

La robótica educativa en las aulas costarricenses como herramienta para la enseñanza pública primaria

Christopher Rojas Vargasⁱ, Ingeniero en Sistemas de Información

Wenceslao Robles Bonillaⁱⁱ, Ingeniero en Computación

Julio Córdoba Retanaⁱⁱⁱ, Máster en Ingeniería del Software

ULACIT, Costa Rica.

crojasv730@ulacit.ed.cr, wroblesb743@ulacit.ed.cr, jcordoba@ulacit.ac.cr

Resumen—En múltiples fuentes se puede constatar el efecto positivo que genera la robótica educativa en el desarrollo de habilidades cognitivas en los niños, debido a su carácter multidisciplinario y la capacidad que posee de capturar la atención de la población a la que se le somete a proyectos de esta índole, gracias a su carácter lúdico y al posicionar al sujeto como actor activo de la creación del conocimiento y enfrentarle a retos que implican la resolución de problemas, la comunicación y negociación, entre otros. Adicionalmente, estos proyectos se desarrollan en contextos que logran “la promoción de habilidades como la creatividad, el diseño, la construcción, la programación, la colaboración, la resolución de problemas” [1]. En esta investigación se analizan esfuerzos realizados a nivel internacional y dentro del territorio nacional (Costa Rica) en el área de la pedagogía mediante el uso de la robótica, junto con una comparación entre las ofertas más populares de kits de robótica que ofrece el mercado. Por último, se presenta una visión sobre elementos que resultan claves para el establecimiento de nuevos proyectos, su sostenibilidad y su expansión a nuevas poblaciones.

Descriptor: robótica, educación, pedagógica, robótica educativa, enseñanza primaria

Abstract—In a variety of sources it is possible to contrast the positive effect generated by Educational Robotics, in the field of the cognitive skills development in kids, due to its multidisciplinary nature and its capacity to capture the attention of the population that takes part of projects of this kind, also to its ludic nature, and because it puts the subject as an active actor in the generation of knowledge, facing him with challenges that requires problem resolution, communication and negotiation skills, among others. This research analyzes initiatives performed internationally and within the national territory in Costa Rica, all in the area of pedagogy through robotics, along with a comparison between the different and most popular robotic offered in the market. Finally, it presents a vision on key elements for the establishment of new projects, their sustainability and their expansion to new populations.

Key words: robotics, educational, pedagogical, educational robotics, primary education

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología se ha convertido en un aspecto fundamental de la vida diaria, parte de las actividades matutinas y compañera cuando el día termina. Se utiliza como apoyo de las diferentes actividades diarias, empleada en ocasiones como distractor, cuenta también con un amplio uso en las

comunicaciones; en el ambiente laboral, como protección, para transmitir conocimiento, y ante muchas otras necesidades más.

Así mismo, la introducción de las tecnologías en las aulas en cualquier nivel de la educación ha ido en aumento hace ya algunas décadas, evidenciando la era digital en la que nos desenvolvemos, donde ya no se concibe el aprendizaje sin medios tecnológicos que le apoyen. Los años en donde las únicas herramientas disponibles para el educador eran una pizarra y tiza, han quedado atrás para dar paso a una nueva generación de pedagogía apoyada en todo tipo de aparatos multimedia y tecnología especialmente aplicada en la construcción de conocimiento.

La tecnología puede ser una gran herramienta, sin embargo, una mala utilización de la misma o un aprendizaje erróneo acerca de cómo debe ser aprovechada podría determinar la percepción de su utilidad como algo negativo. En este caso, quienes se ven más afectados con esta exposición inadecuada a la tecnología son los niños, ya que sin una guía apropiada pueden percibirla como un medio de distracción o entretenimiento únicamente.

Por esta razón, diversas instituciones tanto del sector público como del privado buscan que esta interacción entre la tecnología y el aprendizaje sea más amena y provechosa. Durante varios años se ha venido trabajando con robótica educativa, una forma de enseñanza pedagógica que aprovecha la tecnología para mostrar a los niños como realizar varias actividades y a la vez enseñar que la tecnología puede ayudarlos en sus actividades sociales o comunales.

Los esfuerzos por incluir tecnología en la educación en Costa Rica inician a finales de la década de los 80, momento en el cual esta se encontraba estancada, razón que motivó la creación del Programa de Informática Educativa, actualmente conocido como Programa Nacional de Informática Educativa (PRONIE MEP-FOD) [2]. Este programa entra en funcionamiento en el año 1988, como un esfuerzo entre el Ministerio de Educación Pública (MEP) y la Fundación Omar Dengo (FOD), la cual es una organización sin fines de lucro, creada un año antes con el fin de “incrementar la calidad de la educación, por medio de la informática y de la aplicación de nuevas tecnologías al sistema educativo.” [2]

Esta fundación ejecuta de manera formal proyectos de robótica y aprendizaje desde 1998, donde se pueden mencionar proyectos como el de Robótica y Aprendizaje por

Diseño, que es realizado en conjunto con el Ministerio de Educación Pública y empresas del sector privado. [3]

Como parte de esta iniciativa se han realizado diversos esfuerzos, dentro de los que es posible destacar el proyecto Salas de Exploración de Robótica, el cual “es realizado por el Programa Nacional de Informática Educativa para el I y II ciclo de la educación general básica bajo la coordinación del Ministerio de Educación Pública y de la Fundación Omar Dengo” [4], mismo que “se desarrolla en escuelas públicas localizadas en zonas rurales que atienden poblaciones en riesgo social.” [5]

En la enseñanza secundaria, se cuenta con el proyecto llamado Talleres de Solución Creativa con Robótica. “Su propósito es involucrar a los jóvenes en el desarrollo de proyectos fundamentados en la detección, evaluación y solución de problemas de sus comunidades” [5].

También se cuenta con diversos esfuerzos ejecutados por el MEP, en conjunto con diversas asociaciones y convenios con instituciones públicas y privadas. Primeramente se encuentra el esfuerzo dirigido por la Dirección de Recursos Tecnológicos en Educación, en conjunto con la empresa Aprender Haciendo, representante de LEGO® Education en Costa Rica, cuyo objetivo es llevar la robótica a las aulas costarricenses, en los niveles de preescolar, primaria y secundaria [6], mismo que forma parte del Programa Nacional de Tecnologías Móviles, el cual posee como objetivo general “Contribuir al desarrollo de la educación costarricense por medio de la inclusión de tecnologías digitales móviles en los procesos de enseñanza y aprendizaje como apoyo al currículo nacional” [7].

Adicionalmente, este ministerio lanzó una iniciativa llamada “Formación de formadores en robótica para colegios en áreas vulnerables en Costa Rica”, en conjunto con la Escuela de Informática de la Universidad Nacional (UNA), la Unidad de Proyectos de Prevención del Instituto Costarricense sobre Drogas (ICD) y el Ministerio de la Presidencia, la cual consiste en la implementación de talleres de Robótica, mediante la capacitación de docentes en el área, quienes a su vez transferirán los conocimientos a sus estudiantes [8].

Las iniciativas mencionadas obedecen a las necesidades de desarrollo de educación plasmadas desde hace un tiempo en diversos informes generados por el estado, donde destaca el Tercer Informe Estado de la Educación, realizado en el año 2010 por parte del Consejo Nacional de Rectores (CONARE), en el cual se estudiaron las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TIC) en la Educación Costarricense.

Este informe menciona puntualmente dentro de los objetivos de las políticas educativas “...lograr una ‘alfabetización tecnológica’ o adquisición de conocimientos básicos sobre las TIC.”, a su vez menciona que “los programas de formación profesional coordinados con esas políticas promueven la adquisición de competencias tecnológicas por parte de los docentes, a fin de integrar el uso básico de las TIC en el currículo y la pedagogía.” [9]

En el VIII Informe del Estado de la Nación (Costa Rica) se plasma la necesidad de buscar “la igualdad en el acceso a oportunidades para la realización de las capacidades y potencialidades de los seres humanos” y a la preocupación explícita hecha pública por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) de atender con urgencia el “retraso científico-tecnológico”, que viven los países iberoamericanos en las últimas décadas. [10]

Como se puede constatar en el presente estudio se analizaron proyectos realizados en el área de la robótica asociada a la educación tanto a nivel internacional como el de América Latina, enfocándose primordialmente en aquellos que tienen lugar en Costa Rica. Además del avance que ha tenido la incursión en la robótica educativa y el grado en el que las escuelas se han comprometido con este avance, así como también cuál ha sido el apoyo del gobierno en el crecimiento de este tipo de actividades; y la participación del MEP por facilitar el desarrollo de este proceso.

Se busca mostrar los avances alcanzados en los proyectos que se han realizado en los últimos años, los aspectos necesarios para alcanzar una buena enseñanza y los beneficios que ofrece la robótica educativa en las escuelas.

Como parte de los resultados, se evalúan los beneficios de impulsar el crecimiento de esta técnica de enseñanza y los esfuerzos adicionales que el gobierno debería realizar en materia de recursos, planteamiento, despliegue y compromiso.

II. MARCO TEÓRICO

La investigación abarca el tema de la robótica como herramienta de educación, “-del latín educere ‘guiar, conducir’ o educare ‘formar, instruir’- es un proceso... mediante el cual se transmiten conocimientos, valores, principios, costumbres y hábitos.” [11], en edades tempranas, mismo que engloba una variedad de tópicos que se entrelazan para constituir el enfoque de la robótica educativa; sin embargo, al iniciar la descripción del tema resulta necesario proporcionar el significado de algunos de estos términos relacionados con esta investigación.

Se inicia con el término de robótica, que “es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia.” [12]. Entendiéndose ciencia como “un conjunto de conocimientos obtenidos a través de un método específico, denominado el método científico. [13]. Siendo “el método científico... una manera metódica y controlada de obtener nuevos conocimientos...” [13]. A su vez, la tecnología se define como el “conjunto de herramientas hechas por el hombre, como los medios eficientes para un fin” [14]. Por último, se entiende el término máquina como “un aparato que se encuentra formado por diferentes piezas móviles y fijas que aprovechan la energía que tienen para realizar un trabajo determinado” [15].

Adicionalmente, la robótica es también considerada como una ciencia que permite la integración de diversas áreas del conocimiento, ya que “a través de esta disciplina se integran

sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, informáticos y de comunicaciones.” [16]. Explicando la frase anterior, parte por parte, se encuentra que un área de conocimiento es la “agrupación que se hace de los programas académicos, teniendo en cuenta cierta afinidad en los contenidos, en los campos específicos del conocimiento, en los campos de acción de la educación superior cuyos propósitos de formación conduzcan a la investigación o al desempeño de ocupaciones, profesiones y disciplinas.” [17]. Luego, un sistema según la Real Academia Española (RAE) se define como el “conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.” [18], por otra parte, la comunicación se concibe como la “transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor.” [18]. Por lo cual se infiere que un sistema de comunicación es el conjunto de componentes que realizan la transmisión de señales entre un emisor y un receptor.

De igual manera, los sistemas mecánicos son “aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía.” [19]. Así mismo, se entiende por sistema eléctrico “a los elementos, líneas e instalaciones, que, en conjunto, forman el sistema de transporte de energía.” [20]. Finalmente, un sistema informático “es el conjunto de partes interrelacionadas, hardware, software y de recurso humano... que permite almacenar y procesar información.” [21]. Con esto es posible entender el carácter multidisciplinario con que cuenta la robótica, al integrar diversos sistemas y componentes con el fin de realizar una tarea o tareas específicas.

Una vez desglosado el término robótica, es importante conocer la pedagogía, la cual está definida como “un conjunto de saberes que buscan tener impacto en el proceso educativo, en cualquiera de las dimensiones que este tenga, así como en la comprensión y organización de la cultura y la construcción del sujeto.” [22]. Esta palabra proveniente del griego que según explica Bernal consiste en la acción de guiar, conducir a los niños mediante una acción educativa. Su objetivo es el de formar, como menciona Hegel, en su Fenomenología del Espíritu, de 1807, donde plantea que el sujeto “reconoce el lugar que ocupa en el mundo y se reconoce como constructor y transformador de este.”

Dentro del marco de educación, se encuentran enfoques que se han mostrado con mayor fuerza, dentro de los que se puede mencionar el constructivismo, el cual sitúa al individuo como artífice de su propio aprendizaje, este pregona que “el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del ser humano.” [23], la cual resulta de la interacción del ser con el medio que le rodea, quien según afirma, va produciendo este conocimiento producto de esa interacción.

Adicionalmente se dispone de una metodología de aprendizaje (“Estudio de técnicas, procedimientos y recursos enfocados a la mejora y optimización de nuestra capacidad

para obtener nuevos conocimientos y habilidades.” [24]), basada en proyectos, la cual “consiste en el desarrollo de un proyecto..., ellos buscan soluciones a problemas reales a través del planteamiento de nuevas preguntas, debatiendo ideas, recolectando y analizando datos, reflexionando sobre su proceso de aprendizaje, trazando conclusiones, comunicando sus ideas, creando productos y compartiendo sus aprendizajes con una audiencia real.” [25]. Misma que posee diversas características, como lo es el facilitar el relacionamiento de los contenidos teóricos con el mundo real, lo que permite un aprendizaje más significativo; en donde el estudiante tiene un papel más activo, lo que le permite avanzar a su propio ritmo y profundidad. De esta forma se convierte en un instrumento para mejorar el rendimiento académico y asegura la persistencia en los estudios, junto a una serie de competencias transversales como lo son el trabajo en equipo, la planificación, la comunicación y la creatividad. [26]

Una vez abarcadas estas temáticas, es preciso enfocarse en el eje central de la investigación, el cual es representado por el concepto de robótica educativa, también conocida como robótica pedagógica por algunos autores, misma “que utiliza los elementos multidisciplinares de la robótica con fines didácticos, permitiendo la aplicación de ciertas herramientas tecnológicas, como apoyo en las diferentes metodologías de enseñanza y de aprendizaje” [16]. La robótica pedagógica es concebida como “un contexto de aprendizaje que promueve un conjunto de desempeños y habilidades directamente vinculados a la creatividad, el diseño, la construcción, la programación y divulgación de creaciones propias, primero mentales y luego físicas, construidas con diferentes materiales y recursos tecnológicos; que pueden ser programados y controlados desde un computador o dispositivo móvil.” [27]. Hablando de los términos englobados en las definiciones anteriores destacan: didáctica, la cual según la RAE “tiene como finalidad fundamental enseñar o instruir”, creatividad, como la “Facultad de crear” o “Capacidad de creación”, programación como “el proceso a través del cual un programa o aplicación informática es desarrollado.” [18] [28].

El primer uso de la robótica en la educación data del año 1975 para prácticas de psicología experimental [29], [30]. Desde entonces, cada proyecto sobre robótica educativa ha tenido sus retos y a la vez han ofrecido lecciones aprendidas que permiten enriquecer los proyectos y programas sobre este tema en las aulas de enseñanza. Los proyectos involucran tanto las ventajas de utilizar la robótica educativa para facilitar el aprendizaje, como aquellos proyectos orientados a capacitar a todos aquellos docentes que han aceptado el reto de incursionar con tecnología en sus aulas.

En la actualidad existen diversos esfuerzos en los que participan diversas instituciones tanto gubernamentales como del sector privado, a nivel internacional, así como también en el territorio nacional (Costa Rica). Mismas que utilizan la robótica como instrumento conductor de la enseñanza, dentro de los cuales se pueden mencionar: Proyecto World Links e Intel Educar para el futuro. Además de otras iniciativas que

promueven el uso de la robótica en procesos de generación o aplicación de conocimientos y resolución de problemas como la Lego League, y la Robot World Cup Initiative. Sin dejar de lado las propuestas para el desarrollo de habilidades o capacidades cognitivas como el Robotic Design Studio de Wellesley College en Boston. [27]. Estos a nivel internacional, no obstante, es posible encontrar proyectos a nivel nacional de igual manera.

En el año 1998 inicia el proyecto llamado "Robótica y Aprendizaje por Diseño" desarrollado en conjunto por la Fundación Omar Dengo y el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica [5]. Este proyecto surge con el propósito de gestionar ambientes de aprendizaje que involucren a niños, niñas y jóvenes en el diseño, creación y programación con robótica y las Tecnologías de Información Computacionales, bajo el enfoque de aprendizaje por proyectos [5].

El proyecto cubre tanto la enseñanza primaria como la secundaria, y en cada una se le ha dado un nombre diferente. En las escuelas se le conoce como Salas de Exploración de Robótica; y en los colegios como Talleres de Solución Creativa con Robótica. Es un proyecto que se desarrolla en escuelas públicas de zonas rurales con poblaciones en riesgo social. El proyecto se ejecuta bajo el Programa Nacional de Informática Educativa MEP-FOD y los estudiantes que asisten de las escuelas reciben las clases fuera del horario normal del curso lectivo [5].

Un aspecto incluido en el proyecto es que los niños y niñas que participan del mismo lo hacen con actividades referentes a sitios, lugares o eventos relacionados con las comunidades donde participan, de manera que puedan tener sensibilidad sobre los problemas de las comunidades y como la ciencia y la tecnología pueden apoyar el desarrollo. Durante la definición y el desarrollo de los proyectos basados en sus intereses y la realidad de su contexto socio-cultural, se les permite realizar actividades que incluyen la simulación de procesos industriales y la construcción de máquinas u objetos mecánicos; experiencias que luego son compartidas con los familiares o la comunidad, presentando evidencia de los productos realizados y el aprendizaje adquirido. [5]

El proyecto cuenta también con un espacio para capacitar y dar seguimiento a los educadores de los centros educativos, de manera que tengan un apoyo en el proceso de introducción de la robótica educativa en los cursos lectivos; con un programa que les brinda 80 horas por año de educación presencial.

Otro proyecto de interés es el Proyecto Intel Educar del área de Educación de la Corporación Intel [31]. Ha llegado a capacitar a más de tres millones de educadores de primaria y secundaria a nivel mundial sobre el uso de la tecnología en los cursos básicos y de esta manera tener un proceso de enseñanza más dinámico y satisfactorio tanto para el maestro como para el estudiante.

El proyecto Intel Educar de la mano del Ministerio de Educación Pública y de la Fundación Omar Dengo da sus primeros pasos en el año 2000, permitiendo a los educadores

adquirir destrezas pedagógicas, integrando tecnologías y metodologías de aprendizaje con base en proyectos y procesos de investigación. Los cursos que se ofrecen permiten a los educadores tener una introducción al programa Intel Educar y conocer los aspectos esenciales de este programa. Otros tópicos que apoyan este entrenamiento refuerzan el aprendizaje por indagación y la habilidad del pensamiento crítico con tecnología y una serie de seminarios a disposición para el desarrollo profesional. [31]

Los docentes aprenden entre ellos sobre dónde, cuándo y cómo incorporar las herramientas y recursos tecnológicos a sus planes de lección [32], experimentando nuevos enfoques para planear lecciones enfocadas a las metas de aprendizaje y los programas oficiales de estudio.

Volviendo al ámbito internacional, se encuentra el Proyecto FIRST Lego League, el cual es un torneo internacional, basado en competencias, colaboración e interacción con otros equipos, cuyo objetivo es despertar vocaciones científicas y tecnológicas, "fomentando el desarrollo de habilidades como el trabajo en equipo, el espíritu emprendedor, la capacidad de resolver problemas o el pensamiento crítico entre estudiantes de Educación Primaria y Secundaria." [33]

Se utilizan temas que ingenieros y científicos están trabajando o desarrollando en la actualidad, que puedan ser de interés general (a un país o a todos los países), permitiendo a los equipos desarrollar habilidades que les permitan hablar en público, interactuar con profesionales de diferentes áreas, así como convertir sus ideas en inventos y descubrir que pueden resolver problemas. [34]

Las actividades que los participantes desarrollan en los torneos de FIRST Lego League les permiten diseñar, construir, probar y programar robots utilizando la tecnología LEGO MINDSTORMS, a través de un proceso investigativo que atiende los mismos desafíos que enfrentan los científicos de hoy en día. Tales actividades requieren de conocimiento en matemáticas y ciencias, además de ofrecerles la oportunidad de desarrollar habilidades y competencias orientadas a trabajo en equipo, resolución de problemas y comunicación; cuidando siempre el aspecto participativo y colaborativo en un ambiente ameno y con formato deportivo. [35]

El formato del proyecto, el cual ya es parte en más de 80 países conlleva formar un equipo de máximo 10 participantes entre los 10-16 años guiados por un entrenador, los cuales tendrán un plazo de 8 semanas para analizar, investigar e inventar una solución innovadora que luego llevarán a la práctica con la construcción de un robot autónomo que será capaz de completar la mayor cantidad de misiones prediseñadas en dos minutos y treinta segundos. No se escapa de las actividades el fomentar en los participantes una actitud colaborativa y de interacción, solicitando a los equipos que se preparen para ofrecer una presentación de lo realizado y cómo ha sido su experiencia, sin dejar de lado los valores que FIRST Lego League mantiene como bases esenciales de este proyecto. [36]

En esta línea de proyectos participativos, el Proyecto Robot World Cup Initiative (también llamado Proyecto RoboCup) es un proyecto en donde se utilizan destrezas y conocimientos en robótica y tecnología para atender torneos de competición basados en juegos de fútbol con robots. El objetivo final del proyecto "Es nuestra intención el usar RoboCup como un vehículo para promocionar la investigación en robótica e Inteligencia Artificial, ofreciendo un atractivo público y un reto formidable." [37]

Esta iniciativa RoboCup "es un intento de fomentar la Investigación de Inteligencia Artificial y la robótica al proveer un problema general, donde una amplia gama de tecnologías puede ser integradas y examinadas. Para cumplir este propósito, Robocup escoge utilizar el juego deportivo del fútbol" [38]. "Para que un equipo de robots se desempeñe en un juego de fútbol, varias tecnologías se deben incorporar incluyendo: principios de diseño de agentes autónomos, colaboración con multiagentes, estrategias de recuperación, razonamiento en tiempo real, robótica e interacción con sensores." [39]

Sin embargo, el proyecto RoboCup ahora va más allá del fútbol, involucrando vastos intereses, encontrando categorías como el RoboCupSoccer, cuyo foco principal es competir en un partido de fútbol donde la meta es la cooperación de los diferentes robots. Luego, el RoboCupRescue, está enfocado en atender problemas de recuperación durante los desastres donde se ven involucrados ambientes hostiles, riesgos de rescate, asistentes digitales, búsqueda y recuperación, revisión de infraestructura, entre otros. Por otro lado, el RoboCup@Home, referente a tecnología desarrollada para el servicio y la asistencia a través de robots con alta relevancia en el apoyo en aplicaciones domésticas futuras; con temas como: visión por computadora y reconocimiento de objetos bajo condiciones normales de luz, manipulación de objetos, integración con el ambiente y cooperación. Adicionalmente la RoboCupIndustrial en donde se utilizan robots en escenarios laborales como apoyo a las tareas diarias, que incluyen tareas de ensamblado, carga, traslado y mejora del costo de producción. Por último, encontramos la RoboCupJunior, iniciativa orientada a la participación de jóvenes estudiantes y diseñada para introducir RoboCup en las escuelas y colegios, cuyo objetivo primordial es la educación. [40]

Un proyecto adicional que llama la atención es el Proyecto Robotic Design Studio del Wellesley College en Boston en donde los participantes aprenden como diseñar, ensamblar y programar robots a partir de diferentes piezas de LEGO como son: sensores, motores y pequeñas microcomputadoras [41].

Es un acercamiento multidisciplinario de aprendizaje por diseño, construcción e invención. "Creemos que es importante introducir a los estudiantes de artes liberales a la esencia de la ingeniería. Con este fin hemos desarrollado Robotic Design Studio, un curso donde los estudiantes aprenden como diseñar, ensamblar y programar robots. El curso no tiene prerrequisitos y son atraídos estudiantes con diferentes conocimientos. El

curso termina con una exhibición de robots donde los estudiantes muestran los que diseñaron y construyeron" [42].

Es así como es posible contemplar la gran variedad de iniciativas que rondan alrededor de la robótica, cada cual con temática definida y objetivos específicos.

En cuanto al tópico central del uso de la robótica educativa en las aulas, además de estar acompañada de un esquema pedagógico, también se compone de algunas herramientas (robots en este caso) para interactuar con los niños. A estas herramientas se les ha dado el nombre de kits de aprendizaje, encontrándose variedad de los mismos, tanto a nivel comercial como dedicados a la educación.

Para tener un panorama inicial de las herramientas que ofrece el mercado, primeramente, se cuenta con una referencia que hace una valoración de herramientas disponibles en el mercado, donde se observan productos como Makeblock, LEGO WeDo, BqZum Kit, littleBits, LEGO Mindstorms EV3, Beebot, Ozobot Bit, Aisoy1, pleo, entre otros. [43]

También se apoya el estudio con una valoración adicional que muestra productos que han sobresalido como son Mindstorms EV3, Dash & Dot, Zowi, Makeblock mBot 90053 y LittleBits. [44]

Un aspecto particular que se nota en estas revisiones (y otras que pueden ser consultadas) es que la mayoría de productos están agrupados en dos tipos de trabajos; uno de carácter propietario diseñado y fabricado por LEGO, y el otro grupo que se apoya en diferentes adecuaciones de la tecnología Arduino. Junto al grupo Arduino, pueden encontrarse otras plataformas como Parallax Basic, Stamp, Phidgets y otros; sin embargo, en esta investigación se analiza la de mayor conocimiento en el mercado, en este caso tecnología Arduino, junto a la desarrollada por la empresa LEGO.

La tecnología Arduino es una plataforma prototipo de código abierto basada en el uso fácil del hardware y el software [45]. Existen varios tipos de tarjetas integradas de tecnología Arduino, una plataforma que, a través de una herramienta de programación, recibe las diferentes instrucciones, las que basadas en las entradas que recibe la plataforma generarán diferentes salidas, las cuales podrán ser utilizadas para activar motores, encender luces, publicar contenido en línea o activar eventos [45].

Al ser una tecnología de código abierto, le permite al usuario poderla adaptar dentro de sus proyectos o utilizar programación básica para crear diferentes eventos. Las principales características que lo hacen tan accesible se describen como: barato, multi-plataforma, ambiente programación simple y, claro, hardware y software de código abierto. [45]

En el caso de la tecnología LEGO, bajo el producto Lego Mindstorms LEGO apunta que "todos queremos que nuestros niños tengan éxito en este mundo de una forma u otra. Es mejor si nuestros niños son alentados a salir al mundo y tener una educación que los inspire a ayudar a otros." [46] Es con

esta idea que los productos Lego Mindstorms son creados de manera que sean atractivos y agradables a los usuarios.

Lego Mindstorms es una combinación de elementos de Lego con un brick programable, motores y sensores que se unen para crear artefactos que caminen, hablen, agarren, piensen, disparen y pueda hacer casi cualquier acción que se pueda imaginar [47]. Estos productos poseen tanto una versión comercial como una versión educativa. A diferencia de tecnologías como Arduino, esta tecnología no es barata. Como herramientas de programación para los productos Lego Mindstorms se cuenta con RCX Code, como versión comercial y ROBOLAB, específica y orientada a ser una versión educacional.

Hay un nuevo concepto que se está utilizando para los juguetes o kits de robótica que no los define por la tecnología que utilizan; sino por las funciones que hacen y las disciplinas educativas que cubren. Estos juguetes se consideran juguetes STEM; son juguetes educativos enfocados en potenciar habilidades de ciencias y tecnología; buscando despertar el interés de los niños en determinadas áreas de conocimiento. STEM proviene de las siglas de cuatro disciplinas educativas. Las disciplinas son: Science (Ciencia), Technology (Tecnología), Engineering (Ingeniería) y Mathematics (Matemáticas). [48]

Aunque STEM es la base, se pueden encontrar variantes como STEAM (A por Arte), STREAM (R por Robótica) o GEMS (G por Girls-mujeres, E por Engineering-Ingeniería). Las variantes están más relacionadas con funciones incorporadas a los juguetes o hacia donde está dirigido, más que la tecnología que se ha utilizado para crearlo y ponerlo a disposición.

Los juguetes nuevos o de reciente tecnología no necesariamente son inducidos a cumplir con los conceptos de STEM; sin embargo, incorporarlos pronto los hará más atractivos. Adicionalmente, se debe tener en mente que los kits siguen siendo juguetes, por lo tanto, aunque cumplan con los aspectos STEM, deben seguir diseñándose de manera que los niños los quieran utilizar y se puedan entretener con ellos.

III. METODOLOGÍA

Para la presente investigación se empleó un diseño cualitativo exploratorio, cuya intención fue descubrir el estado actual de la enseñanza primaria del sector público en el valle central del país, su expansión en las aulas de los centros educativos y sus posibles aplicaciones en diversas regiones del país. Esta metodología se compuso de una revisión a profundidad de la literatura existente con respecto al interés que han mostrado algunas instituciones educativas en la utilización de la robótica como herramienta de enseñanza, con la finalidad de tomar como base los aciertos mostrados y lograr resolver las interrogantes planteadas y generar propuestas en torno a la hipótesis planteada. Adicionalmente se han consultado trabajos realizados por el Ministerio de Educación Pública (MEP) y el apoyo brindado por

instituciones como la Universidad de Costa Rica (UCR) o la Fundación Omar Dengo (FOD).

Se ejecutó un análisis de textos recuperados en internet que tratan sobre proyectos e iniciativas de robótica educativa desarrollados en diversos países, incluyendo América Latina, con un mayor detenimiento en Costa Rica. Como parte de los ejes temáticos de este trabajo se contó con tópicos como la capacitación de los docentes, las habilidades cognitivas que participan en estos proyectos de enseñanza, así como las herramientas disponibles en el mercado para la construcción de robots. Se recurrió a la búsqueda de información disponible en diversas fuentes, se revisó la información sobre aquellos programas realizados para capacitar a docentes y formar un grupo creciente de maestros y profesores que puedan aprovechar la robótica mientras imparten sus lecciones. Adicionalmente se consultó acerca del programa nacional de informática educativa y su relación con las acciones en el ámbito de robótica en la educación. Por último, se abordó los datos, artículos y publicaciones disponibles sobre iniciativas aplicadas en centros educativos a nivel internacional y nacional, analizando los resultados y experiencias captadas.

Teniendo toda la información recolectada, se procedió a determinar las actividades realizadas en el contexto nacional, con el objetivo de determinar si existió un seguimiento sobre los diferentes planes que se llevaron a cabo para incursionar en el tema de la robótica educativa. Con la valoración de esta información se determinó el impacto de los esfuerzos realizados, el efecto de la capacitación y seguimiento brindados y los efectos en los participantes.

Luego de la recolección y consecuente análisis de la información captada, se procedió a conversar con personas que han participado de alguna forma en los proyectos educativos donde se emplea la robótica como herramienta, con la finalidad de conocer sus experiencias, los aspectos a resaltar y las carencias de la propuesta, permitiendo a los investigadores contar con un mayor entendimiento del fenómeno, además de facilitar la formación de un criterio sobre el tema que permitió desarrollar propuestas o generar interrogantes para trabajos futuros.

Finalmente se debió asegurar que la información recolectada fue suficiente para sustentar de manera adecuada las conclusiones realizadas.

IV. ANÁLISIS

Los diversos proyectos e iniciativas que forman parte de la investigación poseen una característica en común: que la robótica educativa aporta múltiples beneficios a los estudiantes y docentes. Especialmente en ambientes donde se empleen teorías del aprendizaje como son el conductismo, cognitivismo, constructivismo y el conectivismo [49].

Debido a estos beneficios se puede afirmar que “la robótica se puede convertir en una parte central de las metodologías de estudio por las innumerables ventajas que se obtienen en su utilización llevando al aula situaciones que de otro modo serían tradicionales y poco aplicadas” [50]. Al

mismo tiempo que “posiciona al estudiante en un rol activo y protagónico en su propio proceso de aprendizaje” [5].

Sin embargo, el planeamiento de un proyecto de esta índole no puede realizarse a la ligera, ya que la razón primordial para dar origen a un proyecto de estos debería ser el aprovechamiento que obtendrán los estudiantes, “por lo tanto, será necesario pensar en las habilidades sociales, cognitivas y tecnológicas a propiciar y los niveles de apropiación que se promoverán desde el proyecto.” [51]

En resumen, un proyecto educativo que emplee la robótica, deberá contar con: “Un marco pedagógico sólido y de fácil comprensión, una caracterización del ambiente de aprendizaje que detalle las formas de relación entre las personas y estas con los recursos, un proceso de capacitación acorde con la evolución tecnológica y educativa, un proceso de seguimiento sostenido y permanente, un respaldo político y financiero justo que permita crecer e innovar acorde con las sugerencias de los procesos evaluativos que se gesten.” [51]

Por lo cual, partiendo del análisis se logra afirmar que aquellos proyectos, realizados bajo estas premisas, permiten que los estudiantes logren cultivar “capacidades creativas para el diseño; el trabajo en equipo y la resolución de problemas, por medio del uso de... materiales didácticos de robótica.” [10]. Adicionalmente, resulta relevante mencionar que se halló en la literatura un mayor aprovechamiento y resultados mayores en los proyectos de esta índole si se combinan estudiantes de diversas características, según menciona Acuña, “la experiencia en la ejecución de proyectos con robótica nos ha demostrado que aquellos grupos que integran estudiantes de diversas edades, procedencias y estados de madurez, resultan más productivos y creativos que los conformados por ciertas uniformidades.” [27]

Por otra parte, es posible comentar que existe una relación entre estas habilidades y las mencionadas en la investigación de la empresa enGauge, la cual “lidera el camino para ayudar a asegurar que las próximas generaciones adquieran habilidades exitosas para el siglo XXI.” [52], misma que se “han concentrado en determinar las habilidades necesarias para preparar exitosamente a los estudiantes para la vida, el aprendizaje y el trabajo en una sociedad basada en el conocimiento.” [51]. Habilidades como la alfabetización en la era digital, entendida como la habilidad de emplear la tecnología para crear y evaluar información; o el pensamiento inventivo, el cual involucra la adaptabilidad ante lo complejo, creatividad, curiosidad, autonomía; además de una comunicación efectiva que fomenta el trabajo en equipo, y el desarrollo de habilidades interpersonales y de interacción, junto a las capacidades de priorización, planeación y uso efectivo de herramientas con el fin de ofrecer productos de mejor calidad. [52]

Un aspecto a resaltar en Costa Rica es la labor que la Fundación Omar Dengo brinda a los proyectos de robótica en la educación, ofreciendo capacitación a los docentes con la finalidad de implementar cursos y talleres de robótica, en modalidades presenciales de 40 horas y de manera virtual, con

contenidos que se adaptan a las necesidades del proyecto a ejecutar. Según comenta Acuña, “el Área de Aprendizaje Lógico, Científico y Robótica de la Fundación Omar Dengo es la responsable del diseño, ejecución y evaluación de los procesos de capacitación” [27].

De igual manera resulta importante destacar que el docente que participe de estos esfuerzos deberá poseer afinidad hacia la tecnología, la innovación y el uso de robots, junto a una disposición hacia la programación y al cambio, además de ser una persona con creatividad y facilidad de transmisión del conocimiento [51].

Un dato que no se debe dejar de lado y que es común encontrar en la literatura sobre el tema en diversos países, lo constituye el respaldo político, administrativo y financiero en estos proyectos, el cual resalta como un aspecto de suma importancia y que no está presente en todos los casos, “la robótica como área de conocimiento nueva requiere del respaldo financiero y académico a largo plazo” [51].

En el caso de Costa Rica, a la fecha del estudio no fue posible encontrar una política o un plan nacional sobre la robótica educativa, como si es el caso del PRONIE MEP-FOD para la informática educativa a nivel nacional o el Programa Nacional de Tecnologías Móviles para la educación especial del país. No obstante, si existen esfuerzos en esta área, en pro de la incorporación de esta área de conocimiento en la oferta curricular, “un cambio cualitativo que estamos promoviendo en Costa Rica es conseguir el aval político y académico para incluir robótica como parte de la oferta curricular cotidiana, tanto a nivel de enseñanza básica como universitaria, algo similar a lo que ya consiguió la informática educativa” [51]. Los programas antes mencionados incorporan iniciativas que incluyen el uso de la robótica, sin embargo, el análisis de estos demuestra que estos son de naturaleza extracurricular, constituyéndose como talleres o cursos fuera del horario habitual de las lecciones y sin asociación a los contenidos temáticos del curso lectivo.

Continuando, se debe citar la necesidad de contar con un método que permita realizar un seguimiento y control de los objetivos planteadas y los efectos producidos en la población meta, “todo proyecto educativo deberá crear sus marcos de seguimiento y evaluación de proceso y resultados” [51].

Con respecto a las diferentes herramientas (kits de robótica educativa) disponibles en el mercado y que han sido evaluadas, varios aspectos salen a relucir en torno a cuál debería utilizarse. Estos aspectos determinan la mejor opción dependiendo del proyecto que se realizará en las aulas. En el proyecto una escuela podrá iniciar dando sus primeros pasos en la robótica educativa.

Aspectos que se pueden considerar son: **Edad**, donde lo más importante es saber que el kit que se adquiere está acorde con la edad de los niños con los cuales se trabajarán los proyectos; **Entretenimiento**, el kit ha de ser un producto que permita que los niños se entretengan mientras aprenden, que se sientan confortables y disfruten mientras aprenden; que **Apoye el pensamiento estratégico**, ayudando a mejorar y

soportar las actividades escolares referentes con aspectos de estrategia e inteligencia emocional; **Creatividad**, un kit con el cual el niño pueda ejecutar diferentes actividades o se le pueda preguntar en que actividades incluirlo y que el niño brinde diferentes opciones; **STEM**, orientados a las Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, aunque es un concepto a seguir, se ha vuelto popular dentro de los kits que se buscan; **Programable**, que tiene la capacidad de ser programado y apoya al niño con herramientas para iniciarlo en la programación; **Construcción de robots**, orientando a brindar accesorios para construir robots iniciales y luego dejar correr la creatividad del niño y crear robots adicionales; **Flexibilidad**, capacidad del kit de ofrecer diferentes accesorios para ser acoplados o los componentes básicos del kit, buscando tener un producto inicial y luego crecer con el; y **Conectividad remota**, que se refiere a la capacidad del dispositivo de aprovechar las tecnologías recientes de comunicación remota con dispositivos móviles, de manera que sea más atractivo para los niños, brindando mayor flexibilidad en el movimiento.

V. RESULTADOS

Como primer resultado a destacar, como producto del análisis de las fuentes encontradas, se halla la posibilidad de delimitar, a criterio de los investigadores las etapas a grandes rasgos que debería tener todo proyecto de robótica educativa. Sin el objetivo de desarrollar un plan exhaustivo, sino más bien como una guía de elementos a tener en cuenta al enfrentarse a una iniciativa de esta índole, se consideran varios aspectos.

Es primordial partir de un marco político, administrativo y financiero sólido; en donde el apoyo gubernamental es vital, un plan nacional de robótica educativa representaría el estado ideal, sin embargo, se debe apoyar en el soporte administrativo del Ministerio de Educación, con el fin último de incorporar la robótica educativa en la malla curricular de la educación primaria estatal. Es además necesario un modelo financiero sostenible acorde con los avances de estas tecnologías, que permita una renovación de las herramientas y métodos de acuerdo a la evolución tecnológica. Luego, resulta imprescindible definir un marco pedagógico, que cuente con un enfoque de enseñanza basado en proyectos, que promueva un ambiente de intercambio e interacción. Además de estar ligado a metas claras en relación a los beneficios que los estudiantes obtendrán de este. Así como, la elección de las herramientas a utilizar es un paso de suma importancia y de gran impacto. Hablamos del kit de robótica a utilizar. Este debe contar con una estructura que facilite las labores de construcción y programación. Con piezas que faculten movimientos libres sobre los terrenos a utilizar (normalmente lisos y con o sin obstáculos). Deben permitir la interacción con los estudiantes estimulando los sentidos, por medio de sonido, sensores, luces y movimientos. Más adelante en esta sección

se presenta una tabla de apoyo en la elección de las herramientas de robótica.

En todo momento se debe tener claridad y especial cuidado acerca del ambiente donde se llevarán a cabo las diferentes actividades de aprendizaje, sobre todo a la hora de definir el espacio físico en donde se desarrollarán las acciones del proyecto, el horario de las mismas y la selección de los educadores que facilitarán el proceso. Adicionalmente se debe plantear un esquema de capacitación y acompañamiento para los facilitadores, con el fin de proveerles de las destrezas necesarias y la motivación para lograr mejores resultados, incluyendo también ejercicios prácticos y enfrentándoles a situaciones reales y retos que encontrarán al ejecutar los proyectos.

Como último elemento, no se puede dejar de lado el establecimiento de métricas y revisión de metas alcanzadas, mediante estándares claros y con periodicidad bien definida, en aras de una mejora continua de todo el proceso de aprendizaje.

Por otra parte, se observó que la robótica aplicada a la educación produce un efecto positivo en el desarrollo de las habilidades cognitivas mencionadas en la sección anterior. Según este análisis se ha construido una tabla que asocia las habilidades señaladas por enGauge como necesarias para el éxito profesional en el siglo XXI, con las que la investigación indica son desarrolladas gracias al uso de la robótica en el ámbito educativo. Con la cual se pretende demostrar que esta última logra preparar a los educandos para el éxito en la era digital por medio del desarrollo de estas habilidades.

TABLA I
HABILIDADES PARA EL ÉXITO Y HABILIDADES PRODUCTO DE LA
ROBÓTICA EDUCATIVA

enGauge	Robótica Educativa (RE)
Alfabetización digital	Resolución de problemas mediante el uso de robots. Entendimiento de la tecnología y su uso para alcanzar metas.
Pensamiento Inventivo	El ambiente lúdico inherente a la RE despierta la curiosidad por el funcionamiento de las herramientas que emplean. Adaptabilidad ante situaciones nuevas y problemas planteados. Artífices de su propio aprendizaje bajo parámetros de ritmo y profundidad auto impuestos.
Comunicación efectiva	Trabajo en equipo y colaboración, negociación. Fomenta interacción entre estudiantes y genera habilidades de comunicación e interpersonales.
Alta productividad	Generar soluciones y productos tecnológicos (robots) de calidad que cumplen requerimientos predefinidos. Planean y organizan las metas de la solución del proyecto. Uso adecuado y efectivo de las herramientas a su disposición para la creación de prototipos y soluciones.

Fuente: Acuña Zúñiga, La robótica educativa: un motor para la innovación, 2009 y Elaboración propia.

Como se observa en el análisis los aspectos que se consideran determinantes al momento de elegir un kit de robótica para proyectos de educación se han colocado en una

tabla comparativa, que contiene información sobre los kits de robótica de mayor uso en los últimos años en estudiantes de I y II ciclo. Misma que constituye una herramienta útil a la hora de elegir el kit de apoyo a utilizar al iniciar proyectos de robótica educativa.

TABLA II
COMPARATIVA DE KITS DE ROBÓTICA DE MAYOR USO EN I Y II CICLO DE LA EDUCACIÓN PÚBLICA

Kits de robótica	Edad	Entrenamiento	Apoya pensamiento estratégico	Creatividad	STEM	Programable	Diseño robots	Flexibilidad	Conectividad remota
Lego Mindstorms NXT	10+ años	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Lego Education WeDo	6+ años	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si
Dash & Dot	5-12 años	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si
BQ Zowi	6+ años	Si	No	Si	Si	Si	No	Si, básica	Si
Makeblock mBot	8+ años	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si
LittleBits, kit básico	8+ años	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No
bq Zam Kit	7+ años	Si	No	No	No	Si	Si	No	No
Beebot	5+ años	Si	No	Si	No	Si	No	No	No
Ozobot Bit	8+ años	Si	No	Si	No	Si	No	No	Si
Aisoy1	4+ años	Si	Si	Si	No	Si	No	No	No
Pleo	6+ años	Si	Si	Si	No	No	No	No	No
Mio	8+ años	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	No

Fuente: Elaboración Propia.

Utilizar la robótica en las aulas se convierte en un gran motivador y además apoya la aplicación de conceptos vistos en clase, junto con la posibilidad de poner a Costa Rica con un sistema educativo de un país desarrollado de una forma acelerada y eficaz [53] [54]. Esta motivación se ve reflejada en el hecho de que los estudiantes son alentados a desarrollar y presentar sus proyectos, viendo al maestro como un guía en todo el proceso y no solo como una figura autoritaria [54].

Son más de 60 escuelas donde los proyectos de robótica educativa siguen ejecutándose con éxito [55]; sin embargo, dichas actividades están fuera del horario escolar. Es importante que dichas actividades se incorporen al currículo, ya que por sí misma no generará tantos conocimientos a menos que esté incorporada a las ciencias, matemáticas y otras materias [53].

En cuanto a las capacitaciones que deben tener los docentes para entender el uso de la robótica educativa en las aulas y poder aprovechar mejor las lecciones, tanto el MEP como la FOD ofrecen diferentes cursos con programas de 40 y 80 horas al año para prepararlos. Sin embargo, esto no es suficiente, ya que el mayor problema encontrado es el seguimiento que se da después de las capacitaciones y la falta de recursos para dar este seguimiento [54] [53].

Son varios los beneficios que reciben las niñas y los niños a través del uso de estas herramientas en las escuelas; y centrandolo en análisis en aspectos cognitivos, temas como resolución de problemas, pensamiento lógico, aplicación de la física, aprender haciendo, son algunos de los que se han observado [53] [54] [55].

VI. CONCLUSIONES

La robótica combina diversas ciencias y áreas de conocimiento, mientras que la pedagogía guía la formación de los individuos, por lo cual extrapolamos la concepción de robótica pedagógica como el empleo de conocimientos multidisciplinarios y tecnologías en el proceso cognitivo guiado por la participación activa del estudiante, mediante un enfoque de pensamiento constructivista.

Como se mencionó en el análisis todo proyecto deberá contar con un marco que permita establecer un seguimiento y control de los resultados obtenidos, que abarque la definición de métricas de rendimiento y cumplimiento de metas, además de políticas de evaluación de la calidad de los contenidos pedagógicos y un proceso de mejora continua mediante el análisis de los resultados y las mediciones realizadas. Esto tomando en cuenta que se trata de evaluaciones complejas de habilidades cognitivas que requieren un análisis de tipo cualitativo, mediante observación y algunos métodos que deberán ser especialmente diseñados con este fin.

El aprendizaje debe estar enfocado en los beneficios que se desea brindar a los estudiantes, ejecutándose en un ambiente bien definido que permita la interacción entre estos, fomente la resolución de problemas y el trabajo en equipo, mediante una metodología basada en proyectos, dentro de un marco pedagógico estructurado y bien pensado.

Los kits de robótica son esenciales en todo proyecto de esta índole, por lo cual se deben considerar aspectos como sostenibilidad, facilidad de manipulación, características de construcción, manipulación y programación, así como temas de costos y disponibilidad.

Hay que considerar que, aunque hay diferentes kits en el mercado que son de gran apoyo en las aulas y los proyectos, se recomienda que no por ser baratos deban ser adquiridos; es necesario valorar que los mismos sean versátiles, duraderos, de material no tóxico, que cumplan varias funciones y sobre todo que su programación sea bastante sencilla, con programación basada en íconos [53] [54].

En términos de capacitación a los docentes, es posible concluir que existen métodos que permiten dotar a los docentes de habilidades necesarias para la ejecución de los proyectos analizados y los futuros, ya sea de manera virtual o presencial, con ejercicios prácticos, logrando enfrentarles a problemas reales que encontrarán al ejecutar actividades en el área de robótica educativa, con la finalidad de prepararles de manera anticipada a los retos que estas implican. Sin embargo, se determinó la carencia de un estricto seguimiento y acompañamiento de estos educadores, una vez finalizada la capacitación.

La evidencia señala un acuerdo en cuanto a los beneficios de la robótica educativa, en términos de desarrollo de habilidades importantes en áreas de alfabetización tecnológica mediante el entendimiento de esta, pensamiento inventivo, manifestada como la adaptabilidad ante situaciones nuevas y problemas inesperados, así como también, comunicación efectiva, como trabajo en equipo, colaboración y negociación.

Por último, se considera un tema de vital importancia y quizá de urgencia la definición de un plan nacional de robótica educativa que permita incorporar esta a la malla curricular de la educación pública estatal, especialmente a nivel de primaria, para así lograr aprovechar los beneficios derivados de esta, mismos que fueron plasmados en esta investigación.

VII. TRABAJO FUTURO

Surge la interrogante luego de la investigación sobre la medición de la productividad laboral y el desempeño profesional de aquellas personas que fueron sometidas a programas educativos de robótica, en contraste con aquellas personas que no recibieron ningún contacto con esta, con la finalidad de realizar una comparativa y medición de los resultados y efectos de estas iniciativas a mediano y largo plazo, con el objetivo de determinar cuál grupo cuenta con un mejor desempeño profesional y sociedad según las habilidades cognitivas mencionadas en esta.

Otro tópico importante por desarrollar sería la propuesta de un programa nacional de robótica educativa que incluya en la malla curricular esta ciencia como apoyo a las materias básicas de la educación primaria, contemplando elementos como respaldo político, financiero y administrativo, sostenibilidad y un marco pedagógico bien definidos.

Adicionalmente, quizá de urgencia, existe el tema de la definición de métricas y controles estandarizados para el seguimiento de estos proyectos educativos, que permita visualizar a lo largo del tiempo el avance en cuanto a los objetivos y metas plasmadas.

Los programas permiten incursionar con la robótica en las escuelas. El Programa Nacional y los esfuerzos MEP-FOD junto con el apoyo del gobierno, han hecho posible el crecimiento de estos programas en las escuelas; sin embargo, es necesario que se pueda trabajar en una investigación o programa que genere los recursos necesarios para: 1) poder dar seguimiento a las niñas y niños que están en los programas escolares de robótica educativa, con el fin de determinar el impacto en sus años futuros, y 2) crear un plan nacional que incluya el presupuesto necesario no solo para la capacitación de los docentes, sino también para darles seguimiento, que puedan ejecutar talleres y proyectos similares a los que harán con sus estudiantes.

Con respecto a los kits de robótica educativa, un tópico a desarrollar es la viabilidad y/o beneficios que brindan los juegos de mesa orientados a robótica educativa, con la finalidad de determinar el impacto que tiene la incursión de estos juegos desde el grupo familiar y la forma en que los niños son acercados a la tecnología.

Como referencia dejamos el juego de mesa Robot Turtles, desarrollado por Dan Saphiro para enseñar a sus hijos conceptos básicos de programación mientras juegan [56].

VIII. REFERENCIAS

- [1] A. L. Acuña Zúñiga, «La robótica educativa y otras tendencias: en busca de un aprendizaje con tecnología,» 01 07 2015. [En línea]. Available: <http://www.fod.ac.cr/robotica/images/cursos/articulos/roboticaeducativatendencias.pdf>.
- [2] L. Muñoz, M. Brenes, M. E. Bujanda, M. Mora, O. Núñez y M. Zúñiga, «Las políticas TIC en los sistemas educativos de América Latina,» Elena Duro, Especialista en Educación de UNICEF, Buenos Aires, Argentina, 2014.
- [3] A. L. Acuña, M. D. Castro y D. Matarrita Obando, «Desarrollo de capacidades para el diseño e implementación de proyectos de,» Fundación Omar Dengo, 2011.
- [4] Área de Investigación en Robótica, Centro de Innovación Educativa, Fundación Omar Dengo, «Proyecto Salas de Exploración de Robótica,» 01 12 2002. [En línea]. Available: http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2006/proyecto_salas_de_exploracion_de_robotica.pdf.
- [5] A. L. Acuña Zúñiga, «Robótica y aprendizaje por Diseño,» 19 03 2004. [En línea]. Available: <http://www.educoas.org/porta/bdigital/lac->

- ducacion/139/pdfs/139pdf7.pdf.
- [6] K. Diaz, «MEP y empresa privada se unen para llevar robótica a las aulas,» 04 08 2016. [En línea]. Available: <http://www.mep.go.cr/noticias/mep-empresa-privada-se-unen-para-llevar-robotica-aulas>.
- [7] Ministerio de Educación Pública, «Programa Nacional de Tecnologías Móviles (PNTM) "Tecno@prender",» Viceministerio Académico, Dirección de Recursos Tecnológicos, San Jose Costa Rica, 2015.
- [8] K. Diaz, «Programa de robótica llegará a 36 colegios en zonas vulnerables,» 22 02 2016. [En línea]. Available: <http://www.mep.go.cr/noticias/programa-robotica-llegara-36-colegios-zonas-vulnerables>.
- [9] I. Fallas y M. Zuñiga, «Estudio: Las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación en la Educación Costarricense,» Tercer Informe Estado de la Educación, San Jose, 2010.
- [10] M. M. Sanchez C., «ROBÓTICA: ESPACIOS CREATIVOS PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES PARA EL DISEÑO EN NIÑOS, NIÑAS Y JÓVENES EN AMÉRICA LATINA,» 31 08 2006. [En línea]. Available: http://www.ribiecol.org/embebidas/congreso/2006/ponencias/trabajos/150/ponencia_frida_congreso.pdf.
- [11] Psico-web, «Educación - Concepto de Educación - Educación formal, educación no formal, educación informal,» 01 01 2011. [En línea]. Available: <http://www.psico-web.com/educacion/educacion.htm>.
- [12] Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, «Robotica,» 01 11 2006. [En línea]. Available: <https://robotica.wordpress.com/about/>.
- [13] F. Anzil, «Qué es Ciencia,» 06 03 2006. [En línea]. Available: <http://www.zonaeconomica.com/definicion/ciencia>.
- [14] W. Rammert, «LA TECNOLOGÍA: SUS FORMAS Y LAS DIFERENCIAS DE LOS MEDIOS,» 15 Enero 2001. [En línea]. Available: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-80.htm>.
- [15] diccionarioactual.com, «¿Qué es máquina?,» [En línea]. Available: <https://diccionarioactual.com/maquina/>. [Último acceso: 28 Febrero 2017].
- [16] M. L. Pinto Salamanca, N. Barrera Lombana y W. J. Pérez Holguín, «USO DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA COMO HERRAMIENTA EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA,» *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, pp. 15-23, 2010.
- [17] Observatorio Laboral para la Educación Colombia, «Glosario,» 06 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/propertyvalue-37268.html>.
- [18] Real Academia Española, «Diccionario de la lengua española | Edición del Tricentenario,» 2017. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/>.
- [19] P. C. MACIEL ALMIRON, «SISTEMAS TECNOLOGICOS: SISTEMA MECANICO,» 05 Julio 2008. [En línea]. Available: <http://st32caren2.blogspot.com/2008/07/definicion-de-sistemas-mecnicos.html>.
- [20] M. Tosatado, «Electricidad en alta y baja tensión,» 23 Setiembre 2008. [En línea]. Available: <http://www.mailxmail.com/curso-red-energia/red-sistema-electrico>.
- [21] A. Ayala, «Definición y origen del sistema informático,» 18 Julio 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/f7qdt5x9sqo-/definicion-y-origen-del-sistema-informatico/>.
- [22] D. D. H. Bernal, «Arte y Pedagogía,» 17 06 2014. [En línea]. Available: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/artey_pedagogia.pdf.
- [23] M. Carretero, «Constructivismo y educación,» 13 06 2009. [En línea]. Available: <https://bejomi1.wordpress.com/2009/06/13/%C2%BFque-es-el-constructivismo-carretero-mario/>.
- [24] A. CASAREZ, 09 Octubre 2009. [En línea]. Available: <http://delenguasmodernas.blogspot.com/2009/10/definicion-de-metodologia-del.html>.
- [25] Fundación Enseña Chile, «PONIENDO A NUESTROS ESTUDIANTES AL CENTRO DE SU APRENDIZAJE,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ensenachile.cl/wp-content/uploads/2015/05/Aprendizaje-basado-proyectos.pdf>.
- [26] J. M. Cerdas R., «La robótica educativa como agente promotor del estudio por la ciencia y la tecnología en la región atlántica de Costa Rica,» 12 Noviembre 2014. [En línea]. Available: www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/381.pdf.
- [27] A. L. Acuña Zuñiga, «Diseño y administración de proyectos de robótica educativa: lecciones aprendidas,» *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información [en línea]*, pp. 6-27, 2012.
- [28] DeficionABC.com, «Definición de

- Programación,» [En línea]. Available: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/programacion.php>. [Último acceso: 03 Marzo 2017].
- [29] E. Ruiz, «La robótica pedagógica,» *Universidad Nacional Autónoma de México. [Online]*, 05 03 1987.
- [30] E. Ruiz, *Un robot pédagogique pour l'apprentissage de*, Canada: Facultad de Estudios Superiores. Universidad de Montreal., 1989.
- [31] intel.com, «Detalles del Programa Intel® Educar,» Corporación Intel, [En línea]. Available: <http://www.intel.com/education/la/es/paises/costarica/programas/intelEducar-detalles.htm>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [32] intel.com, «Capacitando docentes innovadores - Programa Intel® Educar,» Corporación Intel, [En línea]. Available: <http://www.intel.com/education/la/es/programas/IntelEducar>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [33] deia.com, «Medio millar de escolares exponen sus proyectos de ciencia y robótica en First Lego League Euskadi,» Europa Press, 28 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://www.deia.com/2017/01/28/ocio-y-cultura/internet/medio-millar-de-escolares-exponen-sus-proyectos-de-ciencia-y-robotica-en-first-lego-league-euskadi>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [34] firstlegoleague.es, «El Proyecto Científico FLL,» First Lego League España, 2015. [En línea]. Available: <http://www.firstlegoleague.es/blog/el-proyecto-cientifico-de-fl>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [35] firstlegoleague.es, «Qué es FLL,» First Lego League, [En línea]. Available: <http://www.firstlegoleague.es/que-es-first-lego-league>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [36] firstlegoleague.cl, «¿Qué es FLL?,» First Lego League, 2016. [En línea]. Available: <http://www.firstlegoleague.cl/info-fl/qu-es-fl>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [37] robocup.org, «A Brief History of RoboCup,» RoboCup, 2016. [En línea]. Available: http://www.robocup.org/a_brief_history_of_robocup. [Último acceso: Febrero 2017].
- [38] sonycsl.co.jp, «RoboCup: The Robot World Cup Initiative,» RoboCup, [En línea]. Available: <https://www.sonycsl.co.jp/person/kitano/RoboCup/RoboCup-old.html>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [39] E.-I. Osawa, H. Kitano, M. Asada, Y. Kuniyoshi y I. Noda, «RoboCup: The Robot World Cup Initiative,» 1996. [En línea]. Available: <http://www.aaii.org/Papers/ICMAS/1996/ICMAS96-082.pdf>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [40] robocup.org, «Welcome to RoboCup,» RoboCup, [En línea]. Available: <http://www.robocup.org>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [41] wellesley.edu, «Robotic Design Studio,» Wellesley College, [En línea]. Available: <http://cs.wellesley.edu/~rds>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [42] wellesley.edu, «Robotic Design Studio,» Wellesley College, 2002. [En línea]. Available: <http://academics.wellesley.edu/Physics/robots/studio.html>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [43] P. Espeso, «Robótica, ¿por dónde empezar? Los 9 mejores kits para iniciarse,» Educación 3.0, 02 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.educacionrespuntocero.com/recursos/programacion/robotica-kits-para-iniciarse/30127.html>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [44] Raquel, «Los 5 juguetes de robótica educativa del 2016,» Robots para niños, 10 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.robotsparaninos.com/5-juguetes-robotica-educativa-2016/>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [45] arduino.org, «What is Arduino,» Arduino, 2017. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [46] irobotikas.net, «How Lego is Bringing Robotics to Children,» L-Robotikas, 20 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://irobotikas.net/2016/05/20/how-lego-is-bringing-robotics-to-children>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [47] lego.com, «31313 Mindstorms EV3,» Lego, [En línea]. Available: <https://www.lego.com/es-ar/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [48] Raquel, «¿Qué son los juguetes STEM?,» Robots para niños, 10 junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.robotsparaninos.com/que-son-juguetes-stem>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [49] E. Garnica Estrada, «ROBOTS HERRAMIENTAS PARA LAS AULAS DE CLASE,» 01 06 2013. [En línea]. Available: <http://urepublicana.edu.co/ingenieria/wp-content/uploads/2014/04/Robots.pdf>.
- [50] A. Odorico, «Marco teórico para una robótica pedagógica,» *Revista de Informática*, pp. 34-46,

2004.

- [51] A. L. Acuña Zúñiga, «La robótica educativa: un motor para la innovación,» 01 01 2009. [En línea]. Available: http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2009/motorinnova_articulo.pdf.
- [52] enGauge, «21st Century Skills,» 2003. [En línea]. Available: <http://pict.sdsu.edu/engauge21st.pdf>.
- [53] M. Brenes, Interviewee, *Asesora Pedagógica*. [Entrevista]. Febrero 2017.
- [54] L. A. Cubero, Interviewee, *Lic. Ingeniería Mecánica*. [Entrevista]. Febrero 2017.
- [55] A. L. Acuña, Interviewee, *Coordinadora Área Aprendizaje Lógico, Científico y Robótica*. [Entrevista]. Febrero 2017.
- [56] J. María, «Juego de mesa para aprender programación, Robot Turtles,» [kidsplaytec.com](http://www.kidsplaytec.com), 2015. [En línea]. Available: <http://www.kidsplaytec.com/juegos/34-juego-de-mesa-para-aprender-programacion-robot-turtles>. [Último acceso: Marzo 2017].

sido profesor en prestigiosas universidades nacionales (UCR, TEC, ULACIT, Cenfotec) e internacionales (Ecuador, Bogotá); y cuenta con amplia experiencia laboral como analista programador y consultor internacional en TIC. Lidera la implementación de Software Quality Assurance e IT Service Management en el BAC Credomatic a nivel regional. Actualmente es el decano del Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de ULACIT.

ⁱ Ingeniero en Sistemas de Información, profesional con experiencia laboral de 10 años en diversos puestos relacionados con las tecnologías de información, laborando tanto como técnico de soporte, así como también cuenta con experiencia en desarrollo de software empresarial bajo estándares rigurosos y mercados internacionales, además de poseer experiencia como administrador de bases de datos; así como haber fungido como coordinador de la unidad de informática en un área de salud. Actualmente se desempeña como administrador de sistemas, gestionando la infraestructura tecnológica y brindando soluciones tecnológicas de calidad a las necesidades de su organización.

ⁱⁱ Ingeniero en computación, con más de 20 años de experiencia en el área de tecnologías de la información y arquitectura de soluciones informáticas; con amplia experiencia en todos los aspectos de soporte técnico, desarrollo de software, evaluación y transformación del conocimiento, gestión de bases de datos, gestión de aplicaciones, gestión de infraestructuras informáticas, estrategia y planeamiento, liderazgo técnico; lo cual me permite elaborar conversaciones bidireccionales entre los departamentos de TI y las áreas de negocio buscando cumplir los objetivos estratégicos de la organización. Con gran capacidad de investigación, trabajo en equipo, gestión supervisada o autogestión, orientado a la optimización de resultados de calidad y abierto a nuevos retos

ⁱⁱⁱ Profesor universitario desde el año 2001. Ingeniero en Computación con énfasis en Sistemas de Información, graduado del TEC; máster en Ingeniería del Software de la Universidad Politécnica de Madrid; y candidato a doctor en Aplicaciones de la Informática (Diploma de Estudios Avanzados) por la Universidad de Alicante. Ha