

# PequeBot: Propuesta de un Sistema Ludificado de Robótica Educativa para la Educación Infantil

María Gabriela da Silva Filgueira  
Universidad de la Laguna  
La Laguna, Tenerife, España  
Email: alu0101006390@ull.edu.es

Carina Soledad González González  
Departamento de Ingeniería Informática y Sistemas  
Universidad de la Laguna, España Email:  
cjgonza@ull.edu.es

**Abstract**— En este trabajo se presenta el diseño de un sistema ludificado para el aprendizaje en la educación infantil por medio de la robótica educativa (PequeBot), que mediante la utilización de metodologías de aprendizaje basada juegos y en proyectos, facilite a los estudiantes la adquisición de conocimientos en las diferentes áreas del currículo educativo de manera lúdica, promoviendo la construcción de experiencias de aprendizaje con significado propio, incentivando la curiosidad, creatividad y participación activa de los estudiantes, permitiendo a su vez la adquisición de conocimientos en las áreas de las ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas y arte (STEAM), además de adquirir destrezas digitales al familiarizarse con las tecnologías de la información y la comunicación. Dicho sistema, está compuesto de un robot, una aplicación para dispositivos móviles, un set de tarjetas de programación y una página web, cuya prueba y puesta en práctica se plantea como un futuro proyecto a fin de determinar su usabilidad y eficacia como herramienta en la facilitación del proceso de aprendizaje de los estudiantes de educación infantil.

**Keywords**—Robótica educativa, Aprendizaje lúdico, Aprendizaje STEAM, Robótica infantil, Robots educación infantil

## I. INTRODUCCIÓN

La etapa de educación inicial brinda una oportunidad a los docentes de sentar las bases de una formación integral de calidad mediante la utilización de herramientas innovadoras y la utilización de las tecnologías. En tal sentido, la robótica educativa en la educación infantil se convierte en una herramienta que facilita la adquisición de conocimientos a los niños y niñas de modo lúdico, basándose en los principios de interactividad, las interrelaciones sociales, el trabajo colaborativo, la creatividad, el aprendizaje constructivista y constructorista y el enfoque didáctico centrado en el estudiante, permitiéndoles a su vez la adquisición de destrezas digitales y del desarrollo del pensamiento lógico y computacional de manera subyacente. Por ello, en el presente trabajo, se ha realizado una revisión de los kits de robótica educativa disponibles, y considerados adecuados (bien sea por su complejidad de uso o por su interfaz de usuario) para el aprendizaje en la etapa de la educación infantil, encontrándose una variedad no muy extensa, entre los que destaca como alternativa más utilizada y evaluada académicamente el Bee Bot.

Habiendo estudiado las diferentes alternativas disponibles, y realizado una investigación exhaustiva sobre el uso de robots para el aprendizaje en las aulas de educación infantil, se ha procedido a la elaboración de un diseño preliminar para la creación de un sistema integral de aprendizaje mediante el uso de robótica educativa al que se le ha denominado PequeBot, conformado por un set de programación (compuesto de tarjetas manipulables), una aplicación para dispositivos móviles Android, una página web y un robot, con la finalidad de facilitar a los estudiantes la adquisición de conocimientos en las diferentes áreas del currículo en esta etapa educativa de una manera lúdica, a la vez de promover el desarrollo de competencias básicas relacionadas con las matemáticas, la lecto-escritura, el pensamiento lógico y computacional y el desarrollo de destrezas sociales, culturales y digitales.

El diseño de PequeBot sigue los criterios para el diseño de robots educativos de Dave Catlin y Mike Blamires (2010) y a los lineamientos para el diseño de aplicaciones educativas de Oppermann (2002). El objetivo que se persigue es que PequeBot se convierta en una herramienta para el aprendizaje basado en la filosofía constructorista de Papert [1], permitiendo incorporar en las aulas de educación infantil conocimientos de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas y arte o mejor conocidos por el acrónimo STEAM.

A continuación se describen los fundamentos pedagógicos y tecnológicos de diseño, el análisis de las alternativas existentes en el mercado de robótica educativa para la educación infantil, para luego presentar la propuesta de diseño de PequeBot y las conclusiones del trabajo.

## II. FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS Y TECNOLÓGICOS

### A. Robótica educativa

Un robot es un objeto tangible cuya interacción con el entorno se origina a partir de las instrucciones programadas por usuarios con un fin específico. En el ámbito de la educación infantil, los robots son utilizados como herramientas físicas para el desarrollo de destrezas cognitivas mediante el juego, la creatividad, y la resolución de retos [2].

La interacción con los robots se produce de manera física cuando los niños y niñas manipulan la herramienta en sí, juegan con ella y observan sus movimientos. Luego se podría hablar de la interacción lógica, que es la que se produce cuando el niño elabora el algoritmo conformado por una serie de pasos que conllevan a que el robot ejecute una tarea, traduciendo así



un pensamiento lógico en acciones físicas que posteriormente serán llevadas a cabo por el robot. Ante diferentes algoritmos, el robot reproduce diferentes acciones o resultados, por lo que se va consiguiendo el desarrollo de una inteligencia lógica y/o computacional que es aquella que se gesta a partir de la capacidad para la solución de problemas. Por otra parte, el pensamiento computacional es una disciplina que comprende el conjunto de procesos de pensamiento envueltos en la formulación de un problema y en la expresión de su solución, de manera que ésta pueda ser llevada a cabo de manera eficiente y correcta [3], contribuyendo adicionalmente al desarrollo del pensamiento abstracto, de allí que el desarrollo de este tipo de pensamiento en los estudiantes se convierte en pieza clave para asumir los retos que implican la educación del siglo.

Durante la edad pre-escolar, el aprendizaje se produce cuando los niños y niñas generan nuevas ideas en base a sus experiencias y a los conceptos previamente aprendidos. Dichas experiencias pueden originarse cuando los niños y niñas juegan, comparten sus creaciones, las prueban, verifican sus limitaciones, experimentan y obtienen retroalimentación de otras personas. De este modo el proceso de aprendizaje se conforma de elementos claves como son la imaginación, la creación, el juego, compartir y reflexionar, todos interrelacionados entre sí como un todo, por lo que el uso de las nuevas tecnologías en el aula de educación infantil, deben permitir que los niños y niñas puedan explorar, realizar sus propios diseños, e involucrarse en el diseño de experiencias de aprendizaje con un significado personal [4].

Los robots en el entorno educativo, despiertan interés, curiosidad y fascinación en los niños y las niñas. Sin duda, estos pueden formar parte de las herramientas mediante las que puede ser implantada en la educación infantil el conocido aprendizaje mediante el enfoque de los juegos de Froebel, ofreciendo la posibilidad de que los niños y niñas, mediante la manipulación el juego y la interacción con los robots, sean capaces de comprender conceptos abstractos, además de cómo diferentes patrones de interacción se traducen en resultados diferentes, permitiendo el establecimiento y la comprensión de relaciones causa - efecto por parte de los estudiantes. En este sentido, los robots como juguetes programables educativos, deberían: encarnar alguna competencia creativa y/o constructiva, proveer la oportunidad de experiencias de juego autónomas orientadas al descubrimiento, estar orientada a diferentes usos, y poder ser incorporadas en las experiencias sociales de juego de los niños y niñas ya que éstos no sólo establecen conexiones con los miembros de la comunidad educativa, sino que también lo hacen con los materiales de juego [5]. La robótica educativa es un enfoque didáctico que puede ser fácilmente integrado en diferentes entornos educativos [6], en el que mediante la utilización de dispositivos robóticos programables, y la aplicación de metodologías de aprendizaje basado en proyectos, se puede mejorar el proceso de adquisición de conocimientos de los estudiantes, permitiéndoles a su vez familiarizarse con las tecnologías de la información y la comunicación y utilizarlas para definir un plan, organizar y buscar una solución a un problema específico [8] mediante la investigación y experimentación. Si bien es cierto que los robots poseen características y funciones atractivas para niños en edad preescolar, manteniendo su atención por un periodo de tiempo

más largo, mejorando el rendimiento, la capacidad de concentración y la flexibilidad cognitiva [9], también se ha encontrado que el robot por sí solo no es lo suficiente motivante. La motivación en el uso de la herramienta emerge de la actividad como tal a representar, del problema o reto a solucionar, o de la historia que los niños deban representar, por lo que es intrínseca a esta [10], [11]. Convertir a un robot en un personaje con una misión a cumplir, o un rol que encarnar, compromete a los niños en diferentes tipos de actividades, ofreciéndoles la oportunidad de explorar las posibilidades del entorno y establecer relaciones entre éste y el robot.

Si entonces la motivación en los niños para el uso de la herramienta robótica nace del reto a conseguir, es posible aprovechar esta gran oportunidad para la creación de ambientes y situaciones de aprendizaje con unos claros objetivos curriculares, por la que los niños se sientan fuertemente atraídos y comprometidos, incentivando su curiosidad, creatividad y participación activa, y en la que éstos tengan oportunidad para la construcción de su propio aprendizaje, enriqueciendo la experiencia con la obtención de destrezas digitales y computacionales. La teoría del constructivismo creada por J. Piaget y el constructivismo creado por S. Papert, se basan en explicar cómo el conocimiento en los individuos es adquirido y desarrollado. Ambos autores se fundamentan en el hecho de que el verdadero aprendizaje va mucho más del simple hecho de recibir información o de adherirse a las ideas o valores de otras personas, es expresar nuestras ideas al mundo o encontrar nuestra propia voz e intercambiar nuestras ideas con otras personas [12]. La filosofía educativa constructivista de Papert emerge del constructivismo de J. Piaget pero añade que la construcción de un nuevo aprendizaje es más eficiente cuando los estudiantes se comprometen en la elaboración, por sus propios medios, de un objeto tangible con alguna representación significativa para estos. Es lo que llama Aprender haciendo [13]. Adicionalmente, señala que las ideas son transformadas cuando son expresadas por diferentes medios, en contexto en particular y en la mente de diferentes personas. Por ello, la robótica educativa se presenta como una herramienta propicia para el aprendizaje mediante la filosofía constructivista ya que permite trasladar la experiencia obtenida mediante la interacción de la herramienta con el entorno en un determinado contexto, en ideas que transforman las percepciones y conocimientos previos del niño, dando origen al aprendizaje por construcción a través de la experiencia.

#### *B. Robótica y STEAM (Science, Technology, Engineering Mathematics & Art)*

STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) es el acrónimo empleado para referirse a los conocimientos en las áreas de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, al que recientemente se le ha agregado una A correspondiente al concepto de las artes para finalmente convertirse en STEAM. Cada vez cobra más fuerza la necesidad de incluir estos conocimientos desde los más tempranos niveles educativos, debido entre otras cosas a la necesidad de que los niños conozcan y comprendan conceptos



del mundo altamente tecnificado y sistematizado que les rodea, además de convertirse en uno de los objetivos formativos de la agenda educativa de la Unión Europea, apuntando algunos estudios a la importancia de exponer a los niños y niñas de manera temprana a estos conocimientos a fin de evitar la formación de estereotipos y otros obstáculos para su incorporación a posteriori en éstos campos [14].

La utilización de la robótica educativa en la etapa de educación inicial, puede convertirse en un modo de familiarizar a los niños y niñas con los conocimientos STEAM de una manera lúdica y motivante [15], ya que ésta ofrece un interesante dominio cognitivo por el que los niños tienen la oportunidad de:

- Desarrollar la comprensión de conceptos matemáticos [16] como números, formas y tamaños.
- Explorar conceptos de ingeniería mediante el diseño, la construcción, depuración de procesos y la aplicación de un concepto fundamental de la ingeniería, como lo es el hecho de que utilizando los mismos recursos, se pueden obtener múltiples soluciones a un mismo problema (concepto que encaja con los principios Montessori), por lo que los estudiantes son capaces de comprender que no siempre hay una única solución posible, enriqueciendo el debate de ideas entre estos [14].
- Promover el conocimiento de la tecnología mediante el conocimiento, aprendizaje y desarrollo de algoritmos a través de los que se fomenta el pensamiento computacional y abstracto, consiguiendo además una mejora significativa en las destrezas de los niños para el desarrollo de secuencias [17].
- La utilización de robots programables, permiten a los niños la comprensión de ideas de las ciencias de la computación ofreciéndoles la oportunidad de crear proyectos que respondan al estímulo del entorno a través de sensores, argumentando algunos investigadores que el conocimiento de las ciencias de la computación debieran ser una destreza obligatoria que complementa a la escritura, la lectura y la aritmética [18].

La utilización de robots en el aula puede también ser aprovechada para el desarrollo de actividades narrativas, artísticas o musicales, ofreciendo la oportunidad de comprometer en nuevas experiencias de aprendizaje a niños que se identifican mejor con estos tipos de intereses o que representan un proyecto con un significado personal [19], [20]. Entre los conocimientos y competencias que permite desarrollar y adquirir el uso de la herramienta robótica en el aula, podríamos citar:

- Aprendizaje significativo basado en la experiencia del estudiante y sus necesidades de adquisición de conocimientos.
- Aprendizaje auténtico y por comprensión, mediante la utilización de recursos de aprendizaje extraídos de la vida real.

- Aprendizaje social respaldado mediante el proceso de aprendizaje colaborativo y en equipo, que permite a su vez el desarrollo de habilidades interpersonales y competencias cívicas.
- Aprendizaje activo, mediante el que los estudiantes trabajan en la solución de problemas acordes con sus intereses y necesidades, incentivando el desarrollo del pensamiento crítico, analítico y creativo.
- Desarrollo de habilidades comunicativas orales.
- Adquisición de conocimientos y habilidades matemáticas y lógicas mediante el aprendizaje de los principios de la programación.
- Enriquecimiento de sus posibilidades expresivas y creativas que incluyan el uso de la lectura y escritura, mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación.
- Fomenta el desarrollo de los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes, visual, auditivo y kinestésico
- Desarrollo de la inteligencia kinestésica, aquella que según la teoría de inteligencias múltiples de Howard Gardner, se define como la capacidad de utilizar el propio cuerpo para realizar actividades o resolver problemas, bien sea tocando, moviéndose, o procesando información a través de sensaciones corporales [21], incidiendo favorablemente en el desarrollo espacial y sensorial, y en la coordinación motora de los estudiantes.
- Aprendizaje por conexión e interacción con la realidad física que representa el robot, al relacionar su comportamiento con los diferentes patrones de interacción (diferentes entradas producen diferentes salidas).
- Conocimientos y habilidades en las áreas de la ciencia, la tecnología y la ingeniería.
- Personalización de actividades de aprendizaje adaptadas al grado de experticia o experiencia de los estudiantes, que permiten obtener lo mejor de ellos de acuerdo a sus potencialidades.
- Desarrollo de competencias creativas en los estudiantes, al implicarlos en actividades de diseño y artísticas, así como en la integración de elementos del entorno y de la naturaleza.
- Aprendizaje basado en el constructivismo y construccinismo.
- Aplicación de diversas metodologías pedagógicas de enseñanza, como pueden ser: aprendizaje basado en proyectos, basado en la solución de problemas, aprender haciendo y aprendizaje basado en el juego.

### C. Criterios de diseño para robots educativos

El diseño y construcción de un robot con finalidad educativa, debe cumplir con unos principios a fin de que su uso en el aula produzca verdaderas experiencias de aprendizaje. En este sentido el trabajo desarrollado por Dave Catlin (Valiant Technology) y Mike Blamires titulado “The Principles of Educational Robotic Applications (ERA)” [22] resume en diez los postulados que debería cumplir todo diseño en la elaboración de robots educativo y que se organizan en tres dimensiones: tecnológica, estudiante y docente.

Dentro de la dimensión tecnológica, los autores del trabajo destacan que los robots educativos deben fomentar el desarrollo de la inteligencia de los estudiantes ayudándoles en la adquisición de conocimientos específicos y la provocación del pensamiento, proveyéndoles de experiencias de aprendizaje que generen patrones útiles de pensamiento. Por otra parte, La interacción con el robot habrá de realizarse mediante sistemas semióticos apropiados (construcción individual de significados en base a determinados símbolos o elementos) que incluyan distintas modalidades (visual, kinestésica, auditiva y espacial), y basados en patrones de la comunicación humana, de la naturaleza y de adquisición de conocimientos, que de acuerdo a unas reglas de manipulación produzcan la respuesta deseada en el robot. En cuanto a la encarnación, la herramienta debe permitir que los estudiantes extraigan significados propios mediante la interacción con el robot, permitiéndoles percibir la realidad desde la perspectiva del mismo.

En cuanto a la dimensión estudiante, el principio compromiso se encuentra referido a las características del robot para la creación y promoción de actitudes y ambientes positivos de aprendizaje capturando la atención de los estudiantes al encontrarse en una categoría entre objetos inanimados y vivientes conllevando al desarrollo de la comprensión intuitiva. El aprendizaje sostenido comprende el desarrollo de destrezas relacionadas con las capacidades comunicativas, trabajo en equipo y autoconfianza. La personalización del aprendizaje es uno de los puntos claves que debe contemplar el desarrollo de robots educativos, debiendo permitir la exploración de conceptos e ideas y la comprensión de modo personal y creativo, acordes con las necesidades y estilo de aprendizaje de los estudiantes (visual, auditivo, kinestésico, espacial) y atendiendo a diferentes niveles de dificultad.

La dimensión docente, abarca el principio de pedagogía, según el cual el robot debe permitir la creación de diferentes escenarios de aprendizaje mediante el uso de diversas metodologías, en los que los estudiantes puedan construir modelos mentales que les permitan asimilar nuevos conceptos y modificar las ideas ya existentes de manera práctica, enmarcados en la enseñanza y evaluación del currículo escolar, en donde el docente desempeña un rol de facilitador permitiendo que los niños realicen cosas por sí solos y determinando aquellas tareas en las que estos necesitan asistencia para conseguir un objetivo de aprendizaje. Adicionalmente los niños enseñan y aprenden de sus compañeros a cómo desarrollar ciertas tareas, produciéndose el aprendizaje colaborativo, además de aprender también del comportamiento del robot.

El principio de igualdad de género, edad, raza, estilos de vida deben poder ser respaldados por la robótica educativa, permitiendo a los niños poder reflejar en ésta su patrimonio cultural y contextualizarlo en el mundo moderno. Por último, el principio de practicidad debe primar en la implantación de entornos educativos mediante el uso de la robótica, haciendo que el valor de la experiencia sobrepase al esfuerzo logístico y económico derivado de la preparación de la clase, además de poder integrarse a los recursos tecnológicos de los que dispone la escuela.

### III. REVISIÓN DE KITS DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA EDUCACIÓN INFANTIL

A continuación, se mencionan algunos de los juguetes robóticos más empleados o considerados más adecuados para ser utilizados en las aulas de educación infantil.

#### A. KIBO ROBOT

KIBO ha sido desarrollado por Kinderlabs Robotics en la Universidad de Tufts y es un robot con sensores de sonidos, luces y distancia, y un lector de código de barras que es el medio por el que le son ingresadas todas las instrucciones de programación. KIBO viene acompañado de una serie de bloques de madera en los que se encuentran representadas mediante imágenes y colores, diferentes instrucciones de programación que incluyen *loops* (ciclos de repeticiones) y declaraciones condicionales, acompañadas de un código de barras. Con estos bloques, los niños y niñas van conformando la secuencia de pasos que conforman su algoritmo y cuyos códigos de barras serán posteriormente capturados uno a uno mediante el lector del que para tal fin dispone el robot.

KIBO (Fig.1) posee una apariencia que luce como si no hubiese sido concluido su diseño físico, lo que invita a los niños a completarlo mediante el uso de materiales que permitan su decoración y personalización, involucrándolos e inspirándolos en la creación de proyectos con un significado propio en el que poder desarrollar destrezas creativas y artísticas [23]. El precio de su kit básico es de 229 US\$ e incluye el robot, 10 cubos de madera con instrucciones, 4 cartas de parámetros, dos ruedas y dos motores, y de 359 US\$ si se desea la versión que además contiene los sensores de luz sonido y movimiento, el módulo de arte, el módulo de bombilla, 14 bloques de programación y 12 cartas de parámetros.



Fig. 1. KIBO Robot. Fuente: <http://kinderlabrobotics.com>

#### B. BEE BOT y BLUE-BOT

Sin duda el Bee-Boot (Fig.2) es uno de los dispositivos más utilizados y estudiados actualmente en las aulas de educación infantil para la iniciación de los estudiantes en los conceptos

de robótica, así como para la adquisición de competencias en diferentes áreas del conocimiento, como la lecto-escritura, matemáticas, arte, entre otras. El robot es operado mediante las teclas que posee en la carcasa, las cuales emplean básicamente los comandos de paso atrás, paso adelante (15 cm.), giro a la derecha, giro a la izquierda (ambos de 90°), pausa y un botón para ejecutar la secuencia de pasos a las que se ha dado entrada mediante el uso de los botones anteriores, además de otro que permite iniciar el dispositivo (clear) para introducir una nueva secuencia de comandos, el costo del BEE-BOT se encuentra alrededor de los 80€ por unidad.



Fig.2. Bee Bot. Fuente: <https://www.bee-bot.us/>

El Blue-Bot (Fig.3) es prácticamente igual que el Bee-Boot, con la prestación añadida de que adicionalmente puede ser programado mediante una aplicación para dispositivos móviles (Android e IOS) con una interfaz gráfica bastante fácil de manipular para los niños. Su precio es de 140 € por unidad.



Fig.3. Blue-Bot. Fuente: <https://www.bee-bot.us/bluebot.html>

El fabricante de Blue-Bot ha sacado recientemente al mercado un lector táctil de programación en el que los niños colocan fichas individuales con una instrucción determinada, e ir así construyendo el algoritmo. Una vez finalizado éste y presionada la tecla 'Go', el set de instrucciones será ejecutado por el robot. Este dispositivo es vendido por separado. En Reino Unido su precio se encuentra en 96 £ . Adicionalmente, ambos robots operan sobre una alfombrilla cuadrículada, cuyo precio oscila sobre sobre los 35€ (precio página web Robotica) la unidad (dependiendo del contenido de aprendizaje de la misma).

Diferentes investigadores han puesto de manifiesto que la interacción de los estudiantes con Bee Bot en contextos educativos apropiados, han promovido la adquisición de conceptos matemáticos y geométricos de manera significativa [8], así como la obtención de diversos logros requeridos a los estudiantes mediante la experimentación con el Bee Bot y la aplicación de diferentes estrategias para descubrir sus funciones y características [8]. Sin embargo, también hay quienes sugieren que el Bee-Bot si bien es adecuado para la educación infantil, éste

propone oportunidades limitadas de programación, por lo que proponen el uso de dispositivos basados en Arduino a fin de incentivar a los maestros en la creación de escenarios educativos adecuados [24] (Beraza, Pina y Demo (2010).

### C. ROAMER

Roamer (Fig.4) es un robot educativo desarrollado por Valiant Technology con la finalidad de facilitar los procesos de enseñanza desde el primer ciclo de educación infantil hasta 6to grado de primaria cuya principal característica es que puede ser adaptado a diferentes edades y niveles de habilidades y conocimientos, mediante el cambio del módulo de teclado en la parte superior del dispositivo.



Fig.4. ROAMER. Fuente: <http://www.roamer-educational-robot.com/>

Este es el módulo de teclado utilizado para edades entre 5 y 7 años. En él se puede observar que se manejan patrones de velocidad, distancia y ángulo de giro, introduciendo además el concepto de repetición mediante los números que se muestran en el teclado. Su precio en Reino Unido según muestra la página web de Valiant, es de 95£ antes de impuestos. Es de destacar que en la página web de Valiant, se encuentra disponible una plataforma Moodle con formación sobre el uso de Roamer, una librería con actividades, una revista con proyectos e ideas educativas para su implantación en el aula, un apartado dedicado a la investigación en el uso del dispositivo, y un foro que ofrece la posibilidad de formar parte de una comunidad de usuarios a fin de compartir experiencias de uso de la herramienta. El valor añadido que presenta este robot es el potencial que posee para el desarrollo de conceptos matemáticos en la niñez [8]. Por otra parte, la creación de un pseudo-lenguaje mediante la representación gráfica de los comandos del robot Roamer es una estrategia de enseñanza apropiada para la visualización de los procedimientos de programación [8].

### D. PRO BOT

PRO BOT (Fig. 5) es un robot basado en el diseño de la TORTUGA del lenguaje LOGO de Papert, y reviste algo más de complejidad que el BEE BOT y BLUE BOT. Este posee sensores de luz, sonido y contacto y puede ser operado mediante los botones que dispone sobre su carcasa, o mediante conexión USB al ordenador y el software PROBOTIX (bajo licencia). A diferencia del BEE BOT y BLUE BOT, el PRO BOT requiere que le sea introducida la distancia a recorrer que puede ser desde 1m hasta 5 m (hacia adelante o hacia atrás),

así como el ángulo de giro que puede ir desde 1° hasta 500°. Se introduce el concepto de *loops* o número de veces que puede ser repetida una acción, y los programas elaborados pueden ser almacenados para posteriormente ser ejecutados como un procedimiento (llamados de una acción). En el centro dispone de un agujero en el que puede ser insertado un rotulador para poder hacer dibujos durante la ejecución de una secuencia de programación, con lo que son muchas las acciones extras que pueden ser ejecutadas con este robot. Su precio es de 135 € la unidad, sin la licencia del software PROBOTIX.

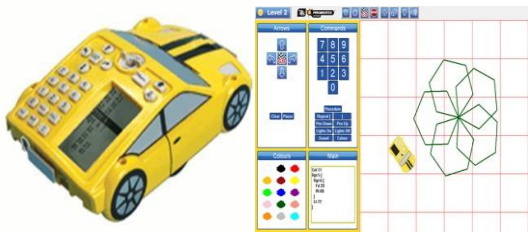


Fig. 5. PROBOT. Fuente: <http://ro-botica.com/es/Producto/PRO-BOT/>

### E. CUBETTO

CUBETTO (Fig. 6.) es un robot diseñado por Primo Toys en el que la secuencia de comandos que conforman la programación del robot, es realizada mediante la inserción de bloques en diferentes slots de un tablero que representa la interfaz con el robot. Los bloques poseen diferentes formas y colores, representando cada uno de ellos una acción específica: adelante, giro derecha, giro izquierda y función. El tablero se encuentra dividido en dos partes, una parte superior con doce slots que guían la secuencia y el lugar en el que los niños deben ir colocar los bloques de instrucciones, y una parte inferior con 4 slots, en el que de igual modo mediante el uso de los diferentes bloques los niños podrán introducir una secuencia de programación pero que en este caso podrá ser invocada desde los slots superior como una función o procedimiento (para ello el bloque de función). Una vez introducidas las piezas deseadas, el envío del programa se realiza vía bluetooth al pequeño y sencillo robot representado por una cajita de madera construido con Arduino. Cabe destacar que CUBETTO cuenta con el visto bueno del método Montessori. Su precio es de 225 US\$ la unidad.



Fig.6. CUBETTO. Fuente: <https://www.primotoys.com/>

### F. CODE A PILLAR

CODE A PILLAR (Fig. 7) es la nueva apuesta de FISHER PRICE para introducir los conceptos de programación en niños de pre-escolar a fin de promover las destrezas de pensamiento computacional y de solución de problemas. El juguete viene con

8 segmentos que se conectan entre sí mediante un puerto USB, representando cada uno de ellos un determinado comando o instrucción (adelante, derecha, izquierda, giro, sonido). El orden en el que son conectados los bloques determinará la secuencia de programación que ejecutará el robot (a diferentes entradas, diferentes resultados) una vez presionado el botón “start”.



Fig. 7. CODE A PILLAR. Fuente imagen: [http://www.fisherprice.com/en\\_US/codeapillar/index.html](http://www.fisherprice.com/en_US/codeapillar/index.html)

### G. TANGIBOT

TANGIBOT (Fig. 8) es un proyecto que ha sido creado por un equipo de investigadores de la Universitat Politècnica de València (UPV), dirigido a niños de entre 3 y 5 años, en el que un robot LegoTM Mindstorms® Ev3 al que se le ha incorporado un lector RFID en su chasis y un teléfono móvil. Por otra parte, en objetos como lápices de goma, pelotas y otros tangibles, se han incorporado etiquetas RFID (codificadas todas ellas para que el robot responda con diferentes tipos de comportamiento) que al ser detectadas por el lector son enviadas al móvil para ser procesadas y enviadas en forma de comandos al robot [25].



Fig. 8. Niños interactuando con el robot TANGIBOT. Fuente: UPV.

### H. ROOT y SQUARE

ROOT (Fig. 9) ha sido desarrollado por “The Wyss Institute” de la Universidad de Harvard con la finalidad de incentivar el aprendizaje de los principios de programación en las escuelas. El robot cuenta con una amplia cantidad de prestaciones entre las que destacaría la particularidad de que puede adherirse a superficies en vertical como lo son las pizarras blancas metálicas, pudiendo así el conjunto de la clase visualizar su comportamiento sobre dicha superficie, a la vez de los trazados que puede realizar mediante la incorporación de un rotulador a su carcasa. Puede responder a estímulos del entorno como son los luminosos, y a puntos de contacto en su

superficie, es capaz de reconocer hasta 32 colores de líneas a seguir, y puede ser programado para reproducir diferentes notas musicales. Su programación es realizada mediante una aplicación para dispositivos móviles denominada SQUARE, la cual puede ser operada mediante bloques gráficos, o mediante sentencias de programación en formato textual, permitiendo así adaptarse a s desde niveles educativos iniciales, hasta aquellos con edades y capacidades de abstracción superior, permitiendo evolucionar con los estudiantes a medida que van creciendo y convirtiéndose de este modo en una herramienta adaptable a diferentes niveles educativos. ROOT y SQUARE aún no se encuentran disponibles en el mercado.



Fig.9. Robot ROOT y SQUARE. Fuente: <http://www.rootrobot.io/>

#### IV. PEQUEBOT: DISEÑO Y CREACIÓN DEL SISTEMA

El objetivo general de éste trabajo es el diseño y creación de un sistema integral para el aprendizaje en la educación infantil por medio del uso de la robótica, con la finalidad de motivar y facilitar a los estudiantes la adquisición de conocimientos en las diferentes áreas del currículo en esta etapa educativa de una manera lúdica, a la vez de promover el desarrollo de competencias básicas relacionadas con las matemáticas, la lecto-escritura, el pensamiento lógico y computacional y el desarrollo de destrezas sociales, culturales y digitales. Para ello, se ha realizado el diseño, construcción y programación de un robot basado en Arduino UNO, capaz de ejecutar un conjunto de instrucciones recibidas mediante conexión bluetooth con una aplicación para dispositivos móviles Android, diseñada para tal fin. Además, se ha diseñado un “set de programación” constituido por un conjunto de tarjetas que permiten ser ensambladas entre sí, indicando físicamente y de manera concreta el desplazamiento del robot, y permitiendo a los niños y niñas la construcción de secuencias de programación mediante la utilización de objetos tangibles a fin de representar de manera visual, las diferentes sentencias a ser ejecutadas por el robot. También, se ha diseñado y desarrollado una aplicación para dispositivos móviles Android como interfaz de programación del robot, en la que los niños y niñas pueden introducir de manera sencilla e intuitiva las diferentes sentencias de programación (previamente elaboradas mediante el set de programación), así como probar la ejecución del programa que han elaborado, y conocer si ésta ha sido correcta o no, para finalmente ser enviado vía bluetooth al robot para su representación.

Por otra parte, se ha diseñado y desarrollado una página web en la que los docentes podrán no sólo encontrar las instrucciones de utilización de la herramienta, sino de la que también poder descargar el set de instrucciones para la programación del robot,

además de poder subir y compartir con otros docentes, propuestas curriculares para la implantación de actividades didácticas mediante el uso de la robótica, y experiencias obtenidas mediante la utilización de la misma a través de la cumplimentación de un formulario que permita recabar dichos datos para su posterior tratamiento.

El sistema PequeBot está orientado para su utilización en las aulas de educación infantil (de 4 a 6 años). Podrá ser utilizado de manera sencilla por parte de estudiantes y docentes, sin que ello requiera la utilización de una logística complicada o costosa, ni la adquisición de conceptos técnicos complejos, adaptándose de manera flexible a diversas áreas del conocimiento. Uno de los principales objetivos de éste trabajo fue el crear una herramienta económica para el aprendizaje mediante el uso de la robótica en educación infantil, cuya introducción en el aula represente una inversión modesta y accesible, con una adecuada relación costo-beneficio. Su utilización pretende motivar la creación de un entorno colaborativo y global de proyectos de aprendizaje mediante la utilización de la robótica, enriquecido con las experiencias de aprendizaje compartidas por los docentes mediante la página web. En el diseño de la interfaz de programación (representada por la App para Android) han considerarse la utilización de los sistemas de representación visual, espacial y auditivo, ofreciendo un diseño intuitivo y limpio. Adicionalmente, la aplicación ha de ser diseñada para guiar al alumno en su utilización paso a paso, facilitando de esta manera su utilización. El nivel de dificultad del sistema PequeBot, viene dado por el set de programación a ser utilizado (descargable de la página web). A tal fin, han sido diseñados ocho (8) niveles de dificultad, en los que se aumenta de manera progresiva la complejidad de los conceptos utilizados. De este modo, no dependerá de la aplicación (App) el nivel de dificultad a trabajar, sino que es el docente quien lo determinará en función al set de programación que decida utilizar, permitiendo la personalización del aprendizaje de acuerdo al nivel de conocimientos y experiencia de los grupos de trabajo, comenzando con conceptos de programación muy sencillos para ir avanzando hacia otros más complicados, respetando los tiempos de adquisición de destrezas de los estudiantes.

La utilización del sistema PequeBot pretende que los docentes involucren a los estudiantes en la creación y construcción de materiales con los contenidos de aprendizaje a ser adquiridos mediante la utilización del robot, promoviendo así el desarrollo de competencias creativas, y permitiendo que aquellos niños que no se decantan demasiado por el mundo de las ciencias, puedan también construir narraciones de historias con significado propio, que les permitan involucrarse de manera eficiente en la adquisición de conocimientos con sentido personal [4].

Por último, destacar que el diseño de PequeBot ha sido concebido con la finalidad de que los niños adquieran de manera lúdica, destrezas pertinentes a la formulación de un problema y a la expresión de su solución mediante la creación de algoritmos, estimulando el desarrollo del pensamiento computacional, y promoviendo además la cooperación y colaboración entre los estudiantes, la curiosidad, la imaginación, el interés por investigar y experimentar, así como

la adquisición de destrezas digitales, conllevando de este modo a la construcción de experiencias de aprendizaje en base a la interpretación de las experiencias obtenidas del mundo real y a sus conocimientos personales previos.



Fig. 10. PequeBot. Fuente Da Silva, 2016 [26].

## V. CONCLUSIONES

El presente trabajo ha sido llevado a cabo en base a una ardua recopilación de prestaciones y funcionalidades presentes en los diferentes robots que actualmente se encuentran disponibles en el mercado, considerados como los más aptos para su utilización en las aulas de educación infantil. En base a ésta información recabada, y a la consultada en diversa bibliografía relacionada con el aprendizaje en la etapa de la educación inicial y en la utilización de la robótica como herramienta para el aprendizaje, se ha procedido a realizar el diseño preliminar de un sistema integral para el aprendizaje mediante el uso de la robótica en esta etapa educativa, que incluyera las principales características de los sistemas actuales, pero que a su vez permitiera a los niños y niñas trabajar de modo tangible y lúdica con estructuras que representen la construcción de algoritmos que posteriormente pudieran ser trasladados a un entorno de desarrollo representado por una interfaz digital de usuario capaz de ser manejada por niños y niñas en edad pre-escolar.

El diseño preliminar del sistema integral Pequebot ha sido cumplimentado conforme se menciona a continuación:

- Diseño, construcción y programación del robot PequeBot basado en Arduino UNO, capaz de ejecutar y representar el conjunto de instrucciones que recibe mediante conexión bluetooth de la App para dispositivos móviles de Pequebot.
- Diseño de las tarjetas que componen el set de programación de las diferentes sentencias a ser ejecutadas por el robot, agrupadas según nivel de complejidad, esto con el fin de facilitar la comprensión de los diferentes conceptos relacionados con las instrucciones de programación del robot. De este modo, el docente puede personalizar la marcha de aprendizaje de sus estudiantes de acuerdo a sus capacidades, e ir introduciendo gradualmente conceptos nuevos y más complejos.
- Diseño y desarrollo de la aplicación PequeBot para dispositivos móviles Android, mediante el uso de la herramienta App Inventor, convirtiendo ésta en la interfaz en la que serán introducidas las diferentes sentencias de programación para ser enviadas vía bluetooth al robot para su representación.

- Diseño y desarrollo de la página web de PequeBot (<https://pequebot.hol.es>) en la que los docentes podrán encontrar instrucciones, herramientas e ideas de aprendizaje mediante la utilización del robot, además de promover la creación de una comunidad de usuarios y seguidores que con sus aportes enriquezcan la plataforma de aprendizaje.

Como limitaciones del trabajo, se incluyen que el diseño de la aplicación mediante la utilización de App Inventor, ha representado una importante limitación, ya que debido al tamaño que progresivamente alcanzaba la aplicación, la conexión con el servidor para la depuración de la aplicación, se hacía cada vez más complicada por problemas en la conexión, impidiendo incorporar algunos importantes elementos de programación del robot como han sido las instrucciones para la programación de condicionales, funciones y repeticiones (loops). Debido a esto, se plantea la migración de la aplicación de PequeBot a Android Studio mediante la utilización del lenguaje de programación Java, a fin de conseguir una apariencia más profesional y que permita incluir todos los elementos programables planteados en el presente trabajo.

Por otra parte, se destaca que en el diseño y construcción preliminar de PequeBot, se han seguido los criterios para el desarrollo de aplicaciones informáticas con fines educativos, poniendo en valor la importancia que cobra el diseño de interfaces de usuario que guíen a los estudiantes en la consecución de unos objetivos de aprendizaje, sin que para ello sea necesario dedicar tiempo y esfuerzo al aprendizaje del funcionamiento de la aplicación en sí.

Finalmente, como línea futura, se propone la realización de una investigación acerca del uso y eficacia del sistema integral PequeBot como herramienta a ser utilizada en procesos de aprendizaje mediante el uso de la robótica educativa en la educación infantil, que permita evaluar la comprensión de los estudiantes del set de programación para la elaboración de algoritmos, la dificultad en el manejo de la interfaz de usuario de la aplicación para dispositivos móviles Android y los resultados en cuanto a la eficacia de la herramienta para la adquisición de conceptos y conocimientos en las diferentes áreas del currículo en la educación infantil.

## REFERENCIAS

- [1] Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.
- [2] Stoeckelmayr, Kerstin, Michael Tesar, and Alexander Hofmann. (2011). "Kindergarten children programming robots: a first attempt." *Proc. International conference on robotics in education* Sep. 2011: 185-192. <[http://www.robotchallenge.org/fileadmin/user\\_upload/\\_temp\\_/RiE/Proceedings/51.pdf](http://www.robotchallenge.org/fileadmin/user_upload/_temp_/RiE/Proceedings/51.pdf)> Consultado 23/04/2017
- [3] Wing, J. (2006). Computational Thinking. *Communications of the Acm* 49 (3):33-35 (2006)
- [4] Resnick, M. (2007). All I really need to know (about creative thinking) I learned (by studying how children learn) in kindergarten. In *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition* (pp. 1-6). ACM.
- [5] Posada-González. R. (2014). *La lúdica como estrategia didáctica*.



- [6] Bers, M., & Horn, M. (2010). Tangible programming in early childhood: Revisiting developmental assumptions through new technologies. In I. R. Berson & M. J. Berson (Eds.), *High-tech tots: Childhood in a digital world* (pp. 49–70). Greenwich, CT: Information Age Publishing
- [7] Nacher, V., Garcia-Sanjuan, F., & Jaen, J. (2015). Game Technologies for Kindergarten Instruction: Experiences and Future Challenges. In *Proceedings of the 2nd Congreso de la Sociedad Española para las Ciencias del Videojuego* (pp. 58-67).
- [8] Misirli, A., & Komis, V. (2014). Robotics and programming concepts in early childhood education: A conceptual framework for designing educational scenarios. In *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 99-118). Springer New York.
- [9] Eck, J., Hirschmugl-Gaisch, S., Hofmann, A., Kandlhofer, M., Rubenzer, S., & Steinbauer, G. (2013). Innovative concepts in educational robotics: Robotics projects for kindergartens in Austria. In *Austrian Robotics Workshop 2013* (Vol. 14, p. 12).
- [10] Janka, P. (2008). Using a programmable toy at preschool age: why and how. In *Teaching with robotics: didactic approaches and experiences. Workshop of International Conference on Simulation, Modeling and Programming Autonomous Robots* (pp. 112-121).
- [11] Pekarova, J. (2008). Using a programmable toy at preschool age: Why and how? *Proceedings workshop of SIMPAR 2008 international conference on simulation, modeling and programming for autonomous robots* (pp. 112–121), Venice, Italy, November 3–4, 2008.
- [12] Ackermann, E. (2001). Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference. *Future of learning group publication*, 5(3), 438.
- [13] Alimisis, D., Moro, M., Arlegui, J., Pina, A., Frangou, S., & Papanikolaou, K. (2007). Robotics & constructivism in education: The TERECoP project. In *EuroLogo* (Vol. 40, pp. 19-24).
- [14] Elkin, M., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2014). Implementing a robotics curriculum in an early childhood Montessori classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 153169.
- [15] Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Eck, J. (2013). A cross-generational robotics project day: Pre-school children, pupils and grandparents learn together. *J. Autom. Mob. Robot. Intell. Syst*, 8, 12-19.
- [16] Rogers, C., & Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5, 17–28.
- [17] Kazakoff, R. E., Sullivan, A., & Bers, U. M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education*, 41, 245–255.
- [18] Sullivan, A., & Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 3-20.
- [19] De Luca, S. L. (2000). El docente y las inteligencias múltiples. *Revista Iberoamericana de la educación*, 11.
- [20] Catlin D. & Blamires M. (2010) "The Principles of Educational Robotic Applications (ERA)". A framework for understanding and developing educational robots and their activities. The 12th EuroLogo conference. <http://www.valiant-technology.com/uk/pdfs/ERA%20Paper%20for%20Constructionsim%202010.pdf> Consultado 23/04/2017.
- [21] Sullivan, A., Elkin, M., & Bers, M. U. (2015, June). KIBO robot demo: engaging young children in programming and engineering. In *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 418-421). ACM.
- [22] Beraza, I., Pina, A., & Demo, B. (2010). Soft & hard ideas to improve interaction with robots for kids & teachers. *Proceedings of SIMPAR 2010 workshops international conference on simulation, modeling and programming for autonomous robots* (549–555), Darmstadt, Germany, November 15–16, 2010.
- [23] Fernández Saviñón, J. F. (2016). A usability study of a Tactile-Tangible User Interface for the remote control of a Robotic Element on interactive surfaces.
- [24] Bers, M. (2008). *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. New York, NY: Teachers College Press.
- [25] Wyeth, P. (2006). Ethnography in the kindergarten: examining children's play experiences. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems* (pp. 1225-1228). ACM.
- [26] Da Silva, G. (2016). PequeBot. diseño preliminar de un sistema integral para el aprendizaje en la etapa de educación infantil mediante el uso de la robótica. Trabajo Fin de Máster. Máster en Educación y Tecnología. Universidad de La Laguna.