya et al., 2015; Sáez-López et al., 2016) con ventajas relativas al compromiso, motivación y diversión.

Algunos estudios (Chen et al., 2017; Mazzoni y Benvenuti, 2015), han demostrado beneficios de la robótica educativa en la enseñanza elemental, analizando condiciones experimentales o aplicando un plan de estudios utilizando la robótica. La evidencia empírica sugiere la efectividad de la robótica como una forma de aprendizaje (Mazzoni y Benvenuti 2015; Spolaôr y Vavassori-Bennit 2017) en la enseñanza elemental (Chen et al. 2017; Kucuk y Sisman 2017).

Los entornos robóticos y virtuales se consideran herramientas poderosas para el aprendizaje de conceptos de programación complejos (Caci et al., 2013; Fanchamps et al., 2021). Un resultado tangible se puede experimentar y percibir a través de representaciones físicas, a diferencia de un resultado visual, que utiliza más representaciones mentales (Chevalier et al., 2022).

En la presente investigación es importante el robot M Bot (figura 1), pues es el recurso que se usa en la aplicación. Este robot aporta la posibilidad de trabajar la programación visual por bloques con makeblock (<http://www.makeblock.cc/mbot/>), que es similar a Scratch 2.0.

Figura 1

M-bot y Make Block



De este modo los estudiantes pueden experimentar fácilmente con este recurso en los niveles de la enseñanza elemental. Es un robot ideal para iniciarse en robótica, programación y electrónica basado en Arduino UNO. Sus recursos incluyen:

- Sensor de brillo
- Sensor de proximidad
- Sensor que sigue líneas
- 2 LED RGB con opción de color
- Permite al usuario tocar notas musicales (zumbador)
- Un botón en la placa

Saez et al., (2019) destacan que partir de los datos con el trabajo con M Bot se recomienda la integración de la robótica educativa con programación visual por bloques visuales en matemáticas, especialmente en las asignaturas o unidades didácticas relacionadas con coordenadas y números enteros. De esta manera, los estudiantes pusieron en práctica las matemáticas, pues reciben una retroalimentación inmediata al insertar coordenadas o números en el robot.

En cuanto a los planes de estudios, los estándares de la Asociación Internacional de Tecnologías en la Educación (ISTE) se pueden aplicar fácilmente. Algunas de estas normas se relacionan directamente con las prácticas y actividades propuestas:

6.a Comprender y utilizar los sistemas tecnológicos.

6.b Resolver sistemas y aplicaciones.

6.c Transferir conocimientos actuales para el aprendizaje de nuevas tecnologías.

La perspectiva general de estos estándares puede ser de interés y agregar valor a la planificación. Además, y especificando diferentes elementos, podemos distinguir entre algoritmos, bucles y eventos en las etapas de educación primaria. Algunas normas (CSTA Estándares de Ciencias de la Computación K-12) que pueden ser aplicables a la educación primaria son:

- CT. L2-06—Describir y analizar una secuencia siguiendo instrucciones (algoritmo o secuencia).
- CPP. L1: 6-06—Implementación de soluciones a problemas utilizando una programación visual basada en bloques
- CT. L2-01: usar los pasos básicos para resolver un problema algorítmico con el fin de diseñar soluciones.

En definitiva, algunas aplicaciones permiten la aplicación interactiva en un progreso didáctico con actividades dinámicas, propiciando una resolución de problemas, interacciones, retroalimentación, diversión y entusiasmo. Los modelos y métodos computacionales nos permiten resolver problemas y diseñar sistemas que los humanos no podrían hacer solos; la alfabetización en codificación en su nivel básico puede también ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades transferibles (Freeman et al. 2017). Programación y robótica se utilizan para apoyar el aprendizaje en las escuelas, especialmente en las materias de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas e informática (Kim et al. 2015).

2. Objetivos

Objetivo General: Describir, comparar y asociar los resultados que obtienen los alumnos de la ESO que utilizan y que no utilizan robots en el aprendizaje de contenidos relativos a ejes de coordenadas.

Objetivos específicos:

- Estudiar el conocimiento de los planos cartesianos y la comprensión de la utilidad de su estudio.

- Realizar operaciones básicas (sumas y restas) con puntos ubicados en el plano.
- Analizar los resultados académicos con el uso de la robótica en matemáticas.
- Comparar los niveles de motivación percibidos en la implementación de los robots.
- Valorar la importancia del uso de robots en el aprendizaje de nuevos contenidos.
- Analizar los beneficios de la robótica en el aula Educación Secundaria.

3. Metodología

La investigación tiene un enfoque naturalista, ya que se lleva a cabo en la práctica real del aula. Desde un diseño pre experimental, al tratarse de un muestreo no aleatorio, y comparando entre grupo de control y grupo experimental, se aplica un test y un cuestionario, como instrumentos. El cuestionario se valida en el año 2021 mediante la validación cualitativa de juicio de expertos, y una confiabilidad de Alfa de Cronbach de 0.796.

Respecto a las aportaciones de los jueces expertos, se detalla el coeficiente de la V de Aiken, que se calcula sobre las valoraciones de los 11 jueces, que son profesores universitarios en Educación. Se valora la pertinencia (coherente con los objetivos) y la adecuación (ajustada a las características de los sujetos y su factibilidad).

La fórmula es: $(V=S/[n(c-1)])$. Dónde: S = la surnatoria de s_i ; s_i = Valor asignado por el juez i ; n = Número de jueces; c = Número de valores de la escala de valoración. La validez cualitativa de contenido aportada por los jueces expertos arroja un valor de Aiken superior a 0,7 en todos los ítems. Por lo tanto, la pertinencia y adecuación del instrumento en la validación cualitativa es aceptable

Se realiza un análisis descriptivo, y una investigación desde el diseño preexperimental, con la prueba paramétrica T de Student en la dimensión 1, y prueba no paramétrica (U de Mann de Whitney) en la dimensión 2. Todos los ítems que conforman las dos dimensiones trabajadas pueden consultarse en el apartado resultados del artículo.

La variable independiente del estudio es la implementación de la robótica y conceptos computacionales. Las variables dependientes son el aprendizaje de las matemáticas (coordenadas cartesianas y operaciones), la motivación, el trabajo en equipo, el aprendizaje activo y la utilidad percibida. Estos elementos son coherentes con las dimensiones, indicadores e instrumentos del estudio.

Como aportación de este artículo a la comunidad científica se reseña que los ítems de las dimensiones trabajadas permiten ser replicados, contrastados y posiblemente verificados en otro estudio por la comunidad investigadora.

Tabla 1*Dimensiones indicadores e instrumentos*

Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
1. Resultados académicos con el uso de la robótica.	-Comprender coordenadas -Funcionamiento de robot -Conceptos computacionales -Sumar coordenadas -Motivación -Trabajo en equipo.	-Test REE -Análisis descriptivo -Diseño pre experimental -G. Control y G..Experimental -T de Student
2. Beneficios de la robótica en contextos educativos.	-Aprendizaje activo -Conceptos computacionales -Conceptos matemáticos -Utilidad percibida -Disfrute	-Cuestionario -G. Control y G..Experimental -U de Mann Whitney

La primera dimensión: Resultados académicos con el uso de la robótica, mide los resultados del test Robótica Educativa en la Enseñanza (REE) a través de un método pre-experimental. La validez de constructo se examinó mediante análisis factorial exploratorio, utilizando el criterio de extracción de valores propios > 1, y el método de rotación varimax. Además, un valor de 8.03 de fiabilidad de Cronbach es aceptable (Hair, Anderson, Tatham & Black, 1998).

La segunda dimensión: Beneficios de la robótica en contextos educativos, analiza los valores obtenidos en una escala con 5 partes:

- La escala 1 de aprendizaje activo contiene cinco preguntas, presente en Hiltz, et al. (2000).
- La escala 2, Conceptos computacionales, se basa en un estudio de Sáez-López, et al. (2016)
- La escala 3, Conceptos matemáticos, es de elaboración propia, cuenta con 4 ítems.
- La escala 4 de, utilidad percibida consta de tres preguntas adaptadas de Davis et al. (2002).
- La escala 5, disfrute, consta de cinco preguntas adaptadas de la escala creada por Laros y Steenkamp (2005).

3.1. Participantes

El trabajo de campo se desarrolla en el curso académico 2021/22, los estudiantes del grupo experimental llevan a cabo una unidad didáctica de coordenadas cartesianas en la asignatura de matemáticas, integrando la programación y robótica en su práctica y

actividades. El grupo de control desarrolla la misma unidad didáctica, pero con un planteamiento clásico, usando el libro de texto.

La población que ha tomado parte en esta investigación está conformada por estudiantes de Educación Secundaria de la provincia de Almería (España). Se opta por un diseño pre-experimental, la muestra de estudio es no probabilística e intencional, consta de un grupo experimental de 25 estudiantes de 2º curso de Educación Secundaria de un centro de la provincia de Almería, y un grupo de control de 24 sujetos del mismo nivel educativo. Por tanto 49 sujetos participan en la investigación con $N= 25$. El 46.9% son chicas y el 53.1% son chicos, no se detalla el análisis de contingencias al no encontrar diferencias significativas en relación al género.

3.2. Aplicación o intervención

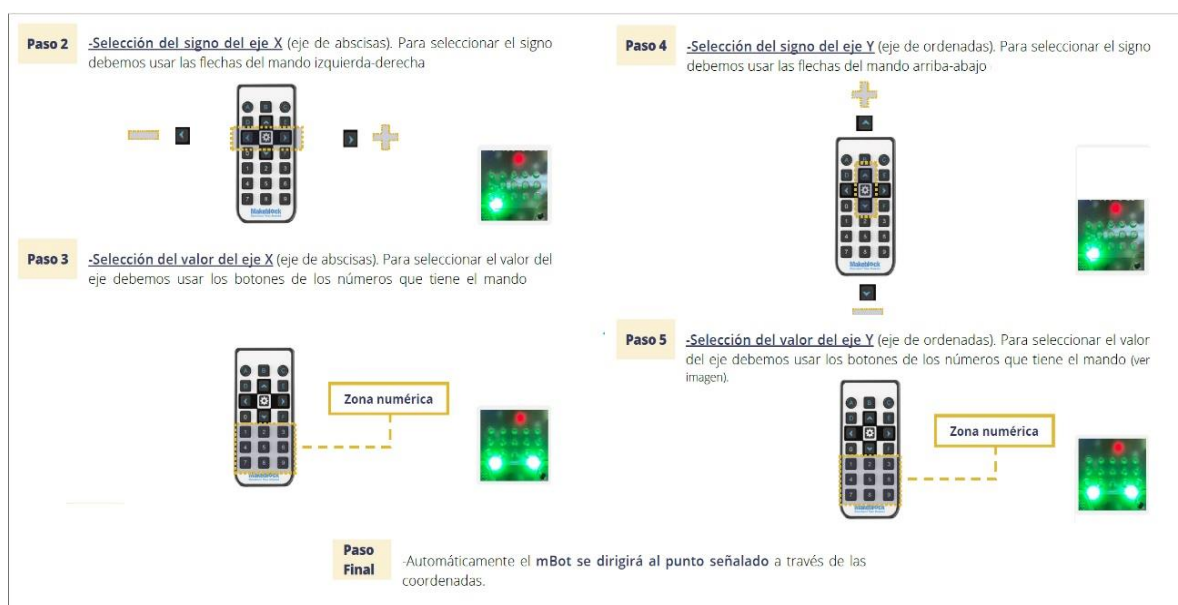
Para llevar a cabo estos „Juegos Olímpicos Cartesianos“, se deberán hacer equipos de tres componentes. Estos equipos permanecerán indivisibles durante todas las actividades. La competición tendrá una duración de tres jornadas de veinte minutos cada una, en la que cada equipo deberá resolver distintas actividades que se le presentan.

Paso 1: El funcionamiento del robot es muy sencillo, está programado para jugar con él rápidamente sin ningún tipo de inconveniente. La secuencia que hay que seguir para cargar las coordenadas del M Bot es la que se detalla a continuación:

Se procede a situar el M Bot en las coordenadas que queramos, con el frontal del robot orientado obligatoriamente hacia la derecha. El M Bot está diseñado para detectar las líneas, tanto longitudinales como transversales, por lo tanto, procura dejarlo bien situado. Se le envían las coordenadas con el mando al robot (ver figura 2).

Figura 2

Fases para manejar M Bot en el plano cartesiano



El robot inicia los movimientos considerando que el punto de partida es la coordenada (0,0). Para que inicie sus movimientos desde otro punto, se deben calcular las coordenadas de destino partiendo de otro valor inicial. Las actividades son:

-Primera prueba “vete al punto”: Consiste en llevar al M Bot desde el centro del tablero de juego (coordenada 0,0) hasta el punto que salga en la ruleta virtual. Se deberán insertar las coordenadas en el robot y comprobar que llega al destino correcto. Trabajarán todos los miembros del equipo, pero actuando individualmente y sin ninguna ayuda por parte de los compañeros. Únicamente se permite un intento por persona (3 intentos en total por equipo). Puntuación: Si llega a la coordenada indicada correctamente: +1 punto; Si no llega a la coordenada indicada correctamente: -1 punto.

-Segunda prueba “sal del laberinto”: Consiste en salir de un laberinto sencillo compuesto por 4 bloques, saliendo desde un punto y llegando a otro punto determinado de forma aleatoria por la ruleta virtual. Para la solución de este reto se deberán tener en cuenta las distancias entre ambos lugares. Trabajarán todos los miembros del equipo, de forma grupal y coordinadamente. El equipo dispondrá de 2 minutos para pensar las coordenadas que se deben grabar en el robot. Únicamente se permite un intento por equipo. Puntuación: Si llega a la coordenada indicada correctamente: +3 puntos; si no llega a la coordenada indicada correctamente: -1 punto.

-Tercera prueba “Taller de reciclaje”: La prueba consiste en llevar al robot desde el punto inicial a dos zonas de reciclaje, a las que deberán llevar dos objetos determinados de forma aleatoria por la ruleta virtual. El robot deberá llegar al primer punto. Desde ahí se recargarán las nuevas coordenadas y deberá llegar al segundo punto. Trabajarán todos los miembros del equipo, de forma grupal y coordinadamente. El equipo dispondrá de 3 minutos en total para completar el reto. Únicamente se permite un intento por equipo. Puntuación: Si llega a las dos zonas de reciclaje indicadas correctamente: +5 puntos; Si llega a una zona de reciclaje indicada correctamente: +2 puntos; Si no llega a ninguna zona de reciclaje indicada correctamente: -1 punto.

Figura 3

M Bot en el aula de Educación Secundaria



Con estas actividades se pretende comprender el sistema de coordenadas por medio de aplicaciones prácticas, entender cómo funciona un robot guiado por coordenadas, conocer conceptos computacionales básicos (bucle, condicionales, etc), sumar coordenadas teniendo en cuenta los puntos de partida del movimiento, usar nuevas metodologías de trabajo aumentando los niveles de motivación, trabajar en equipo con el objeto de conseguir un objetivo común y respetar los logros alcanzados tanto a nivel individual como grupal (ver figura 3).

Tras la intervención se aplica un test en la dimensión 1 (ver ejemplo en figura 4) y un cuestionario en la dimensión 2 que se detallará en el apartado de resultados.

Figura 4

Item 4 del test de la dimensión 1

Pregunta 4

2 puntos

Dibuja el recorrido en el plano cartesiano del mapa que se muestra a continuación. Sigue las indicaciones y marca el camino que debes seguir para encontrar el tesoro. Completa los espacios en blanco.

- Inicia el recorrido del punto (-6, -3).
- Camina hacia el Sur 1 casilla. Llegas al punto (,).
- Camina hacia el Este 14 casillas. Llegas al punto (,).
- Camina hacia el Norte 6 casillas. Llegas al punto (,).
- Por último, camina hacia el Oeste 9 casillas.

El tesoro está en el punto (,).

3

4. Resultados

4.1. Dimensión 1: Resultados académicos con el uso de la robótica.

La dimensión 1 aplica un diseño pre-experimental en el que se comparan las medias a través de inferencia estadística, utilizando la t de student. Se analizan diferencias en el grupo de control y el grupo experimental.

A partir de los resultados de la prueba t de Student administrada, se puede afirmar que no hay mejoras significativas en los resultados de la prueba REE, por lo que el programa implementado aporta ventajas que veremos en la dimensión 2, pero no mejora la capacidad de los estudiantes para entender los conceptos matemáticos relativos a coordenadas cartesianas. Los valores obtenidos aportan los datos obtenidos después de la aplicación de la intervención, a un nivel de significación del 95% (tabla 2).

Tabla 2

Dimensiones indicadores e instrumentos

		N	Media	Des Std.
REE	Grupo Experimental	25	6,0400	1,50519
	Grupo de control	24	5,9323	1,26054

En la comparación de medias entre el grupo de control y el grupo experimental, la media mejora, pero no de forma significativa. Se asume homocedasticidad o igualdad de varianzas en el test de Levene ($F= 1,845$), y P es $0,181$, por tanto, no hay mejoras estadísticamente significativas al aplicar este test.

4.2. Dimensión 2: Beneficios de la robótica en contextos educativos.

4.2.1. Valores descriptivos

Se destaca que el Aprendizaje Activo se potencia considerablemente desde la visión de los participantes, pues se obtiene un valor medio de 6,08 de 7, por tanto, los sujetos aseguran que aprenden, se interesan por el tema y participan.

También se destacan valores positivos en todos los ítems en relación a los conceptos computacionales aprendidos en el Grupo experimental, con un 5,312 de media. Aunque la afirmación relativa a conocer los elementos usados en programación tiene el valor más bajo del instrumento (4,44), el valor es positivo cuando el máximo de la escala es 7.

También se destaca un aprendizaje en los conceptos matemáticos (6,44), muy similar a los valores obtenidos en el test de la dimensión 1. Los sujetos además perciben que la intervención les ha resultado útil (6,208) y han disfrutado bastante de la implementación (5,984). En definitiva, el planteamiento ha resultado positivo para los estudiantes.

Tabla 3

Cuestionario, análisis cuasi-cuantitativo

	Ítems	Media G.Exp.	Medi Indic	U de ManW.
1.-Aprendizaje activo	1. Aprendí cosas con mucha aplicación práctica	5,88	6,08	,054
	2. Identifiqué cuál era el tema de estudio principal	5,88		,091
	3. Me interesé mucho por el tema	6,20		,023
	4. Participé con muchas ganas en las actividades propuestas.	6,12		,014
	5. Esa forma de trabajar me ayudó a aprender fácilmente	6,32		,002
2.-Conceptos computacionales	1. Conozco diversos elementos usados en programación	4,44	5,312	,002
	2. Entiendo el funcionamiento de los bucles en programación	5,32		,000
	3. Sé que son los eventos en programación	4,92		,000
	4. Mejoré mi capacidad de compartir los contenidos trabajados	5,72		,001
	5. Mostré al resto de los compañeros/as los ejercicios llevados a cabo	6,16		,000
3.-Conceptos matemáticos	1. Comprendí el concepto de eje de coordenadas	6,56	6,44	,017
	2. Aprendí a situar un punto usando coordenadas	6,48		,066
	3. Hice operaciones básicas usando coordenadas	6,40		,000
	4. Aprendí a aplicar las matemáticas en situaciones reales	6,32		,080
4.-Utilidad percibida	1. Esta forma de trabajo me ayudó a aprender con más rapidez	6,40	6,208	,010
	2. El material utilizado me ayudó a aprender con más facilidad	6,40		,042
	3. El material didáctico fue útil	6,16		,279
	4. Las actividades propuestas me resultaron muy amenas	5,88		,754
	5. Realizar este tipo de actividades me ayudó a razonar mejor	6,20		,002
5.-Disfrute	1. Me sentí bien mientras hacía las tareas	6,20	5,984	,678
	2. Me gustó mucho el trabajo propuesto	6,48		,073
	3. Estaba muy contento/a mientras hacías las actividades	5,80		,377
	4. Me sentí motivado/a	6,00		,411
	5. Estaba muy relajado/a y cómodo/a	5,44		,017

Nota: Valores 1=Totalmente en desacuerdo/ 7=Totalmente de acuerdo

4.2.2. Inferencia estadística, U de Mann Whitney.

En lo que respecta al aprendizaje activo, se aprecian mejoras estadísticamente significativas en varios ítems. Los sujetos que utilizaron robótica se interesaron mucho por el tema (ítem 1.3), participaron con más ganas en las actividades propuestas (1.4), y el trabajo con la robótica les ayudó a aprender fácilmente (1.5).

El apartado 2, conceptos computacionales, es el que destaca más mejoras significativas, pues todos sus ítems presentan valores muy superiores en el grupo que utiliza

robots. En definitiva, se mejora en el conocimiento de la programación (2.1), los bucles (2.2), los eventos (2.3), la capacidad de compartir los contenidos y ejercicios trabajados (2.4 y 2.5).

En el trabajo de conceptos matemáticos se aprecian mejoras en la comprensión del concepto de eje de coordenadas (3.1) y realizar operaciones básicas usando coordenadas (3.3), y contenidos fundamentales en la implementación de la investigación.

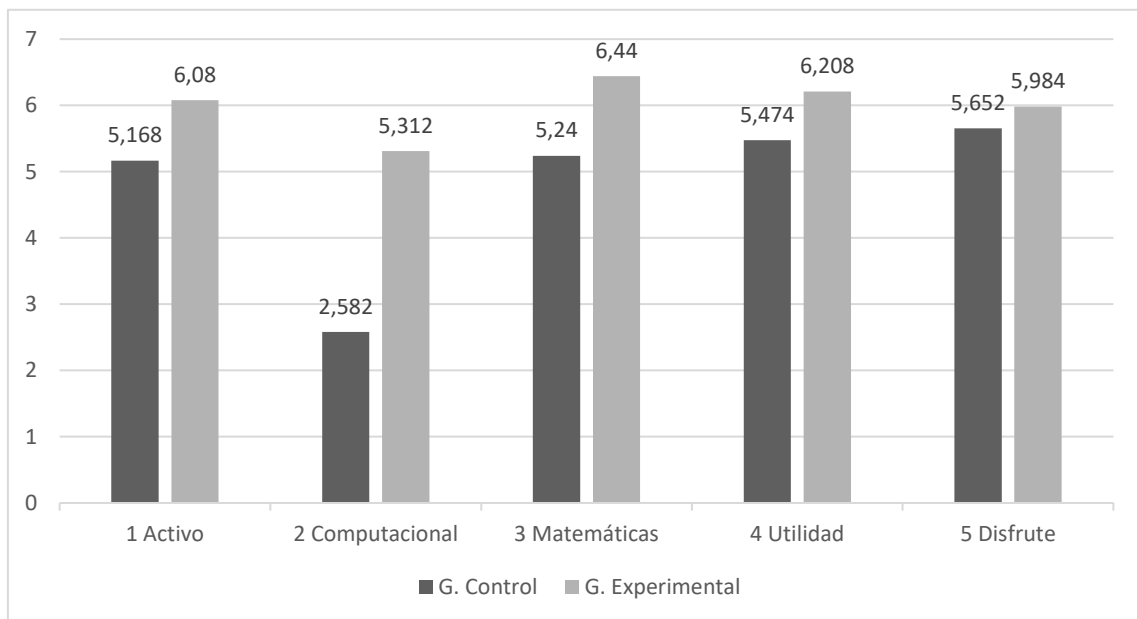
Por otra parte, los sujetos destacan mejorar significativas en la utilidad percibida al utilizar la robótica, en el hecho de que aprenden con más rapidez (4.1), que el material utilizado ayudó a aprender con más facilidad (4.2), y que este tipo de actividades ayudó a razonar mejor (4.5).

Por último, respecto a la diversión o disfrute, hubo mejoras en que gustó mucho el trabajo propuesto (5.2) y los sujetos que usaban la robótica estaban más relajados y cómodos (5.5).

En el resto de los ítems, aunque destacan valores positivos en el análisis descriptivo, no hubo mejoras estadísticamente significativas según el test de U de Mann Whitney.

Figura 5

Comparación media. Grupo de Control, y Grupo Experimental



En general la intervención mejora, sin embargo, en la utilidad y en el disfrute, los valores son similares en ambos grupos, sin poder asegurar mejorar significativas en muchos ítems. En el aprendizaje activo y el uso de las matemáticas hay algunos ítems que ya hemos descrito que han mejorado. Finalmente, en el apartado 2 “Conceptos computacionales” sí se puede apreciar una mejora significativa en todos sus ítems, con una diferencia importante a favor del uso de la robótica, esto se puede apreciar visualmente en la figura 5.

5. Conclusiones y discusión

La robótica permite manipular, y resuelve muchos problemas por aportar sencillez y un entorno intuitivo y divertido, lo que permite la codificación en la escuela secundaria, y un enfoque divertido y activo. Se destacan algunas ventajas de planteamientos educativos con robótica, coherentes con el marco teórico planteado. Estos recursos permiten una manipulación en el mundo real, resolviendo todo tipo de situaciones y problemas, para que los mencionados recursos funcionen. Suponen una nueva alfabetización en el uso de las tecnologías, y un desarrollo evidente de la competencia digital. En el presente estudio se concluye:

- Respecto a los resultados académicos al utilizar de la robótica (dimensión 1), no se encuentran mejoras estadísticamente significativas, por lo que la implementación con la robótica no mejora significativamente los resultados académicos.
- Se valora positivamente la comprensión de conceptos matemáticos (6,44) y el aprendizaje activo (6,08), por lo que esta implementación es adecuada y beneficiosa en la asignatura de matemáticas (Dimensión 2, tabla1).
- Se aprecian mejoras significativas en que los estudiantes que utilizaron robótica se interesaron mucho por el tema, participaron con más ganas en las actividades propuestas, y el trabajo con la robótica les ayudó a aprender fácilmente (ítems 1.3, 1.4 y 1.5).
- Los discentes aprendieron mejor los conceptos computacionales, bucles, eventos, y a compartir contenidos (ítems 2.1, 2.2, 2.3,2.4 y 2.5).
- Se mejora la comprensión del concepto de eje de coordenadas y de las operaciones básicas usando coordenadas (ítems 3.1 y 3.3).
- El contenido trabajado con robótica resulta útil (ítems 4.1, 4.2,.4.5) y divertido (5.2 y 5.5).

En los “Conceptos computacionales” se aprecian mejoras significativas en todos sus ítems, por lo que se concluye que el uso de la robótica mejora la comprensión de los conceptos computacionales (ítems 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, y figura 5). En la implementación educativa de la robótica, otras investigaciones detallan mejoras en resultados académicos (Fanchamps et al., 2021; Rodríguez-Martínez et al., 2020; autor), en nuestro estudio hay mejoras, pero no se aprecian significativamente.

Respecto al aprendizaje de coordenadas cartesianas y contenidos relativos a matemáticas, otros estudios aportan mejoras significativas (Hickmott et al., 2018; Howe, 1982; Noss, R. & Hoyles, Rodríguez-Martínez et al., 2020; Autor) coincidiendo con la presente aportación.

Se ha escrito mucha literatura respecto a los conceptos computacionales (Chen et al., 2017; Chevalier et al.,2021; Fanchamps et al., 2021; Israel et al., 2015; Kwon et al.,2012; Luxton-Reilly, 2016; Autor; autor;) y respecto a la utilidad de la robótica (Chevalier et al.,2021; Kim et al., 2015; Kucuk & Sisman, 2017; autor). En general, la presente investigación coincide con la tendencia e informes de la comunidad científica, que destacan beneficios y ventajas en las mencionadas variables.

En definitiva, la implementación de la robótica en las aulas con estas actividades sencillas y dinámicas, no ha podido demostrar una eficacia y rendimiento académico

significativo. Aunque los valores del Grupo Experimental han sido superiores en el test a los valores del Grupo de Control que trabajó con un planteamiento tradicional, las diferencias no han sido significativas a un nivel de significación del 95%, por lo que debemos concluir que esta implementación no mejora el rendimiento académico.

Sin embargo, con la información de la dimensión 2, podemos asegurar que los estudiantes manifiestan un mayor disfrute y perciben la utilidad de las actividades en todo el proceso, se mejoran algunos elementos prácticos relativos a la aplicación de las matemáticas y las coordenadas en contextos del mundo real, y se mejora con claridad el aprendizaje de conceptos computacionales. Estos planteamientos activos, dinámicos y aplicados en el aula, aportan la satisfacción, motivación, entusiasmo y compromiso que puede entusiasmar a los estudiantes de estos niveles, propiciando una mejora de su competencia, digital, su competencia matemática, desarrollar curiosidad y aplicar los conceptos en la práctica.

Varios estudios de investigación han encontrado resultados positivos relacionados con la computación y la informática (Lambert y Guiffre, 2009; Sáez et al, 2019) y el aumento de las habilidades relacionadas con los conceptos computacionales (Kwon, Kim, Shim, y Lee, 2012; Maya et al. (2015) coincidiendo con parte de los hallazgos del presente estudio.

Existe una creciente evidencia para apoyar la integración de la informática en la educación en las diferentes etapas (K-12), aunque algunos estudiantes a menudo renuncian a la informática porque asumen que es aburrida, confusa, y demasiado difícil de dominar. Se debe intentar una selección y secuenciación de contenidos y actividades sencillas para los estudiantes, que sea práctica, útil y divertida, de modo que propicie una confianza al estudiante al comprobar su éxito en el manejo, y su posibilidad de mejorar, al mismo tiempo que manipula y pone en práctica los contenidos teóricos.

El presente estudio tiene la limitación de ser transversal, con un planteamiento no experimental, aunque tiene la gran ventaja de un planteamiento real en el aula, naturalista e integrado en la enseñanza formal. La investigación detalla todas la evidencias para su posible replicación.

Debido a la implementación progresiva del pensamiento computacional y la robótica en los sistemas educativos europeos, y concretamente en el sistema educativo español, se considera fundamental el análisis investigador de estas prácticas tecnológicas.

La literatura y las evidencias científicas nos muestran experiencias de éxito en la implementación en la enseñanza elemental, desde la pedagogía y enfoques activos se recomienda la integración de la robótica sencilla en la enseñanza secundaria, coherentemente con la normativa y los decretos de currículo de las Comunidades Autónomas.

No es tan importante una excelencia en el resultado de la construcción de proyectos tecnológicos, sino la posibilidad de un aprendizaje a lo largo del proceso, que propicie una satisfacción y pedagogía de éxito en el estudiante, que manipula y organiza sus conceptos y procedimientos en la práctica.

6. Financiación

Esta investigación se ha desarrollado con el apoyo del Proyecto I D I titulado: "Gamificación y aprendizaje ubicuo en Educación Primaria. Desarrollo de un mapa de

competencias y recursos de enseñanza, aprendizaje y parentalidad 'GAUBI.' (RTI2018-099764-B-100) (MICINN /FEDER). Financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, el Ministerio de Ciencia e Innovación y universidades de España.

The M Bot robot for learning Cartesian coordinates in Secondary Education

1. Introduction

Several scientific reports have analyzed the evolution and importance of coding as an emerging trend in educational contexts (Freeman et al., 2017; UNESCO, 2022). Programming and robotics have been presented as new educational tools that, through their practical interactions, offer highly commendable benefits and advantages. Other reports have been concerned with outlining the advantages that this instructional design approach offers.

An essential and basic theory is constructivism, which considers that the most effective learning experiences are related to active construction through interactions. Papert (1980) highlights constructionism as a method that implies "learning by doing," starting from the previous knowledge of the students, so that students learn better when they work with materials that allow them to design and build artifacts.

Today, robotics can be manipulated using visual block programming, which allows experimenting with computational methods that promote problem solving. Programming is now an integral part of everyday life (Iivari et al., 2020; Luxton-Reilly, 2016). Based on these foundations, active approaches in educational processes take center stage, promoting the development of logical thinking skills (Sáez-López et al., 2021).

These computational practices can be integrated into educational processes to improve problem solving and logic, promoting better learning of mathematics.

The visual block programming language allows users to create programs by manipulating graphical programming elements, instead of writing code using text. As an application that uses block programming, Scratch stands out, as it allows you to create programs by adjusting logical blocks and constructing visual programming editors.

It is ideal for users who are new to programming, since they can translate their ideas into logical statements without having to worry about syntax, so there are no comma or period errors when writing code by dragging the blocks; in this way, the user simply focuses on logic. The app is intuitive and makes it easy to engage by connecting blocks and experimenting.

Scratch can create programs by fitting logical blocks, each block representing a piece of code to be executed by the computer. This approach is based on the ideas of constructivist learning and the "LOGO" project (Papert, 1980). Some studies have highlighted its application in elementary education (Maya et al., 2015; Sáez-López et al., 2016) with advantages related to commitment, motivation, and fun.

Some studies (Chen et al., 2017; Mazzoni and Benvenuti, 2015) have shown the benefits of educational robotics in elementary education, analyzing experimental conditions or applying a curriculum using robotics. Empirical evidence suggests the effectiveness of robotics as a way of learning (Mazzoni and Benvenuti 2015; Spolaôr and Vavassori-Bennit 2017) in elementary education (Chen et al. 2017; Kucuk and Sisman 2017).

Robotic and virtual environments are considered powerful tools for learning complex programming concepts (Caci et al., 2013; Fanchamps et al., 2021). A tangible result can be experienced and perceived through physical representations, unlike a visual result, which uses more mental representations (Chevalier et al., 2022).

In the present investigation, the mBot robot (Figure 1) is important, since it is the resource used in the application. This robot provides the possibility of working on visual block programming using makeblock (<http://www.makeblock.cc/mbot/>), which is similar to Scratch 2.0.

Figure 1

M-bot y Make Block



In this way, students can easily experiment with this resource at the elementary school level. It is an ideal robot to start with in robotics, programming, and electronics based on Arduino UNO. Its resources include:

- a brightness sensor;
- a proximity sensor;
- a sensor that follows lines;
- two RGB LEDs with color option;
- musical notes (buzzer);
- a button on the plate.

Saez et al., (2019) highlight that from the data resulted after working with mBot, the integration of educational robotics with visual programming by visual blocks in mathematics is recommended, especially in subjects or didactic units related to coordinates and integers.

In this way, the students put mathematics into practice, since they receive immediate feedback when inserting coordinates or numbers into the robot.

As for the curricula, the standards of the International Association for Technologies in Education (ISTE) can be easily applied. Some of these standards are directly related to the proposed practices and activities:

- 6.a Understand and use technological systems.
- 6.b Solve systems and applications.
- 6.c Transfer current knowledge to learn new technologies.

The overview of these standards may be of interest and add value to planning. Furthermore, and by specifying different elements, we can distinguish between algorithms, loops, and events in the primary education stages. Some standards (CSTA K-12 Computer Science Standards) that may be applicable to elementary education are:

- CT. L2-06: Describe and analyze a sequence by following instructions (algorithm or sequence).
- CPP. L1-6-06: Implementing solutions to problems using visual block-based programming
- CT. L2-01: Use the basic steps to solve an algorithmic problem in order to design solutions.

In short, some applications allow the interactive application in a didactic progress with dynamic activities, promoting problem solving, interactions, feedback, fun and enthusiasm. Computational models and methods allow us to solve problems and design systems that humans could not do alone; basic level coding literacy can also help students develop transferable skills (Freeman et al. 2017). Programming and robotics are used to support learning in schools, especially in the subjects of science, technology, engineering, mathematics, and computer science (Kim et al. 2015).

2. Aims

General Objective: Describe, compare, and associate the results obtained by ESO students who use and do not use robots in learning content related to coordinate axes.

Specific objectives:

- Study the knowledge of Cartesian planes and the understanding of the usefulness of their study.
- Perform basic operations (addition and subtraction) with points located in the plane.
- Analyze academic results with the use of robotics in mathematics.

- Compare the levels of motivation perceived in the implementation of the robots.
- Assess the importance of using robots in learning new content.
- Analyze the benefits of robotics in the Secondary Education classroom.

3. Method

The research has a naturalistic approach, since it is carried out in real classroom practice. From a pre-experimental design, as it is a non-random sampling, and comparing between the control group and the experimental group, a test and a questionnaire are applied as instruments. The questionnaire is certified in the year 2021 through the qualitative validation of expert judgment and a reliability of Cronbach's Alpha of 0.796.

Regarding the contributions of the expert judges, the coefficient of Aiken's V is detailed, which is calculated based on the evaluations of the 11 judges, who are university professors in Education. The relevance (coherent with the objectives) and the adequacy (adjusted to the characteristics of the subjects and their feasibility) are assessed.

The formula is: $(V=S/[n(c-1)])$ where: S = the surnatory of s_i ; s_i = Value assigned by judge i ; n = Number of judges; c = Number of values of the rating scale. The qualitative content validity provided by the expert judges yields an Aiken value greater than 0.7 in all the items. Therefore, the relevance and adequacy of the instrument in the qualitative validation is acceptable.

A descriptive analysis is carried out, and an investigation from the pre-experimental design, with the Student's T parametric tests in dimension 1, and non-parametric tests (Whitney Mann's U) in dimension 2. All the items that make up the two dimensions worked can be consulted in the results section of the article.

The independent variable of the study is the implementation of robotics and computational concepts. The dependent variables are the learning of mathematics (Cartesian coordinates and operations), motivation, teamwork, active learning, and perceived usefulness. These elements are consistent with the dimensions, indicators, and instruments of the study,

As a contribution of this article to the scientific community, it is noted that the items of the dimensions worked on can be replicated, contrasted, and possibly verified in another study by the scientific community.

Table 1*Dimensions, indicators, and instruments*

Dimensions	Indicators	Instruments
1. Academic results with the use of robotics.	-Understand coordinates -Robot operation -Computational concepts -Add coordinates -Motivation -Teamwork.	-REE test -Descriptive analysis -Pre-experimental design -G. Control and G. Experimental -T for Student
2. Benefits of robotics in educational contexts.	-Active learning -Computational concepts -Mathematical concepts -Perceived usefulness -Enjoyment	-Questionnaire -G. Control and G. Experimental -U for Mann Whitney

The first dimension: Academic results with the use of robotics measures the results of the Educational Robotics in Teaching (REE) test through a pre-experimental method. Construct validity was examined through exploratory factor analysis, using the eigenvalue extraction criterion > 1 and the varimax rotation method. In addition, a Cronbach reliability value of 8.03 is acceptable (Hair, Anderson, Tatham & Black, 1998).

The second dimension: Benefits of robotics in educational contexts, analyzes the values obtained on a scale with 5 parts:

- Active learning Scale 1 contains five questions, present in Hiltz, et al. (2000).
- Scale 2, Computational Concepts, is based on a study by Sáez-López, et al. (2016)
- Scale 3, Mathematical Concepts, is self-made; it has four items.
- Scale 4 of perceived usefulness consists of three questions adapted from Davis et al. (2002).
- Scale 5—enjoyment—consists of five questions adapted from the scale created by Laros and Steenkamp (2005).

3.1. Participants

The field work is carried out in the 2021/22 academic year, the students of the experimental group carry out a didactic unit of Cartesian coordinates in the subject of mathematics, integrating programming and robotics in their practice and activities. The control group develops the same didactic unit, but with a classic approach, using the textbook.

The population that has taken part in this research is made up of secondary education students from the province of Almería, Spain. A pre-experimental design is chosen; the study sample is non-probabilistic and intentional, consisting of an experimental group of 25 students in the 2nd year of secondary education from a center in the province of Almería, and a control group of 24 subjects. of the same educational level. Therefore, 49 subjects participate in the research with $N = 25$. 46.9% are girls and 53.1% are boys. The contingency analysis is not detailed, as no significant differences in relation to gender were found.

3.2. Application or intervention

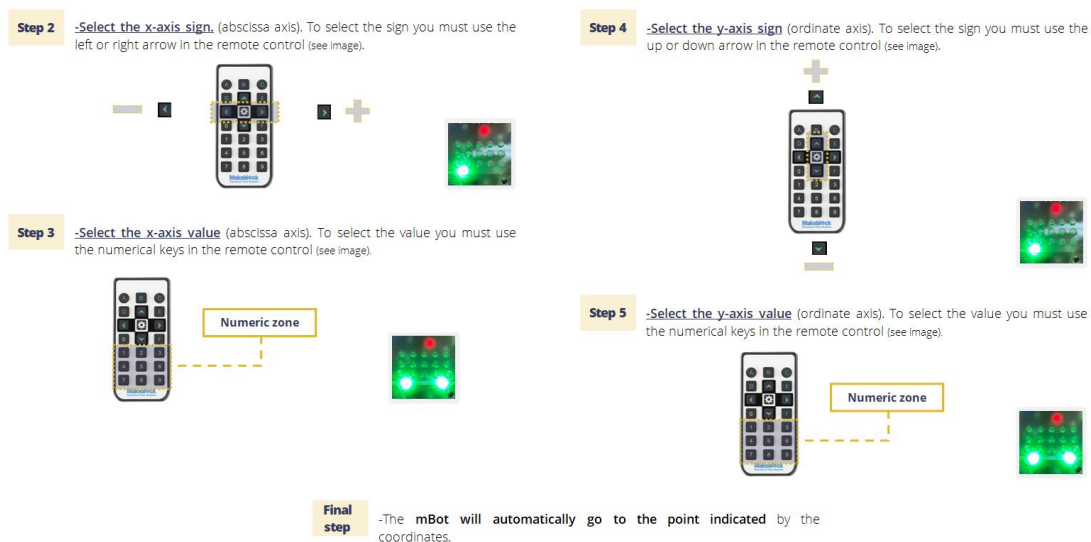
To carry out these Cartesian Olympic Games, teams of three components must be made. These teams will remain indivisible during all activities. The competition will last for three days of twenty minutes each, in which each team must solve different activities that are presented to them.

Step 1: The operation of the robot is very simple; it is programmed so that quickly playing with it can be done without any inconvenience. The sequence that must be followed to load the coordinates of the mBot is the one detailed below:

Place the mBot in the coordinates that we want, with the front of the robot necessarily oriented to the right. The mBot is designed to detect lines, both longitudinal and transversal; therefore, try to have it well positioned. The coordinates are sent to the robot with the remote control (see Figure 2).

Figure 2

Phases to handle mBot in the Cartesian plane



The robot starts the movements considering that the starting point is the coordinate (0,0). In order for it to start its movements from another point, the destination coordinates must be calculated starting from another initial value. The activities are:

-First test - "Go to the point": It consists of taking the mBot from the center of the game board (coordinate 0.0) to the point that appears on the virtual roulette wheel. The coordinates must be inserted in the robot so that it reaches the correct destination. All of the team members will work individually and without any help from their colleagues. Only one attempt per person is allowed (three total attempts per team). Scoring: If you reach the indicated coordinate correctly: +1 point; if you do not reach the indicated coordinate correctly: -1 point.

-Second test - "Get out of the maze": It consists of leaving a simple maze made up of four blocks, starting from one point and arriving at another point determined randomly by the virtual roulette. To solve this challenge, the distances between the two places must be taken into account. All team members will work in groups and in coordination. The team will have two minutes to think about the coordinates that must be recorded in the robot. Only one attempt per team is allowed. Scoring: If you reach the indicated coordinate correctly: +3 points; if you do not reach the indicated coordinate correctly: -1 point.

-Third test - "Recycling workshop": The test consists of taking the robot from the starting point to two recycling areas, to which it must carry two objects that are randomly determined by the virtual roulette wheel. The robot must reach the first point. From there the new coordinates will be reloaded for it to reach the second point. All team members will work in groups and in coordination. The team will have 3 minutes in total to complete the challenge. Only one attempt per team is allowed. Scoring: If you reach the two correctly indicated recycling zones: +5 points; If you reach a correctly indicated recycling area: +2 points; If you do not reach any correctly indicated recycling area: -1 point.

Figure 3

M Bot in the Secondary Education classroom.



With these activities, the aim is to understand the coordinate system through practical applications, understand how a robot guided by coordinates works, learn basic computational concepts (loop, conditionals, etc.), add coordinates taking into account the starting points of the movement, use new work methodologies, increase motivation levels, work as a team in order to achieve a common goal, and respect the achievements achieved both individually and as a group (see Figure 3).

After the intervention, a test is applied in Dimension 1 (see example in Figure 4) and a questionnaire is applied in Dimension 2, which will be detailed in the results section.

Figure 4

Item 4 of the Dimension 1 test

Question 4

Draw the path on the coordinate plane of the map shown below. Read the instructions and mark the route that you must follow to find the treasure. Fill in the blanks.

- Start the tour at the point (-6, -3).
- Walk South one space. You will get to the point (__, __).
- Walk East 14 squares. You will get to the point (__, __).
- Walk North 6 squares. You will get to the point (__, __).
- Finally walk West 9 squares.

2 points

(PREG034)

The treasure is on the point (__, __).

3

4. Results

4.1. Dimension 1: Academic results with the use of robotics.

Dimension 1 applies a pre-experimental design in which the means are compared through statistical inference, using the student's 293est-test. Differences in the control group and the experimental group are analyzed.

Based on the results of the administered 'student's test-test, it can be stated that there are no significant improvements in the results of the REE test, so the implemented program provides advantages that we will see in dimension 2, but it does not improve the students' ability to understand mathematical concepts related to Cartesian coordinates. The values obtained provide the data obtained after the application of the intervention, at a significance level of 95% (Table 2).

Table 2

Control group and experimental group

		N	Mean	Std. Dev
REE	Experimental group	25	6,0400	1,50519
	Control group	24	5,9323	1,26054

In the comparison of means between the control group and the experimental group, the mean improves, but not significantly. Homoscedasticity or equality of variances is assumed in the Levene test ($F= 1.845$), and P is 0.181; therefore, there are no statistically significant improvements when applying this test.

4.2. Dimension 2: Benefits of robotics in educational contexts.

4.2.1. Descriptive values

It should be noted that active learning is considerably enhanced from the perspective of the participants, since an average value of 6.08 out of 7 is obtained; therefore, the subjects assure that they learn, are interested in the topic, and participate.

Positive values also stand out in all of the items in relation to the computational concepts learned in the experimental group, with a mean of 5,312.1. Although the statement related to knowing the elements used in programming has the lowest value of the instrument (4.44), the value is positive when the maximum of the scale is 7.

Learning in mathematical concepts is also highlighted (6.44) very similarly to the values obtained in the test of Dimension 1. The subjects also perceive that the intervention has been useful (6.208) and they have quite enjoyed the implementation (5,984). In short, the approach has been positive for students.

Table 3*Questionnaire, quasi-quantitative analysis.*

	Ítems	Mean Exp.G	Mean Indic	U de ManW.
1. Active Learning	1. I learned things with a lot of practical application.	5,88	6,08	,054
	2. I identified what the main study topic was.	5,88		,091
	3. I became very interested in the subject.	6,20		,023
	4. I participated with great enthusiasm in the proposed activities.	6,12		,014
	5. This way of working helped me learn easily.	6,32		,002
2. Computational Concepts	1. I know various elements used in programming.	4,44	5,312	,002
	2. I understand the operation of loops in programming.	5,32		,000
	3. I know what the scheduled events are.	4,92		,000
	4. I improved my ability to share the content worked on.	5,72		,001
	5. I showed the rest of the classmates the exercises carried out.	6,16		,000
3. Math concepts	1. I understood the concept of coordinate axis.	6,56	6,44	,017
	2. I learned to locate a point using coordinates.	6,48		,066
	3. I did basic operations using coordinates.	6,40		,000
	4. I learned to apply mathematics in real situations.	6,32		,080
4. Perceived usefulness	1. This way of working helped me learn faster.	6,40	6,208	,010
	2. The material used helped me learn more easily.	6,40		,042
	3. The teaching material was useful.	6,16		,279
	4. The proposed activities were very enjoyable.	5,88		,754
	5. Doing these types of activities helped me reason better.	6,20		,002
5. Fun	1. I felt good while doing the chores.	6,20	5,984	,678
	2. I really liked the proposed work.	6,48		,073
	3. I was very happy while doing the activities.	5,80		,377
	4. I felt motivated.	6,00		,411
	5. I was very relaxed and comfortable.	5,44		,017

Note: Values: 1 = Strongly disagree/ 7 = Strongly agree

4.2.2. Statistical inference, Mann Whitney U.

Regarding active learning, statistically significant improvements are observed in several items. The subjects who used robotics were very interested in the topic (item 1.3), they participated more willingly in the proposed activities (1.4), and working with robotics helped them learn more easily (1.5).

Section 2, computational concepts, is the one that highlights the most significant improvements, since all of its items present much higher values in the group that uses robots.

In short, knowledge of programming (2.1), loops (2.2), events (2.3), and the ability to share the content and exercises worked on (2.4 and 2.5) is improved.

In the work on mathematical concepts, improvements can be seen in understanding the concept of the coordinate axis (3.1) and performing basic operations using coordinates (3.3), fundamental contents in the implementation of the research.

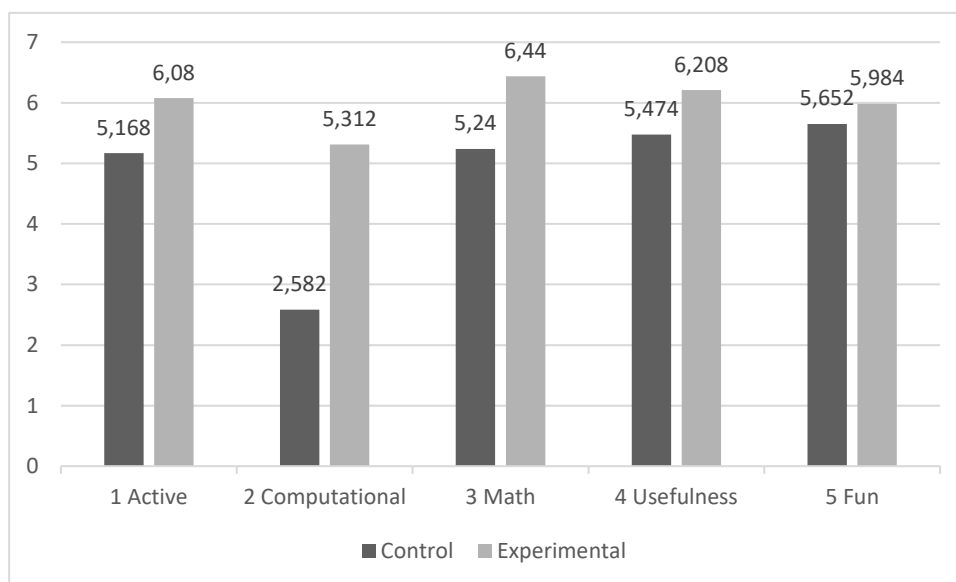
On the other hand, the subjects highlighted significant improvements in the perceived usefulness of using robotics, through the fact that they learned more quickly (4.1), that the material used helped to learn more easily (4.2), and that this type of activities helped them reason better (4.5).

Finally, regarding fun or enjoyment, there were improvements in that the proposed work was liked very much (5.2) and the subjects who used robotics were more relaxed and comfortable (5.5).

In the rest of the items, although positive values stood out in the descriptive analysis, there were no statistically significant improvements according to the Mann–Whitney U test.

Figure 5

Average comparison. Control group and experimental group



In general, the intervention improves, however, in utility and enjoyment, the values are similar in both groups, without being able to ensure significant improvements in many items. In active learning and the use of mathematics, there are some items that we have already described that have improved. Finally, in Section 2—Computational concepts—a significant improvement can be seen in all of its items, with an important difference in favor of the use of robotics; this can be seen visually in Figure 5.

5. Conclusions and discussion

Robotics allows manipulation and solves many problems by providing simplicity and an intuitive and fun environment, which allows for coding in high school through a fun and active approach. Some advantages of educational approaches with robotics are highlighted, being

consistent with the proposed theoretical framework. These resources allow manipulation in the real world, solving all kinds of situations and problems, so that the mentioned resources work. They represent a new literacy in the use of technologies, and an evident development of digital competence. In the present study it is concluded:

- Regarding the academic results when using robotics (dimension 1), there are no statistically significant improvements, so the implementation with robotics does not significantly improve academic results.
- The understanding of mathematical concepts (6.44) and active learning (6.08) are valued positively, so this implementation is appropriate and beneficial in the subject of mathematics (Dimension 2, table 1).
- Significant improvements can be seen in that the students who used robotics were very interested in the topic, they participated with more enthusiasm in the proposed activities and the work with robotics helped them learn easily (items 1.3, 1.4 and 1.5).
- The students learned computational concepts, loops, events, and way of better sharing content (items 2.1, 2.2, 2.3,2.4 and 2.5).
- The understanding of the concept of coordinate axis and basic operations using coordinates is improved (items 3.1 and 3.3).
- The content worked on using robotics is useful (items 4.1, 4.2, 4.5) and fun (5.2 and 5.5).

Regarding the computational concepts, significant improvements can be seen across all of its items, so it is concluded that the use of robotics improves the understanding of computational concepts (items 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, and Figure 5). Regarding the educational implementation of robotics, other investigations detail improvements in academic results (Fanchamps et al., 2021; Rodríguez-Martínez et al., 2020; Sáez-López et al., 2019); in our study there are improvements, but they are not significantly appreciated.

Regarding the learning of Cartesian coordinates and contents related to mathematics, other studies provide significant improvements (Hickmott et al., 2018; Howe, 1982; Noss, R. & Hoyles, Rodríguez-Martínez et al., 2020) coinciding with the present contribution.

A lot of literature has been written regarding computational concepts (Chen et al., 2017; Chevalier et al.,2021; Fanchamps et al., 2021; Israel et al., 2015; Kwon et al.,2012; Luxton-Reilly, 2016; Sáez-López et al., 2016; Sáez-López et al., 2021) and regarding the usefulness of robotics (Chevalier et al.,2021; Kim et al., 2015; Kucuk & Sisman, 2017; Sáez-López et al., 2017). In general, this research coincides with the trend and reports from the scientific community, which highlight benefits and advantages in the aforementioned variables.

In short, the implementation of robotics in the classroom through these simple and dynamic activities has not been able to demonstrate significant efficiency and academic performance. Although the values of the experimental group have been higher in the test than those of the control group that worked with a traditional approach, the differences have not been significant at a level of 95%, so we must conclude that this implementation does not improve academic performance.

However, with the information of Dimension 2, we can ensure that students manifest greater enjoyment and perceive the usefulness of the activities throughout the process, some practical elements related to the application of mathematics and coordinates in

contexts of the real world and clearly enhances the learning of computational concepts. These active, dynamic, and applied approaches in the classroom provide the satisfaction, motivation, enthusiasm, and commitment that can excite students at these levels, promoting an improvement in their digital and mathematical competences, developing their curiosity, and encouraging them to apply the concepts in practice.

Several research studies have found positive outcomes related to computing and informatics (Lambert & Guiffre, 2009; Sáez et al, 2019) and increased skills related to computational concepts (Kwon, Kim, Shim, & Lee, 2012, Maya et al., (2015) coinciding with part of the findings of the present study.

There is growing evidence to support the integration of computer science into education at different stages (K-12), although some students often give up computer science because they assume it is boring, confusing, and too difficult to master. A selection and sequencing of contents and simple activities for the students should be tried, mainly including those that practical, useful, and fun, which can promote confidence in the student when checking their success and their possibility of improving.

This study has the limitation of being cross-sectional, with a non-experimental approach, although it has the great advantage of representing areal approach in the classroom, being naturalistic and integrated into formal teaching. The investigation details all the evidence for its possible replication.

Due to the progressive implementation of computational thinking and robotics in European educational systems, and specifically in the Spanish educational system, the investigative analysis of these technological practices is considered fundamental.

Literature and scientific evidence show us successful experiences in the implementation of computational thinking in elementary education; from pedagogy to active approaches, the integration of simple robotics in secondary education is recommended, which is consistent with the regulations and curriculum decrees of the autonomous communities.

Excellence in the result of the construction of technological projects is not as important as the possibility of learning throughout the process, which fosters satisfaction and successful pedagogy in the student, who manipulates and organizes his concepts and procedures during the practice.

6. Financing

This research has been developed with the support of the I+D+I Project entitled "Gamification and ubiquitous learning in primary education. Development of a map of skills and resources for teaching, learning, and parenting "GAUBI" (RTI2018-099764-B-100) (MICINN/ERDF) financed by the European Regional Development Fund, the Ministry of Science and Innovation, and universities in Spain.

Conceptualization, J.-M.S.-L. and R.-B.-O.; methodology, J.-M.S.-L. and R.-B.-O.; software, R.-B.-O; validation, J.-M.S.-L; formal analysis, J.-M.S.-L; research, J.-M.S.-L. and R.-B.-O.; resources, R.-B.-O; data curation, R.-B.-O; editor, J.-M.S.-L.; preparation of original draft, J.-M.S.-L.; writing—reviewing and editing, J.-M.S.-L.; visualization, J.-M.S.-L. and R.-B.-O;

supervision, J.-M.S.-L and R.-B.-O.; project management, J.-M.S.-L.; financing acquisition, J.-M.S.-L. All authors have read and accepted the published version of the manuscript.

References

- Caci, B., Chiazzese, G., & D'Amico, A. (2013a). Robotic and virtual world programming labs to stimulate reasoning and visual-spatial abilities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 93, 1493–1497. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.070>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162-175. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Chevalier, M., Giang, C., Bruno, B., & Mondada, F. (2021). Teachers' perspective on fostering computational thinking through educational robotics. *arXiv*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82544-7_17
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- Fanchamps, N., Slangen, L., Specht, M., & Hennissen, P. (2021). The impact of SRA-programming on computational thinking in a visual oriented programming environment. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6479–98. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10578-0>
- Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., & Hall Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN horizon report: 2017 K-12 Edition*. The New Media Consortium. <https://www.epiphanygmt.com/Downloads/horizon%20report.pdf>
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Black, W.C. (1998). *Multivariate data analysis*. (5th ed). Prentice Hall.
- Hiltz, S. R., Coppola, N., Rotter, N., & Turoff, M. (2000). Measuring the importance of collaborative learning for the effectiveness of ALN: a multi-measure, multi-method approach. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 4(2), 103-125. <https://bit.ly/3G3DzUv>
- Hickmott, D., Prieto-Rodríguez, E., & Holmes, K. (2018). A scoping review of studies on computational thinking in K-12 mathematics classrooms. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 4, 48-69. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0038-8>
- Howe, J. A. M., Ross, P. M., Johnson, K. R., Plane, F., & Inglis, R. (1982). Teaching mathematics through programming in the classroom. *Computers & Education*, 6(1), 85–91. [https://doi.org/10.1016/0360-1315\(82\)90016-1](https://doi.org/10.1016/0360-1315(82)90016-1)
- Iivari, N., Sharma, S., & Ventä-Olkkonen, L. (2020). Digital transformation of everyday life—How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? *International Journal of Information Management*, 55(102183), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102183>

- International Society for Technology in Education and the Computer Science Teachers Association. (2011). *Operational definition of computational thinking for K-12*. <https://bit.ly/3vpwKrw>
- Israel, M., Pearson, J. N., Tapia, T., Wherfel, Q. M., & Reese, G. (2015). Supporting all learners in school-wide computational thinking: A cross-case qualitative analysis. *Computers and Education*, 82, 263-279. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.022>
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.compe du.2015.08.005>
- Kucuk, S., & Sisman, B. (2017). Behavioral patterns of elementary students and teachers in one-to-one robotics instruction. *Computers & Education*, 111, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.002>
- Kwon, D.Y., Kim, H.S., Shim, J.K., & Lee, W.G. (2012). Algorithmic bricks: a tangible robot programming tool for elementary school students. *Education, IEEE Transactions*, 55(4), 474-479. <http://dx.doi.org/10.1109/TE.2012.2190071>
- Lambert, L., & Guiffre, H. (2009). Computer science outreach in an elementary school. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 24(3), 118-124. <https://bit.ly/3Q3Qdb0>
- Laros, F. J. M., & Steenkamp, J.-B. E. M. (2005). Emotions in consumer behavior: a hierarchical approach. *Journal of Business Research*, 58(10), 1437-1445. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2003.09.013>
- Luxton-Reilly, A. (2016). Learning to program is easy. Paper presented at the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Arequipa, Peru. Association for Computing Machinery. New York, USA (p.p 284–289). doi: <https://doi.org/10.1145/2899415.2899432>
- Mazzoni, E. & Benvenuti, M. (2015). A Robot-Partner for Preschool Children Learning English Using Socio-Cognitive Conflict. *Educational Technology & Society*, 18(4), 474–485. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.18.4.474>
- Noss, R. & Hoyles, C. (1991). Logo and the Learning of Mathematics: Looking Back and Looking Forward. In Hoyles, C. & Noss, R. (Eds.) *Learning Mathematics and Logo*. MIT Press. p. 431-468
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. Basic Books. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1095592>
- Rodríguez-Martínez, J.A., González-Calero, J.A & Sáez-López, J.M. (2020). Computational thinking and mathematics using Scratch: an experiment with sixth-grade students. *Interactive Learning Environments*, 28(3), 316-327. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1612448>
- Sáez-López, J. M. (2017). Robots educativos y programación por bloques en Educación Infantil y Primaria: propuestas con Bee Bot y M Bot. En R. Cózar y M. V. Moya (Eds.), *Entornos humanos digitalizados* (pp. 35-52). Síntesis.

- Sáez-López, J. M., Buceta Otero, R., y De Lara García-Cervigón, S. (2021). Introducing robotics and block programming in elementary education. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 95-113. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.27649>
- Sáez-López, J.M., Román-González, M. y Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school. A two-year case study using scratch in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003>
- Sáez-López, J. M. & Sevillano-García, M. L. & Vázquez-Cano, E. (2019). The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: educational use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 67(6), 1405-1425. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09648-5>
- Spolaôr, N. & Vavassori-Benitti, F.B. (2017). Robotics applications grounded in learning theories on tertiary education: A systematic review. *Computers & Education*, 112, 97-107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.001>
- UNESCO (2022). *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers*. <https://bit.ly/3WuiF85>

Cómo citar:

- Sáez-López, J.M., & Buceta-Otero, R. (2023). El robot M Bot para el aprendizaje de coordenadas cartesianas en Educación Secundaria [The M Bot robot for learning Cartesian coordinates in Secondary Education]. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 66, 271-301. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.95617>