



MONOGRÁFICO: MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria

Adrián Suárez Zapata^{1*} (Investigador), Daniel García Costa¹ (Investigador), Pedro A. Martínez Delgado¹ (Investigador) y Julio Martos Torres¹ (Prof. Titular)

¹Universitat de València, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE-UV).

PALABRAS CLAVE

Pensamiento computacional
STEM
Robótica educativa
Entorno tecnológico
Didáctica matemática

KEYWORDS

Computational thinking
STEM
Educational robotics
Technological environment
Mathematical didactics

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo utilizar una plataforma robótica educativa como herramienta de refuerzo en la adquisición de las competencias relacionadas con el pensamiento computacional y matemático en alumnos de Educación Primaria. Se entiende el pensamiento computacional como un conjunto de habilidades, entre las que se incluye el pensamiento algorítmico, mediante las que cualquier persona es capaz de resolver problemas. Los contenidos a desarrollar se abordarán empleando la estrategia pedagógica STEM, combinando las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas en el proceso de aprendizaje. En este sentido, se propone la adaptación del entorno tecnológico para poder emplearlo en edades tempranas. Concretamente, se proponen varios enunciados relacionados con la resolución de problemas matemáticos enmarcados en el nivel de Educación Primaria y se va a realizar una adaptación de los bloques de programación necesarios para solucionarlos. Para ello, se crean diferentes bloques personalizados de programación, en los que el docente puede incluir comportamientos más complejos que serán transparentes para el alumno. Por consiguiente, el alumno podrá resolver un abanico mayor de problemas, eliminando la posibilidad de que el entorno de programación ofrezca limitaciones que se traduzcan en un aumento de la complejidad.

Contribution of educational robotics in the acquisition of mathematical knowledge in primary education

ABSTRACT

The aim of this research is the use of an educational robot as a tool of reinforcement in the acquisition of the competences related to the computational and mathematical thinking in students of Primary Education. Computational thinking is understood as a set of skills, including algorithmic thinking, through which any person is able to solve problems. The contents developed will be addressed using the STEM pedagogical strategy, combining the disciplines of Science, Technology, Engineering and Mathematics in the learning process. Thus, it is proposed to adapt the technological environment to be able to use it at an early age. Specifically, several activities related to the resolution of mathematical problems, focused on the level of Primary Education, are proposed, making an adaptation of the programming blocks to solve them. This is carried out through the creation of customized programming blocks, in which the teacher can include more complex behaviors that will be transparent for the student. Therefore, the student can solve a wider range of problems, excluding the complexity from the limitations of the programming environment.

Universitat de València

Autor de correspondencia: * Adrián Suárez Zapata. E-mail: Adrian.Suarez@uv.es. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE-UV), Universitat de València. Avinguda de la Universitat s/n 46100 Burjassot, València (SPAIN). +34 963 544 146.

Recibido el 01/06/2018- Aceptado el 07/09/2018

Revista de Formació del Professorat e Investigació Educativa
Facultat de Formació del Professorat y Educación
Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo
Enero - Diciembre 2018
ISSN: 2340 - 4728

Introducción

El aprendizaje significativo mediante experimentación se considera una estrategia pedagógica muy importante y con un gran potencial para aumentar la motivación y participación de los estudiantes. Esto se debe a que los estudiantes suelen buscar una conexión entre el mundo tal y como lo conocen fuera del centro educativo y sus experiencias en el aula que los preparan para ese mundo real. El uso de escenarios de aprendizaje que incorporan experiencias de la vida real, junto con entornos tecnológicos y herramientas que ya son familiares para los estudiantes y los miembros de la comunidad, son ejemplos de enfoques que pueden aportar un aprendizaje significativo en el aula. Prácticas como éstas pueden ayudar a motivar a los estudiantes y a prepararlos para las habilidades y conocimientos que demandan las universidades y puestos de trabajo (Lombardi, 2007). Sin embargo, esta metodología de aprendizaje, especialmente aquella que trae experiencias de la vida real al aula, todavía es muy poco común en los centros educativos europeos (Johnson et al., 2014). En toda Europa, ha habido una marcada disminución en los estudiantes que cursan estudios de ciencias en la universidad, una tendencia que ya está creando una escasez de trabajadores cualificados para los sectores de ciencia y tecnología (Becker, Cummins, Davis, Freeman, Hall, y Ananthanarayanan, 2017; Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y Taberner-Ferrer, 2013). Como respuesta a esta tendencia, hay un enfoque creciente en la necesidad de que los estudiantes experimenten y emulen en las aulas tareas relacionadas con las que podrían realizar en este tipo de profesiones. Un gran número de proyectos a nivel europeo se están llevando a cabo para fomentar este tipo de estrategias educativas en las aulas, entre ellos destacan SCIENTIX (Aguirre-Molina, y Gras-Velázquez, 2011), que cuenta con financiación del programa de I+D Horizonte 2020 de la Unión Europea para promover y respaldar la colaboración entre docentes, investigadores del ámbito de la enseñanza, legisladores y otros profesionales de la docencia; y ESTABLISH (*European Science and Technology in Action Building Links with Industry, Schools, and Home*) un proyecto financiado por la Unión Europea en el que legisladores y la comunidad educativa se unen para desarrollar experiencias de aprendizaje y programas de formación para docentes (McLoughlin, Finlayson, Brady y McCabe, 2014). Asimismo, otra estrategia de promoción del aprendizaje experimental es la organización de eventos internacionales como *Maker Faire* (Dougherty, 2012) donde estudiantes de todos los niveles se reúnen para mostrar sus proyectos relacionados con las Ciencias, las Matemáticas y la Tecnología.

En este sentido, durante los últimos años cada vez ha ido cobrando mayor importancia el concepto Educación STEM, que proviene de las palabras inglesas *Science, Technology, Engineering y Mathematics* o su equivalente en castellano CTIM, acrónimo de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Con materias STEM los estudiantes parten de la base de la resolución de un problema a través de la creación, construcción y desarrollo de objetos. Esta metodología es ampliamente empleada en el ámbito de la Ingeniería, y se basa en combinar recursos Matemáticos, Científicos y Tecnológicos. El concepto STEM tiene su origen en Estados Unidos durante la década de los años noventa con la publicación de informes de comisiones nacionales, organizaciones profesionales como la *National Science Teachers Association* (NSTA) y *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) junto con investigadores y profesores universitarios en los que se solicitaban sistemáticamente modificaciones e innovaciones educativas en las materias que la *National Science Foundation* (NSF) denominó con el acrónimo SMET (*Science, Mathematics, Engineering, and Technology*). Sin embargo, en 2001, la NSF reordenó las palabras que formaban el acrónimo y lo denominaron STEM. A partir de entonces la Educación STEM cobró mayor importancia y tuvo influencia en los currículos educativos de Europa y otros países como India, China y Australia (Sanders, 2009).

La Educación STEM, además de tratar las materias implicadas, tiene como objetivo llevar a cabo un proceso de enseñanza-aprendizaje de manera integrada y no como áreas de conocimiento compartimentadas. Asimismo, debe emplearse un enfoque aplicado en cuanto al desarrollo de conocimientos teóricos para su posterior aplicación práctica, orientados siempre a la resolución de problemas. Esta metodología concibe la formación como “co-construcción” de conocimiento, y no como su transmisión y, además, fomenta el trabajo en colaboración entre iguales, ya que el trabajo en colaboración bien tutorizado ayuda a generar procesos de reflexión (Vygotsky, 1980). De la misma forma, otro de los enfoques de la Educación STEM es el de la integración de minorías étnicas (Museus, Palmer, Davis y Maramba, 2011) y el del acercamiento de la mujer hacia carreras profesionales de dicho ámbito (Rossi y Barajas, 2015; Milgram, 2011).

Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es la descripción de una propuesta didáctica relacionada con el uso de la robótica educativa para favorecer la adquisición del pensamiento computacional en la Educación Primaria. En este sentido, se describe con detalle la propuesta y los elementos que la integran para poder ser implementada y modificada, ya que el uso de entornos tecnológicos cada vez está cobrando mayor importancia en el panorama educativo. En especial, en relación con las áreas propias del denominado movimiento STEM. En esta propuesta, se plantea un acercamiento al uso de la robótica educativa en el aula de primaria en relación, especialmente, con las matemáticas escolares. De este modo, se plantean dos ejemplos concretos, que se enlazan con las competencias descritas en el currículo oficial, mediante los que se muestra la posibilidad de adaptar una plataforma robótica educativa para poder trabajar contenidos relacionados con la Didáctica de las Matemáticas en la etapa de Educación Primaria.

STEM y Robótica Educativa

La Educación STEM implica la interacción entre las materias implicadas, y en este sentido, matemáticas es la materia que resulta más fácil vincular con el resto, puesto que muchos de los contenidos de Ciencias y Tecnología están basados en fórmulas y teoremas matemáticos (Rooney, 2012). Todas las disciplinas STEM ofrecen oportunidades para desarrollar una mentalidad y un conjunto de prácticas permanente. Entre estas prácticas se desarrollan las siguientes capacidades (Bybee, 2010; Stohlmann, Moore, y Roehrig, 2012): 1) Formular preguntas y diseñar soluciones, 2) Emplear modelos, 3) Diseñar prototipos, 4) Investigar, 5) Analizar e interpretar datos, 6) Usar el pensamiento computacional, 7) Generar un argumento a partir de la evidencia y 7) Evaluar y comunicar información. Esta contribución, como se ha indicado anteriormente, se va a centrar en diseñar propuestas de actividades concretas que hagan uso de la capacidad número seis de la enumeración anterior, es decir, en el empleo y desarrollo del pensamiento computacional o algorítmico.

La profesora Jeannette Wing recupera el concepto de pensamiento computacional, entendido como un acercamiento de algunos términos propios de la informática a otros ámbitos, como el de la educación. De este modo, define el concepto de pensamiento computacional como “resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de las ciencias de computación. El pensamiento computacional incluye una gama de herramientas mentales que reflejan la amplitud del campo de la computación.” (Wing, 2006, p.33).

Las habilidades empleadas en el pensamiento computacional pueden definirse como descomposición, generalización, pensamiento algorítmico, evaluación y abstracción. La abstracción es la habilidad para conceptualizar una idea. La descomposición es la habilidad empleada para simplificar un problema en partes más pequeñas y sencillas de resolver. La generalización es la

habilidad para reconocer patrones, es decir, para identificar las partes de una tarea que se han trabajado previamente. El pensamiento algorítmico es la habilidad para crear una serie ordenada de pasos con el propósito de resolver un problema. Por último, la evaluación es la habilidad empleada para verificar si un prototipo o solución funciona correctamente y, si no ocurre de esta forma, es también la habilidad para identificar qué parte debe mejorarse.

Algunas de estas habilidades pueden relacionarse con el dominio cognitivo de la taxonomía de Bloom (Anderson y Krathwohl, 2001; Bloom, 1956) de modo que el nivel de Conocimiento correspondería con los contenidos que se estén trabajando, el nivel de Comprensión a la habilidad de abstracción, el nivel de Aplicación a la habilidad de generalización, el nivel de Análisis a la habilidad de descomposición, el nivel de Síntesis a la habilidad de diseño algorítmico, y el nivel de Evaluación a la habilidad de evaluación (Selby, 2015; García-Peñalvo y Rojas-López, 2018).

Aunque en los últimos años se han creado numerosas herramientas para enseñar programación y se han desarrollado numerosas iniciativas en forma de talleres y cursos, existen muy pocos estudios relacionados con su incorporación efectiva en el currículo escolar, el impacto en docentes y estudiantes y sobre metodologías que permitan diseñar actividades educativas en las aulas. Existen investigaciones que exponen las ventajas que conlleva comenzar a integrar la alfabetización tecnológica en edades tempranas, especialmente a través de aquellas que soporten el aprendizaje basado en juegos, ya que involucran a los niños para que sean creadores y solucionadores de problemas (Bocconi et al., 2016; Bers, 2017; González-González, 2018). En este sentido, es posible encontrar numerosos estudios y publicaciones relacionados con este tipo de actividades en las que se potencia el uso del pensamiento computacional en edades tempranas a través de la programación de aplicaciones con bloques (Calao, Moreno-León, Correa y Robles, 2015; Sáez y Cózar, 2017) y mediante el empleo de robots educativos (Acuña Zúñiga, 2012; Alsina y Acosta, 2018; Diago y Arnau, 2017; Martínez, Olivencia, y Meneses, 2016).

La robótica educativa, además de posibilitar la creación de comportamientos y poder programarlos en el propio robot, posee otras ventajas al emplearla como herramienta docente debido a que facilita la adquisición de conocimientos de modo lúdico, basándose en el trabajo colaborativo, y del desarrollo del pensamiento lógico y computacional, integrando, además, el enfoque pedagógico STEM y el uso de la programación en bloques. De este modo, promueve el aprendizaje constructor dado que permite interiorizar y dar origen al aprendizaje por construcción a través de la experiencia de probar diferentes comportamientos programados en el robot.

A consecuencia de estos estudios, en esta contribución se ha realizado una tarea de adaptación de un entorno tecnológico, basado en un robot educativo, para que pueda ser empleado en edades tempranas. Concretamente, se proponen varios ejemplos en los que es posible plantear enunciados relacionados con la resolución de problemas matemáticos dirigidos a alumnos de Educación Primaria. Esto es posible gracias a las adaptaciones del entorno de programación del robot, ya que permite ajustar la dificultad de la resolución de los problemas planteados. De esta forma, se facilita la programación necesaria para resolver el problema dependiendo del curso académico al que se desee orientar la actividad.

Descripción del robot educativo

El robot educativo elegido para esta propuesta es el Mindstorms EV3 fabricado por la empresa LEGO, una actualización del primer modelo de la gama Mindstorms que salió al mercado en 1998. La elección de este entorno tecnológico educativo se fundamenta en el diseño de los kits de LEGO Mindstorms, cuyos

objetivos desde sus inicios son ofrecer un sistema sencillo para el usuario, pero que, a la vez, permita la construcción de diseños más sofisticados para ser adaptables a distintas edades y etapas educativas a través de la construcción libre de diferentes diseños, así como de diseños predefinidos por el mismo fabricante. (LEGO Group, 2016a).

Estos kits proporcionan todos los elementos necesarios para abordar problemas relacionados con el pensamiento computacional, así como el desarrollo de conceptos no necesariamente ligados al área tecnológica. Para el docente, son una herramienta complementaria que permite abordar temas complejos de manera relativamente sencilla y demostrar conceptos que sobre el papel pueden resultar más difíciles de ver o de entender por los alumnos.

La simplicidad de las partes del sistema permite un uso amigable de la herramienta y sus elementos pueden ser tratados por el usuario como cajas negras que recogen información, realizan ciertas acciones, haciendo siempre un gran énfasis en el aprendizaje de la programación y desarrollo del pensamiento algorítmico y computacional.

El robot

LEGO estructura sus kits en diferentes componentes para hacerlo lo más entendible y sencillo posible, pudiendo identificar en ellos las partes existentes en un cualquier sistema robótico:

1. El *brick* o bloque es el elemento que compone la unidad central del entorno tecnológico educativo. Es el encargado de interpretar y ejecutar las acciones que se programan en él a través del IDE (*Integrated Development Environment*). Cuenta con una gran potencia de cálculo y dispone de 4 puertos de entrada para la conexión de los sensores y de 4 puertos de salida para la conexión de los actuadores. Además, cuenta con un altavoz, pulsadores y una pantalla desde la que se pueden presentar informaciones, gráficos y animaciones, de forma que ambos dotan al robot de capacidad de comunicación y emotividad.
2. Los sensores son los elementos que permiten al robot educativo interpretar y leer el entorno; entre otros, dispone de sensor ultrasónico, sensor de color y luz, sensor táctil y sensor de giro. Estos son conectados a los puertos de entrada del *brick*.
3. Los actuadores son los elementos que permiten al robot interactuar con el entorno. Aparte del altavoz y de la pantalla integrados en el *brick*, dispone de dos motores grandes y de un motor pequeño, ambos con sensores de giro (*encoders*) integrados, que pueden utilizarse para medir la rotación del mismo. Estos se conectan al *brick* a través de los puertos de salida.
4. Las piezas de unión están compuestas por diferentes elementos, de diferentes formas y con diversas funcionalidades que permiten realizar montajes estructurales muy variados. Se dispone también, de piezas con funcionalidades mecánicas varias, por ejemplo, engranajes, poleas, ruedas e incluso cadena de oruga que en combinación con las piezas estructurales permiten crear montajes fijos y/o móviles (articulados) de manera muy sencilla.

Todos los elementos nombrados anteriormente son muy robustos, resistentes y duraderos y están fabricados pensando en su uso a edades tempranas. Además, estos elementos son "*plug and play*", es decir, es posible conectarlos, como muestra la Figura 1, mediante un cable con un conector especial y no necesitan ninguna configuración ni acción específica para su funcionamiento. De este modo, el usuario puede tratarlos como elementos que devuelven información o ejecutan acciones, abstrayendo así el funcionamiento del mismo y facilitando su uso en edades tempranas, en las que no es posible explicar el funcionamiento físico de estos dispositivos.

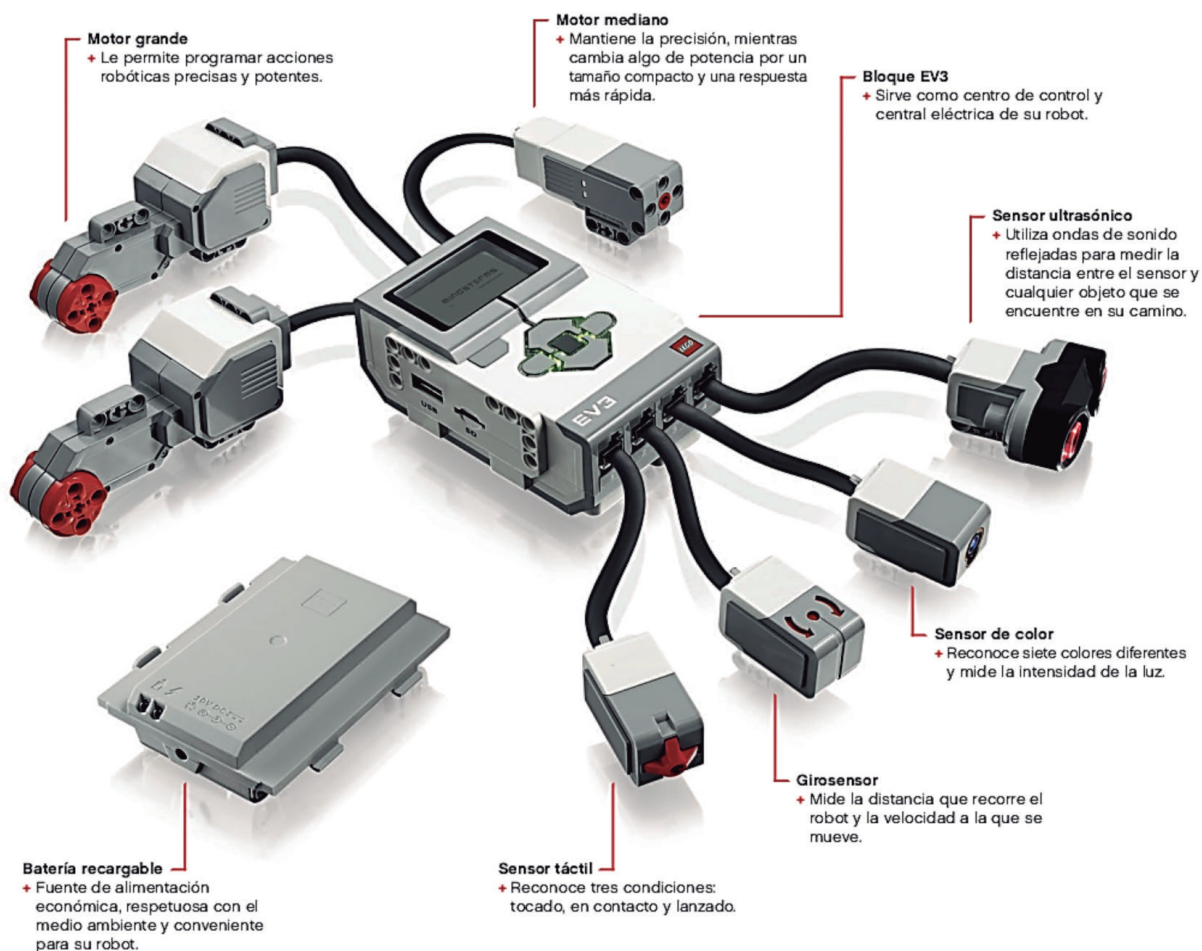


Figura 1. Sensores y actuadores que pueden conectarse al brick del robot EV3.

El IDE

El IDE es el software que permite programar el robot educativo mediante un lenguaje basado en bloques de acciones, muy intuitivos y sencillos de utilizar. Cada bloque define una funcionalidad

y/o acción, junto con unos parámetros de configuración característicos de dicha acción, la gran variedad de bloques disponibles y el alto grado de abstracción de los mismos, aporta una gran simplicidad a la tarea de programación. En la Figura 2 se muestra una captura del IDE que se emplea para programar la plataforma robótica EV3.

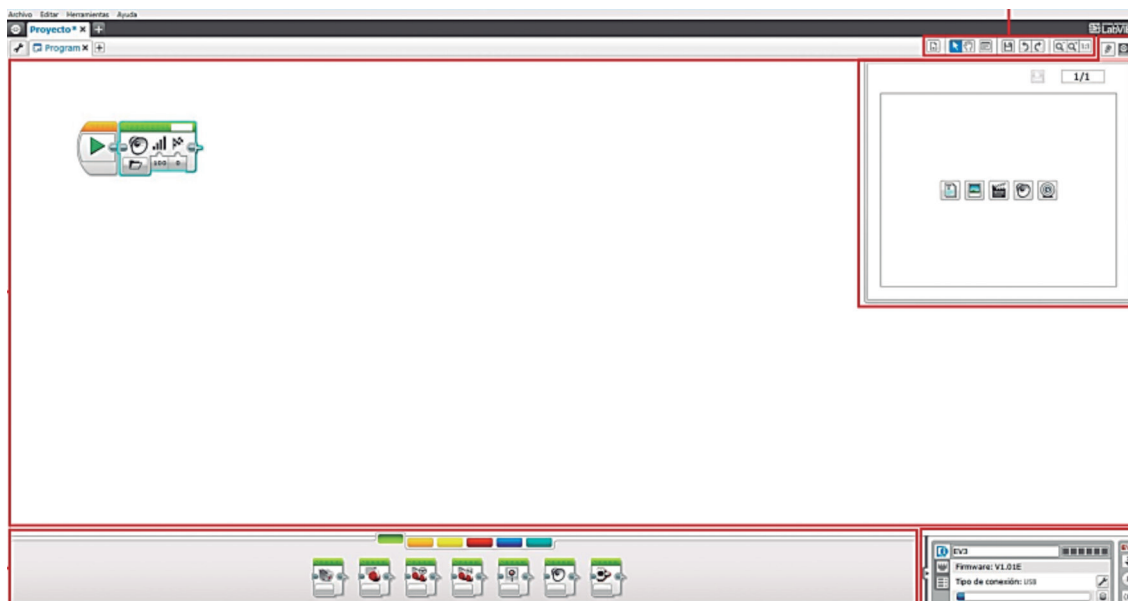


Figura 2. IDE de la plataforma robótica EV3.

El IDE divide los bloques en diferentes categorías según su funcionalidad, que pueden combinarse de manera secuencial e, incluso, para un uso en niveles más avanzados, combinarse creando diferentes flujos de acción (paralelizar tareas), alimentar la entrada de un bloque a través de la salida de otro o crear condiciones compuestas mediante la combinación de varias de éstas instrucciones. Así, tenemos:

- Bloques de control de flujo que proporcionan control sobre la forma en la que se ejecutan las diferentes acciones. Existen bloques de bucle, que permiten realizar una acción indefinidamente o mientras se cumpla una determinada condición, bloques condicionales, que verifican el cumplimiento de una determinada condición y bloques de espera, que bloquean el programa por un tiempo determinado o esperando a una acción determinada.
- Bloques de acción que proporcionan el control sobre los actuadores conectados al robot educativo. Se dispone de un bloque por cada actuador, con los parámetros específicos para configurar cada uno de ellos.
- Bloques de sensores, que permiten leer los sensores conectados al robot educativo, al igual que con los actuadores, se dispone de un bloque específico para cada sensor, con la configuración específica de cada uno de ellos.
- Bloques de datos que ofrecen la posibilidad de trabajar los conceptos más puramente algorítmicos, cuenta con definición de variables, constantes, operadores lógicos, operadores matemáticos y diferentes operaciones sobre números y cadenas de texto.
- Bloques avanzados que permiten acceder a las funcionalidades más avanzadas del entorno tecnológico educativo como, por ejemplo, acceso a archivos, registro de datos, envío de mensajes, conexión Bluetooth, leer valores en bruto de los sensores, etc.
- Por último, una alternativa muy interesante y de gran utilidad que ofrece este entorno son los bloques personalizados, estos permiten al docente la posibilidad de abstraer ciertas operaciones complejas en forma de un único bloque, pudiendo así crear un único bloque que contenga un conjunto de operaciones complejas para facilitar ciertas operaciones al alumno.

Además, el IDE integra un editor y gestor de contenidos que permite documentar el propósito, el contenido y el proceso de un proyecto, en el que se pueden incluir texto, imágenes, videos, sonidos e instrucciones de construcción utilizando los bloques del propio IDE. Esto proporciona al docente una manera simple de documentar y crear contenido didáctico para guiar a los alumnos en la realización de determinadas tareas.

El material didáctico facilitado por LEGO

Junto con el kit educativo, LEGO facilita una gran cantidad de material didáctico, con diferentes montajes, así como conjuntos de ejercicios orientados a diferentes áreas educativas. En este sentido, propone el montaje del "Robot Educador", un montaje bastante sencillo al que se le pueden conectar los diferentes sensores y actuadores en función del tipo de ejercicio a realizar. En la Figura 3 se muestra la estructura de esta propuesta de montaje.

Este mismo montaje es el que utilizaremos más adelante en los ejercicios que se proponen, ya que se trata de un montaje muy sencillo, pensado para edades tempranas y que permite explorar la capacidad de todos los sensores y actuadores que vienen en el kit. Esta configuración de robot cuenta con dos ruedas tractoras motorizadas en la parte delantera que permiten avanzar, retroceder y girar el robot y una rueda loca en la parte trasera que lo dota de estabilidad y le permite realizar giros bastante cerrados. También cuenta con un pequeño motor que permite mover una

palanca o brazo para realizar diversas acciones. En este montaje pueden ser conectados los sensores de distancia, color, pulsación y el sensor de giro, que le permiten reconocer el entorno.

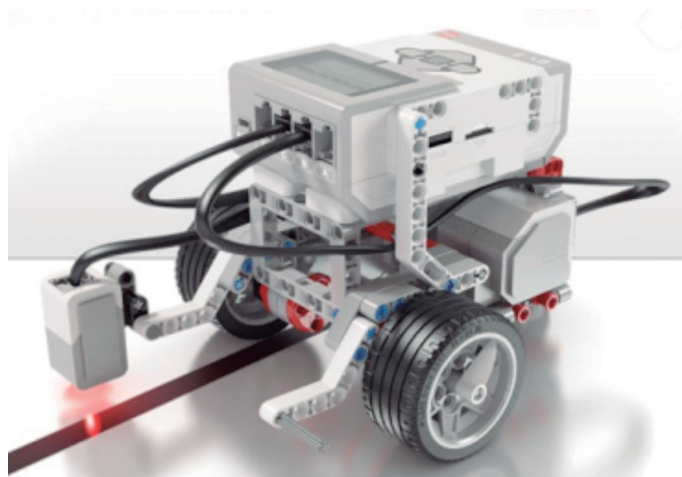


Figura 3. Estructura del Robot Educador.

Los ejercicios propuestos en la "guía del profesor" facilitada por LEGO son muy variados y están orientados a desarrollar el pensamiento computacional y algorítmico e iniciarse en el robot educativo y la programación del mismo. (LEGO Group, 2016b). Además, esta guía pone a disposición del docente un manual que explica cómo utilizar la herramienta de manera adecuada para cada una de las áreas educativas.

Concretamente en el ámbito de las matemáticas, ofrece una selección de tutoriales que incluyen, entre otros programar los siguientes desafíos: distribución al azar, definición de intervalos, ángulos y ángulos de giro, así como operaciones matemáticas básicas que pueden aplicarse a cálculos de velocidad, trigonometría, etc. Esta selección de ejercicios orientada al desarrollo de la competencia matemática, se encuentra mayoritariamente dirigida al último ciclo de Educación Primaria y a la etapa de Educación Secundaria, dado que la edad recomendada para el empleo de este entorno es de 10 a 16 años, haciendo así, que muchos docentes descarten este entorno como herramienta para Educación Primaria debido a su dificultad de programación.

Esta problemática puede solucionarse explotando correctamente la potencia del entorno de programación, pues éste cuenta con multitud de opciones que permiten trabajar con conceptos complejos de manera mucho más sencilla. Concretamente, el uso de los bloques personalizados permite crear una capa de abstracción sobre un conjunto de operaciones complejas y tratarlas como una única operación, de tal manera que pueda actuar como una caja negra, a la que entran ciertos parámetros y ésta produce una salida con el resultado esperado. Por consiguiente, el docente sería el encargado de realizar esta tarea de adaptación y abstracción de los ejercicios, en función del nivel al que se quiera orientar y de proporcionar a los alumnos estos nuevos bloques para que puedan programar el robot educativo de forma más intuitiva y sencilla.

Como ejemplo de empleo de este bloque podría tomarse el intentar determinar la distancia que recorre una rueda en un determinado número de rotaciones. De esta forma, se podría abstraer el cálculo de la longitud de la circunferencia a un único bloque que acepte como parámetro de entrada el radio de la rueda y devuelva como parámetro de salida la longitud de la circunferencia correspondiente a ese radio. Así pues, la creación de un bloque personalizado permite trabajar conceptos de distancia recorrida sin necesidad de que el alumno disponga de los conceptos necesarios para el cálculo de la longitud de una circunferencia, ya que una adaptación de los bloques permitiría introducir la distancia que debe avanzar el robot de forma directa sin necesidad de introducir número de rotaciones.

El grado de abstracción de las operaciones puede ser definido fácilmente por el docente, permitiendo así, adaptar de manera sencilla un mismo problema para diferentes edades o ciclos educativos, cambiando únicamente el grado de abstracción de los diferentes bloques personalizados que compongan el programa.

Metodología

La ley de educación vigente, Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), establece los objetivos, competencias, contenidos y distribución horaria de las distintas materias. Matemáticas pertenece al grupo de asignaturas troncales, las cuales se imparten en todos cursos de la Educación Primaria. Los objetivos generales del área de matemáticas van focalizados “a desarrollar las competencias matemáticas e iniciarse en la resolución de problemas que requieran la realización de operaciones elementales de cálculo, conocimientos geométricos y estimaciones, así como ser capaces de aplicarlos a las situaciones de su vida cotidiana”. La ley estructura los contenidos en 5 grandes bloques: B1) Procesos, métodos y actitudes en matemáticas; B2) Números; B3) Medida; B4) Geometría y B5) Estadística y probabilidad.

Las matemáticas buscarán proveer al alumno de una alfabetización numérica que le capacite para enfrentar con éxito “situaciones en las que intervengan los números y sus relaciones, permitiendo obtener información efectiva, directamente o a través de la comparación, la estimación y el cálculo mental o escrito” (Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, pp. 19386–19387.). Metodológicamente deberá estar basado en la experiencia, orientando los contenidos a la identificación y resolución de problemas. El eje principal lo constituirán los procesos de resolución de problemas, que utilizan y requieren de capacidades básicas: lectura comprensiva, reflexión, planificación de la resolución, definición de estrategias y procedimientos, revisión y modificación de procesos, validación de la solución, e incluso, adecuada comunicación de resultados.

Los ejemplos de actividades propuestas a realizar haciendo uso del robot que se presentan en esta contribución están relacionadas con los tres primeros bloques. En la Tabla 1 se resumen los contenidos a desarrollar en cada uno de los bloques anteriormente citados relevantes para el presente trabajo.

Tabla 1. Contenido a desarrollar en los diferentes bloques.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Análisis y comprensión del enunciado	Números enteros, decimales y fracciones	Longitud, capacidad, masa, superficie y volumen
Estrategias y procedimientos: dibujos, tablas,...	Sistema decimal	Estrategias para medir figuras
Pequeñas investigaciones	Redondeo de números	Medidas de tiempo
Aproximación al método científico	Positivos y negativos	Medidas de ángulos
Uso de medios tecnológicos	Operaciones con naturales: +, -, x, /	Estimación de longitudes, superficies, volúmenes,...
Utilización de TIC	Producto como suma	Explicación oral y escrita de procesos realizados
	Tablas de multiplicar	
	Regla de 3	
	Comprobación de resultados	

Como puede observarse, los contenidos expuestos en la tabla anterior, se pueden trabajar de forma integral mediante ejercicios con una plataforma robótica como la descrita en el segundo apartado. Además, permite preservar la orientación y metodología que se propone en la LOMCE. Así, el bloque 1 será la “columna vertebral” que estructura el resto de bloques, pues es fundamentalmente metodológico, mientras que los contenidos de los bloques 2 y 3, constituirán los “problemas a resolver”.

Los ejercicios o proyectos a desarrollar con la plataforma robótica, además de motivadores y de incentivar la implicación y participación del alumno en las tareas de clase, van a dar satisfacción al contexto de trabajo que propone la LOMCE: experiencia-experimentación, reflexión, planificación, verificación, comunicación de resultados, etc., si la presentación de las actividades se realiza con formato de problema abierto a resolver, con concreción numérica de los objetivos a alcanzar: distancias recorridas, número de acciones de movimiento a realizar, cuantificación de la respuesta de los sensores...

En las propuestas de actividades STEM que se describen en el apartado siguiente, se pueden identificar todos estos aspectos, adaptados a los alumnos de Educación Primaria.

Adaptación del entorno tecnológico educativo

En esta sección se van a proponer dos actividades, a modo de ejemplo, para poder mostrar una posible adaptación del entorno tecnológico educativo, con el objetivo de eliminar las barreras que los bloques predefinidos por la propia herramienta pueden presentar en el momento de llevar a cabo la programación del robot educativo.

Actividad 1

El enunciado de forma simplificada de la primera actividad propuesta sería el siguiente: “Consigue que el robot avance en línea recta una distancia de 50 cm”. En la Figura 4 se muestra una representación del ejercicio propuesto, obtenido de la guía que proporciona el entorno de programación del mismo.



Figura 4. Representación del enunciado de la Actividad 1.

Aunque parece una tarea sencilla, la complejidad de este enunciado radica en que los bloques para programar un movimiento del robot no permiten introducir centímetros, sino grados de giro, rotaciones completas o parciales o segundos, como muestra la Figura 5. Por tanto, es necesario medir el diámetro de la rueda del robot y calcular el perímetro de dicha circunferencia para conocer los centímetros que se desplaza el robot en línea recta cuando las ruedas realizan una rotación.

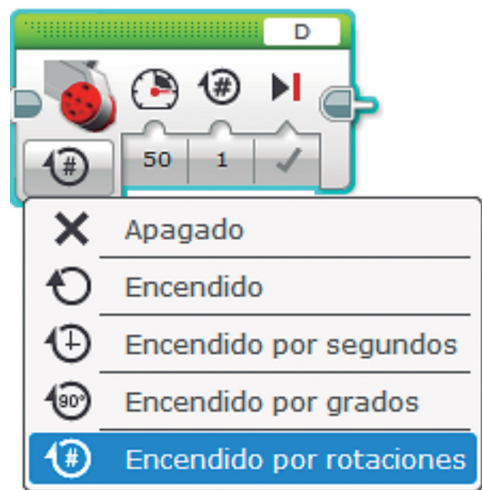


Figura 5. Bloque para programar un movimiento del robot.

Para encontrar la solución óptima a la actividad propuesta los alumnos emplearán las habilidades del pensamiento computacional durante el proceso de resolución del problema planteado, como muestra el diagrama de la Figura 6.

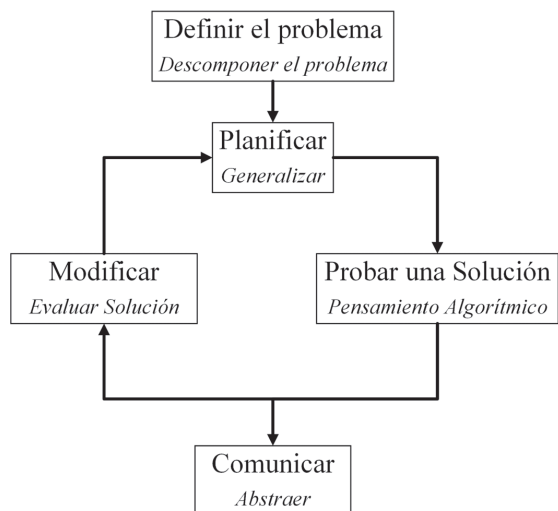


Figura 6. Esquema sobre los pasos para conseguir la resolución del problema.

De este modo, una vez planteado el problema, en primer lugar, se descompone en partes más pequeñas:

- Medir rueda: es necesario medir la rueda para el cálculo del desplazamiento lineal del robot respecto al número de rotaciones de las ruedas.
- Operaciones matemáticas: se necesitan realizar diferentes cálculos para determinar el número de rotaciones que debe realizar el motor para conseguir la distancia de 50 cm para introducirlas en el bloque de movimiento del programa.
- Programar: Crear un código para que el robot realice el comportamiento especificado.
- Mover el robot 50 cm: Saber representar 50 cm, para verificar si el robot ha avanzado la distancia deseada.

El siguiente paso se corresponde con la organización y planificación de las partes obtenidas a partir de la descomposición, de modo que se debe pensar en la secuencia de funcionamiento del robot, que puede ser representada como se muestra en la Figura 7. Si el trabajo se realiza en grupos, se podría asignar la resolución de cada una de estas tareas específicas a cada uno de los miembros para fomentar el trabajo colaborativo.

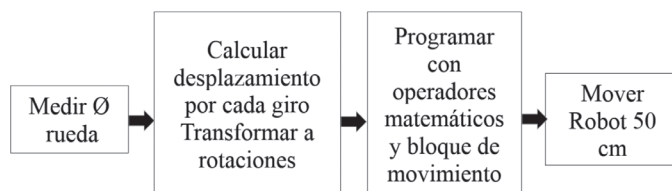


Figura 7. Planificación de las tareas a realizar.

Seguidamente, el alumno debe emplear el pensamiento algorítmico y llevar a cabo las operaciones matemáticas necesarias para resolver el problema. A continuación, deberá traducir las subtareas en el código de bloques que debe programar en el robot. Por tanto, deberá de haber recibido algunas lecciones sobre los bloques que posee el entorno de programación del robot, para poder traducir las subtareas en bloques o combinación de bloques. En la Figura 8 se muestran los pasos y cálculos a desarrollar para conseguir resolver el problema.

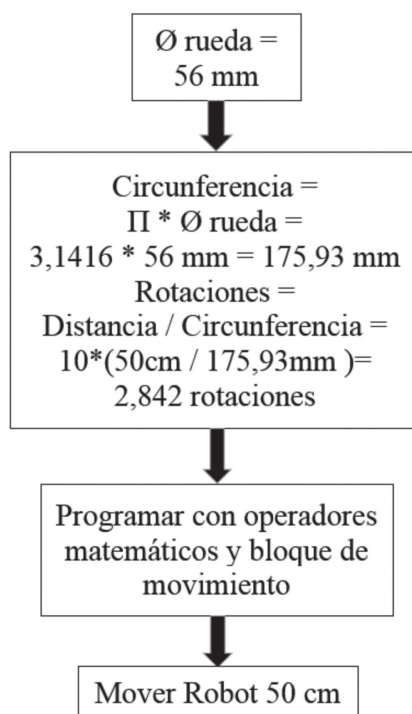


Figura 8. Planificación de las tareas a realizar, aplicando el pensamiento algorítmico.

Si se posee un dominio avanzado de la herramienta y los conocimientos necesarios para llevar a cabo dichas operaciones matemáticas, el programa resultante a realizar para que el robot avance 50 cm se resolvería con los bloques que se muestran en la Figura 9. En este programa se ha incluido un bloque que realiza el producto para obtener la circunferencia de la rueda, que corresponde con la distancia que el robot avanza de forma lineal con cada rotación completa. A continuación, se ha dividido la distancia total a recorrer (50 cm) entre el valor del perímetro de la circunferencia de la rueda, y éste es el que se ha introducido en el bloque de movimiento del robot para que avance hacia delante con una potencia de 50. El último bloque indica que, una vez se hayan avanzado los 50 cm o 2,842 rotaciones, el robot se parará.

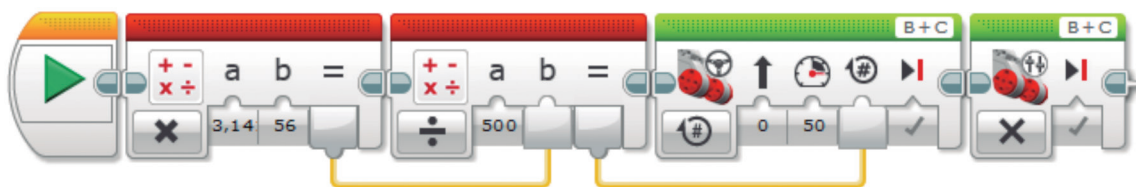


Figura 9. Resolución de la Actividad 1 empleando bloques de programación predefinidos.

Como se puede apreciar el algoritmo necesita de habilidades matemáticas que en los niveles iniciales de primaria todavía no se han adquirido. Para estos niveles el docente podrá crear bloques propios, los cuales podrán ser utilizados por los alumnos de modo que se puede adaptar la complejidad de la actividad propuesta al nivel del alumnado.

Por lo tanto, este entorno tecnológico educativo es fácilmente adaptable al nivel del curso o de la clase, además de permitir afianzar aspectos específicos de una problemática, omitiendo otros que no se consideren tratar en ese momento. La Figura 10 muestra la programación de un bloque propio en el que se programa un algoritmo para que los alumnos puedan introducir directamente la distancia que desean que avance el robot de forma lineal en centímetros.

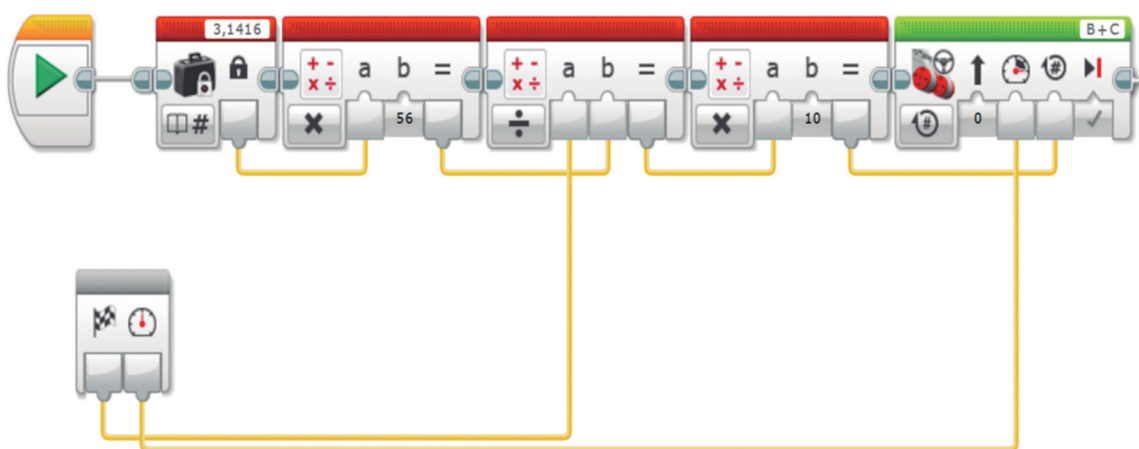


Figura 10. Diseño de un bloque propio que acepte el parámetro de entrada centímetros para realizar el movimiento del robot.

Este bloque propio diseñado por el docente es capaz de leer los centímetros que se le introducen para realizar el desplazamiento del robot y realizar una conversión a rotaciones, ya que es un parámetro necesario para la utilización del bloque movimiento predefinido que proporciona el entorno de programación de LEGO.

Una vez definida la funcionalidad del bloque propio diseñado, se le asigna un icono o bloque que los alumnos podrán encontrar justo con los bloques predefinidos por el entorno de programación. La estética de este icono es totalmente definible, desde los iconos de los parámetros de entrada, hasta

la imagen principal del bloque. En la Figura 11, se muestra el bloque propio creado anteriormente al que se le ha denominado como "Mover_cm". Como se puede observar, el programa queda muy simplificado ya que el bloque proporcionado está preparado para introducirle tanto la distancia como la potencia con la que se quiera ejecutar el movimiento. El conjunto de tres bloques mostrado es equivalente al mostrado en la Figura 9, sin embargo, en este caso, las operaciones han sido integradas dentro del bloque propio creado denominado "Mover_cm". El último bloque se encarga de apagar los motores una vez alcanzada la distancia deseada.

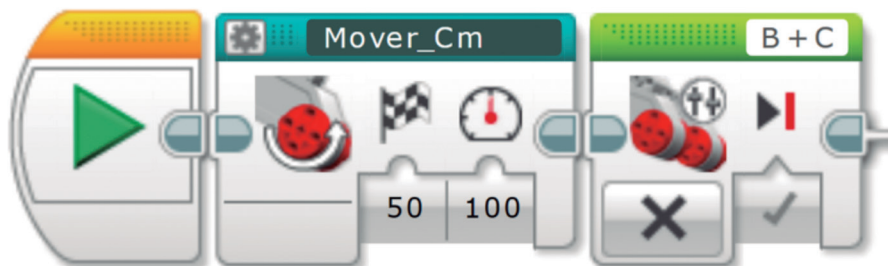


Figura 11. Programación de la Actividad 1 empleando el bloque propio diseñado.

Por consiguiente, el entorno tecnológico proporciona una herramienta que permite adaptar las actividades propuestas a los distintos niveles del alumnado y, además, orientar la dificultad de una misma actividad hacia distintos puntos de enfoque y pro-

blemas a estudiar. Por tanto, el docente decide qué bloques introduce dentro del bloque propio y qué bloques debe emplear el alumno para resolver la actividad.

Actividad 2

En esta actividad se propone como enunciado “Consigue que el robot actúe como una calculadora y realice la suma de dos números enteros introducidos mediante la rotación de las ruedas mostrando por pantalla el resultado de la operación”. El alumno, por tanto, moverá en primer lugar la rueda izquierda del robot para introducir el primer valor de la operación y, a continuación, pulsará el sensor de contacto. Seguidamente, girará la rueda de la derecha tantas veces desee y pulsará de nuevo el sensor de contacto para introducir el valor del segundo valor de la suma. Por último, aparecerá en la pantalla del robot la palabra “Resultado” y el valor de la suma de los dos valores introducidos mediante el giro de ambas ruedas. La pantalla final se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Pantalla del robot mostrando el resultado de la suma al realizar 2 vueltas con la rueda izquierda y 3 vueltas con la derecha.

La dificultad de esta actividad radica en la conversión de vueltas en un número que aparezca por pantalla. Para la representación por pantalla se necesita posicionar el texto en un eje de coordenadas sobre XY, además se necesita convertir el número de rotaciones de cada rueda a números enteros, ya que el sensor de giro (*encoder*) que incorpora el motor del robot proporciona números decimales.

Para encontrar la solución óptima a la actividad propuesta se utilizan las habilidades del pensamiento computacional, siguiendo el mismo esquema planteado en la actividad anterior (Figura 6).

Por tanto, una vez planteado el problema se descompone en partes más pequeñas o subtareas:

- Contar número de rotaciones de la rueda: leer el sensor de giro que incluye cada motor para conocer cuántos giros enteros ha dado la rueda.
- Operaciones matemáticas: transformar el valor decimal proporcionado por el sensor en valores numéricos enteros y realizar cálculos de suma.
- Programar: Crear un código para que el robot realice el comportamiento especificado.
- Representar el resultado de la operación: mostrar en la pantalla del robot el valor numérico obtenido de la suma realizada.

El siguiente paso se corresponde con la organización y planificación de las partes obtenidas a partir de la descomposición, de modo que se debe pensar en la secuencia de funcionamiento del robot, que puede ser representada como se muestra en la Figura 13.

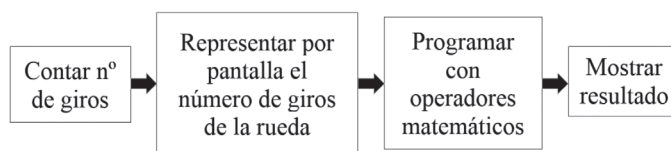


Figura 13. Planificación de las tareas a realizar.

A continuación, deberán traducirse las subtareas en el código de bloques que se debe programar en el robot. En la Figura 14 se muestran los pasos y cálculos a desarrollar para conseguir resolver el problema.

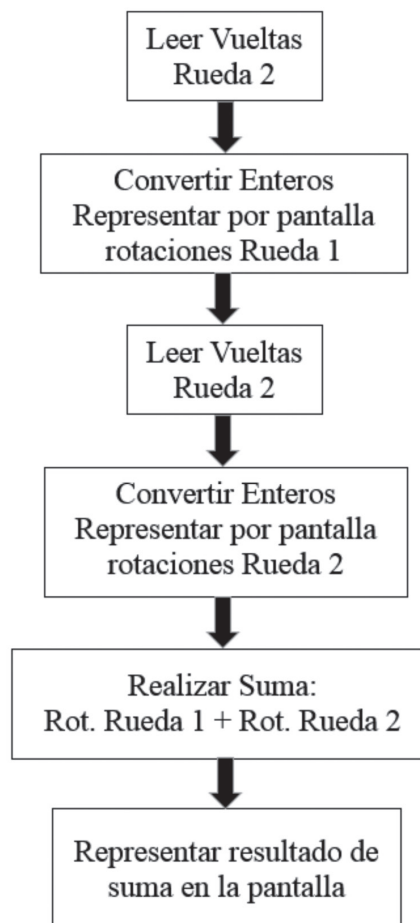


Figura 14. Planificación de las tareas a realizar, aplicando el pensamiento algorítmico.

Como se puede apreciar, el diagrama de la actividad 2 tiene la misma problemática que la actividad 1, se requiere de habilidades matemáticas que el alumnado no posee en los niveles iniciales de Educación Primaria. Por lo tanto, se puede proceder de nuevo a realizar una adaptación, es decir, crear un bloque propio en el que se integren las partes más complejas de la resolución, para ajustar el nivel de exigencia al del alumnado al que se quiere dirigir. En la Figura 15 se muestran los bloques correspondientes a la lectura del sensor de giro del motor, para realizar la cuenta de rotaciones completas de cada rueda mediante truncamiento, convertir dicho valor a un número entero y representarlo por la pantalla del robot. Este bloque propio posee como parámetros de entrada, el número del motor que se desea leer y una variable que indica cuando se ha pulsado el sensor de contacto para detener la cuenta de giros completos de rueda. El parámetro de salida que posee corresponde con el valor entero de rotaciones completas que se han realizado de la rueda.

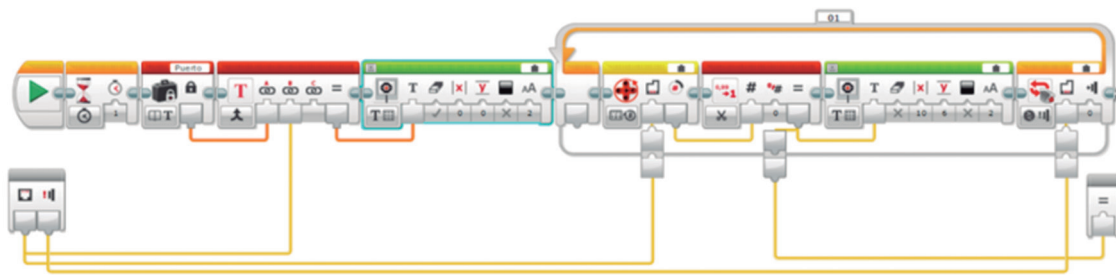


Figura 15. Diseño de un bloque propio que proporcione el número de veces que se ha girado una de las ruedas del robot de forma completa.

En este caso, los bloques introducidos dentro del bloque propio descrito anteriormente, están representados por el bloque denominado "Cuenta_Vueltas_Enteras". En la Figura 16 se muestra la resolución de la actividad 2, mediante el empleo del bloque propio diseñado. Como puede observarse, se ha incluido dos veces en el código, para realizar la lectura de la rueda izquierda y, a continuación, de la rueda derecha. Las vueltas completas determinadas por cada bloque se obtienen

en sus parámetros de salida que han sido conectados a un bloque de operación matemática suma. El resultado del bloque suma proporciona el número de giros completos realizados por las dos ruedas, y este valor se introduce en el bloque de representación por pantalla. Además, se ha incluido un bloque de detección de pulsación del sensor de contacto, para borrar los valores de la pantalla, emitir un sonido de aviso y finalizar el programa.

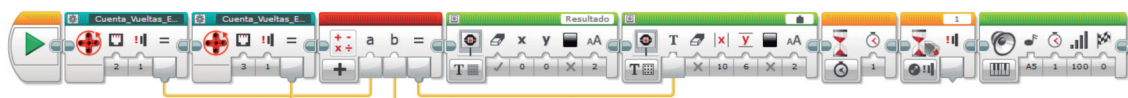


Figura 16. Programación de la Actividad 2 empleando el bloque propio diseñado.

Conclusiones

Los ejemplos de actividades propuestas permiten trabajar el desarrollo de habilidades matemáticas y del pensamiento computacional mediante la programación de comportamientos en el robot educativo. A fin de que el proceso de resolución de las actividades pueda llevarse a cabo por alumnos de Educación Primaria, se han mostrado varios ejemplos de adaptación del entorno de programación con el objetivo de ajustar la complejidad.

Esta adaptación ha consistido en la creación de bloques de programación propios que integren algunas funcionalidades que pueden resultar complicadas de comprender para los alumnos. De este modo, el docente puede actuar como facilitador del aprendizaje mediante la creación de diferentes bloques propios que permitan a sus estudiantes resolver diferentes tipos de problemas matemáticos sin que el entorno tecnológico educativo empleado se convierta en una barrera de aprendizaje.

Por lo tanto, desde la concepción de Educación STEM, cobra sentido el uso de la robótica en el ámbito educativo, ya que ésta favorece el aprendizaje por descubrimiento, ofreciendo la posibilidad de reforzar los conceptos teóricos mediante la experimentación. Aunque lo más importante acerca de las características de estos entornos tecnológicos son las propuestas de actividades que los docentes pueden plantear en el aula haciendo uso de la tecnología. Asimismo, en estos contextos de aprendizaje mediante el empleo de plataformas robóticas educativas, se espera que los estudiantes estén más motivados para participar en el proceso de aprendizaje, al tratarse de actividades más interactivas, flexibles, dinámicas, versátiles y en las que el discente puede experimentar y visualizar los resultados que ha calculado.

En relación con la resolución de tareas, se puede establecer un paralelismo entre los pasos a seguir en la resolución de una tarea con el robot educativo empleado y los pasos clásicos de resolución de problemas descritos por Polya (1945): 1) Comprender el problema; 2) Concebir un plan; 3) Ejecutar el plan; y 4) Examinar la solución obtenida. Además, las actividades planteadas a modo de ejemplo, fomentan el estudio de la resolución de problemas como contenido, además de como metodología. En este sentido, las actividades basadas en entornos tecnológicos como el robot

educativo EV3 fomentan la aparición de elementos propios de la resolución de problemas como, por ejemplo, la división de un problema en partes o la reformulación, estudiados ampliamente en el área de la didáctica de la matemática (Puig, 1996; Schoenfeld, 1985, 1992).

Una vez conocidas las limitaciones del entorno tecnológico y las posibilidades que éste posee para adaptarlo y ser aplicado en el área de la didáctica de las matemáticas, se pretende llevar a cabo la puesta en práctica de la propuesta didáctica con el objetivo de evaluar el grado en el que los conocimientos y la calidad de los mismos son adquiridos.

Referencias

- Acuña, A. (2012). Diseño y administración de proyectos de robótica educativa: lecciones aprendidas. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(3), 6–27.
- Aguirre-Molina, D. y Gras-Velázquez, Á. (2011). Scientix, the community for science education in Europe. En *EDULEARN11 Proceedings* (pp. 4763–4768). Barcelona: IATED.
- Anderson, L. W. y Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Alsina, Á. y Acosta, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, 52, 218–235.
- Becker, S. A., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, C. G. y Ananthanarayanan, V. (2017). *NMC horizon report: 2017 higher education edition*. Texas: The New Media Consortium.
- Bers, M. U. (2017). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. New York: Routledge.
- Bloom, B. S. (Ed.). (1956). *Taxonomy of educational objectives, handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P. y Punie, Y. (2016). Developing computational thinking in compulsory education. *European Commission, JRC Science for Policy Report*. Luxembourg: European Union.

- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Calao, L. A., Moreno-León, J., Correa, H. E. y Robles, G. (2015). Developing mathematical thinking with scratch. En *Proceedings of the Design for teaching and learning in a networked world, 10th European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 17–27). Toledo: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24258-3_2
- Diago, P. D. y Arnau, D. (2017). Pensamiento computacional y resolución de problemas en Educación Infantil: Una secuencia de enseñanza con el robot Bee-bot. En FESPM (Ed.), *Libro de actas VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (CIBEM)* (pp. 255–263). Madrid, España.
- Dougherty, D. (2012). The maker movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 7(3), 11–14.
- González-González, C. S. (2018). La enseñanza-aprendizaje del Pensamiento Computacional en edades tempranas: una revisión del estado del arte. En M. Zapata-Ros y K. O. Villalba (Eds.), *Pensamiento computacional*. Arequipa: Editorial Universidad Católica de Santa María.
- Johnson, L., Becker, S. A., Estrada, V., Freeman, A., Kamylyis, P., Vuorikari, R. y Punie, Y. (2014). *NMC Horizon Report Europe: 2014 Schools Edition*. Luxembourg: European Union.
- LEGO Group. (2016a). Guía de Uso LEGO MINDSTORMS Education EV3.
- LEGO Group. (2016b). Guía del Robot Educador LEGO MINDSTORMS Education EV3.
- Lombardi, M. M. (2007). Authentic learning for the 21st century: An overview. *Educause learning initiative*, 1, 1–12.
- Martínez, N. M. M., Olivencia, J. L., & Meneses, E. L. (2016). Robótica, modelado 3D y realidad aumentada en educación para el desarrollo de las inteligencias múltiples. *Aula de Encuentro*, 18(2), 158–183.
- McLoughlin, E., Finlayson, O. E., Brady, S. y McCabe, D. (2014). ESTABLISH-a model for widespread implementation of inquiry based science education. En *Science and Mathematics Education Conference Proceedings* (pp. 29–35). Dublin: Dublin University.
- Milgram, D. (2011). How to recruit women and girls to the science, technology, engineering, and math (STEM) classroom. *Technology and engineering teacher*, 71(3), 4–11.
- Museus, S. D., Palmer, R. T., Davis, R. J. y Maramba, D. (2011). Racial and Ethnic Minority Student Success in STEM Education. *ASHE Higher Education Report*, 36(6), 1–140. <http://doi.org/10.1002/aehe.3606>
- Polya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Puig, L. (1996). *Elementos de resolución de problemas*. Granada: Comares.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, núm. 52, de 1 de marzo de 2014, pp. 19386–19387. <https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/01/pdfs/BOE-A-2014-2222.pdf>
- Rojas-López, A. y García-Peñalvo, F. J. (2018). Learning Scenarios for the Subject Methodology of Programming from Evaluating the Computational Thinking of New Students. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje-IEEE Rita*, 13(1), 30–36.
- Rooney, C. (2012). How am I using inquiry-based learning to improve my practice and to encourage higher order thinking among my students of mathematics?. *Educational Journal of Living Theories*, 5(2), 99–127.
- Rossi, A. E. y Barajas, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Enseñanza de las ciencias*, 33(3), 59–76.
- Sáez, J. M. y Cózar, R. (2017). Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. *Educación*, 53(1), 129–146. <http://doi.org/dx.doi.org/10.5565/rev/educar.841>
- Sanders, M. E. (2009). Stem, stem education, stemmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Orlando: Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334–370). New York: Macmillan.
- Selby, C. C. (2015). Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and Bloom's Taxonomy. En *Proceedings of the 10th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 80–87). London, United Kingdom.
- Stohlmann, M., Moore, T. J. y Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A., & Taberner-Ferrer, J. (2013). Factores que influyen sobre la elección de estudios superiores deficiencias y tecnología. En *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (pp. 42–48). Girona, España.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. London: Harvard university press.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.

