

Analizando el desarrollo de las habilidades STEM a través de un proyecto ABP con arduino y su relación con el rendimiento académico

José L. Martín¹, Pedro Martínez², Gema M. Fernández², Cristian Bravo⁴

¹Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Politécnica de Madrid

²HMS Gestión de Proyectos Chile

⁴Fundación Telefónica Chile

Correo-e: joseluis.martinn@upm.es, pmartinez@hmsbp.com, gemariafm@hmsbp.com, cristian.bravo@telefonica.com

Resumen

No podemos predecir cuáles serán los empleos del futuro, pero es posible imaginar qué competencias serán necesarias basándose en los cambios acontecidos en las décadas recientes. La ciencia, la tecnología y los nuevos valores sociales configuran el nuevo perfil esperado donde las habilidades STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) deben desarrollarse desde la infancia para formar a mejores profesionales futuros. Para ello, la robótica educativa está mostrando excelentes resultados en el desarrollo de estas competencias. Este trabajo presenta un caso de estudio en el que 36 estudiantes de una zona muy vulnerable de Chile realizaron un taller de robótica siguiendo una metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) utilizando *Arduino*. La creatividad, el pensamiento sistemático, la resolución de problemas y el trabajo en equipo fueron las competencias analizadas antes y después del taller, junto con el rendimiento académico. Los resultados mostraron un crecimiento significativo en la creatividad, el pensamiento sistemático y la resolución de problemas y, en las notas finales, solamente Matemáticas mostró diferencias significativas positivas. El taller de robótica basado en Arduino ABP ha mostrado resultados útiles y eficientes. Profesores con estudiantes de zonas vulnerables pueden encontrar aquí una solución para ofertar capacitación robótica sin una gran inversión.

Palabras clave: Arduino; robótica educativa; habilidades STEM;

1. Introducción

En los últimos años se están experimentando cambios radicales en la manera de entender el mundo y en la manera de relacionarse con él. No sólo el lugar de trabajo ha sufrido una profunda transformación, sino que también en la vida diaria es necesario desarrollar nuevas habilidades para vivir de una manera diferente. Una manera en que la que la ciencia y la tecnología desempeñan un papel clave en el impulso de las nuevas realidades y oportunidades. En este mundo cambiante, es necesaria la adaptación de los paradigmas educativos desde los niveles más jóvenes. Desde niños, es muy importante el desarrollo de las nuevas habilidades que permitirán a los estudiantes adaptarse a los nuevos tiempos y prepararse para ser los encargados de tomar decisiones y ser los protagonistas del futuro.

Con el fin de desarrollar las nuevas habilidades que constituyen el nuevo perfil de siglo XXI, se requiere una formación técnica de calidad en las áreas STEM y una metodología adecuada. Las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) están consiguiendo excelentes resultados en la formación de las áreas STEM, ya que estos métodos aumentan la motivación y la implicación de los estudiantes. Los alumnos de bajo rendimiento tienen mejores resultados que los estudiantes de alto

rendimiento, reduciendo así la brecha entre ellos [1]. Al mismo tiempo, más y más experiencias demuestran los efectos positivos del uso de la robótica en los niveles educativos más básicos, aumentando el interés de los niños en participar en las actividades STEM, desarrollando una mayor confianza en el uso de la robótica e integrando estas habilidades de ingeniería desde una edad temprana [2]. Este tipo de experiencias lleva a los estudiantes a situaciones del mundo real que ayudan al desarrollo de las competencias clave y a prepararlos para el futuro. Estudios recientes demuestran la necesidad de que los estudiantes pongan en práctica estas habilidades desde edades jóvenes para tener más autoconfianza. Esto es, de hecho, un aspecto importante en el caso de las habilidades TIC, las cuales están integradas en el día a día de los jóvenes. Sin embargo, las competencias como la creatividad e innovación no se han promovido tanto [3].

La implementación de los proyectos basados en tecnología *Arduino* están mejorando el perfil de los estudiantes, no sólo en el desarrollo de habilidades tecnológicas, sino también en las habilidades sociales y de comunicación [4]. Este tipo de proyectos permite adaptar su nivel de complejidad de manera que es pertinente tanto en niveles de educación básica como niveles de ingeniería, donde las metodologías ABP son también muy bien recibidas, especialmente para el desarrollo de las habilidades del trabajo en equipo [5]. Ésta y otras habilidades como la creatividad, el pensamiento sistemático y la resolución de problemas se convertirán en esenciales en cualquier profesional del futuro, más aún en el caso de los ingenieros, por lo que su integración en la educación desde edades muy tempranas se convierte en una obligación. Sin embargo, es necesario el desarrollo de herramientas capaces de medir el progreso de los estudiantes en estas habilidades y analizar sus efectos en el rendimiento académico

Este trabajo presenta un estudio realizado en una escuela de Chile. Se impartió un curso con metodología APB basado en *Arduino* a un grupo de jóvenes estudiantes, analizando sus efectos en el desarrollo de las habilidades STEM (creatividad, pensamiento sistemático, resolución de problemas y trabajo en equipo), así como en su rendimiento académico.

2. Revisión bibliográfica

Mediante la combinación de hardware y software, la robótica educativa promueve un aprendizaje organizado y sistemático desde la experiencia. Estudios recientes investigan el potencial de la robótica en los colegios y recogen las principales aportaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje [6-9]. Destacan, entre ellos, los estudios centrados en el desarrollo de las competencias del siglo XXI, en el que la robótica aumenta las habilidades cognitivas y sociales como la creatividad, el pensamiento sistemático, resolución de problemas y trabajo en equipo:

La *creatividad* o la capacidad de pensar e inventar algo completamente nuevo y distinto de los modelos predefinidos, es una habilidad que se impulsa desde el primer nivel [10]. Para promover la creatividad es necesario llevar a los participantes a aquellas situaciones que pueden ser motivantes para promover la actitud de la producción creativa [11]. De la Torre define la creatividad como la capacidad de generar ideas y comunicarlas, además de relacionar esta capacidad con otras cualidades como son la iniciativa, autonomía, innovación, calidad, autoaprendizaje, aprendizaje constructivo o a través de la práctica [12]. Dichas cualidades hacen que la creatividad este relacionada con la resolución de problemas matemáticos que, en esencia, consiste en desarrollo y medida. De la Torre diseñó un instrumento para medir la creatividad adaptada a los niveles más elementales [13]. Por otro lado, otros estudios muestran que la robótica aumenta las aptitudes de los estudiantes en

creatividad científica y en el conocimiento de procesos científicos, además de cambiar en positivo su percepción de los robots, de los humanos y de la sociedad [14].

El *pensamiento sistemático*, de acuerdo con los descubrimientos de Ben-Zvi Assaraf y Orion [15], se resume en las siguientes ocho características: (1) *La capacidad para identificar los componentes de un sistema y los procesos dentro del sistema.* (2) *La habilidad para identificar relaciones simples entre dos o más componentes del sistema.* (3) *La habilidad para identificar relaciones dinámicas dentro del sistema.* (4) *La habilidad para organizar componentes, procesos e interacciones en el sistema en el marco de sus relaciones.* (5) *La habilidad para identificar ciclos de materia y energía dentro del sistema - el ciclo natural de un sistema.* (6) *La habilidad para reconocer dimensiones ocultas dentro del sistema - entender fenómenos naturales por medio de patrones e interrelaciones que no se producen en la superficie.* (7) *La habilidad para generalizar y poder resolver problemas basados en la comprensión de los mecanismos del sistema.* (8) *El desarrollo del pensamiento temporal: consiste en una retrospección y predicción, entendiendo que algunas de las interacciones que están ocurriendo en el sistema pudieron comenzar con anterioridad, mientras que eventos futuros pueden ser el resultado de interacciones actuales.* En los últimos años, varios profesores han expresado su preocupación con respecto a la comprensión limitada o inexistente de sistemas complejos de los estudiantes, apostando por el aumento del estudio de este tipo de sistemas en todos los niveles del curriculum científico K-12 [16]. La robótica puede considerarse una posible solución para integrar el pensamiento sistemático desde los niveles más elementales. Los niños son capaces de programar un robot y observar sus movimientos, pudiendo ver por sí mismos el programa en acción y decidir si su idea funciona como esperaban [17]. Cuando el juego y la tarea se combinan para enfrentarse a varios conceptos matemáticos y procesos cognitivos, los niños se ven envueltos en múltiples procesos matemáticos de forma recurrente y secuencial; además muestran perseverancia, motivación y responsabilidad hacia sus tareas [18]. Finalmente, otros estudios muestran la mejora significativa del pensamiento sistemático después de un taller de robótica [19-20].

La capacidad de *resolución de problemas* permite a los niños explorar multitud de conceptos matemáticos y prepararlos para afrontar experiencias en la vida real donde el pensamiento matemático es útil en la vida cotidiana de los estudiantes o sus familias y amigos [21]. A lo largo de décadas, la investigación ha demostrado que los niños son capaces de enfrentarse a potentes conceptos matemáticos, pero que el reto con los más jóvenes está en involucrarles en actividades en consonancia con sus habilidades y así promover el aprendizaje matemático [22]. Estas competencias están directamente ligadas con la metodología ABP, en la que los estudiantes experimentan dificultades progresivas en un gran proyecto. Algunos estudios demuestran la efectividad del modelo y cómo evaluarlo [23]. En la etapa pre-escolar y niveles K-12, se están desarrollando experiencias positivas en la capacitación por la resolución de problemas mediante el uso de ordenadores y programación orientada a la robótica [24-26], incluso algunos de ellos muestran un incremento en el rendimiento matemático [27-28]. Esta capacidad está muy valorada en la formación universitaria, especialmente en las carreras de ingeniería [29].

El *trabajo en equipo* está considerado una capacidad fundamental en ingeniería y ha sido foco de estudio en anteriores investigaciones. Seat y Lord [30] crearon un programa para la enseñanza a estudiantes de ingeniería en habilidades de interacción, Robillard [31] desarrolló un proceso de software que facilitaba la medida de las actividades del equipo y Davis [32] propuso una evaluación del proceso del equipo de diseño que incluía estrategias de evaluación a mitad y final de programa. Sin embargo, todos los estudios coinciden en la necesidad de comenzar a desarrollar estas habilidades desde la niñez, cuando las habilidades sociales se están formando. En lo que aquí respecta, la educación en robótica está bien situada hacia este objetivo [33],

y puede ser utilizada como herramienta para apoyar la construcción del aprendizaje a través del diseño de proyectos con sentido, aprendiendo de forma práctica en un contexto colaborativo [34]. Otras experiencias, no sólo han demostrado el incremento de la motivación y de la interacción social entre los estudiantes, sino también el progreso en otras materias relacionadas como Matemáticas, Física [35-36], Tecnología o Ciencias [37-38].

Fomentar el interés de los niños en la ciencia y la tecnología, así como el aumento de su alfabetización tecnológica, puede ser considerado como uno de los paradigmas educativos de este siglo y los talleres de robótica han sido indicadores de éxito, con estudiantes motivados y satisfechos en ciencias [39]. La mayoría de estudios recomiendan los kits de LEGO y sus plataformas para experiencias en robótica con estudiantes debido a la simplicidad de sus paquetes [40-41]. Sin embargo, Arduino también permite a los niños combinar artes tradicionales con computación y electrónica [42]. Además se trata de una tecnología barata y que facilita el trabajo con estudiantes ofreciendo multitud de posibilidades [43]. Arduino es un hardware libre, documentado ampliamente en internet gracias a las comunidades que lo desarrollan y que permiten a los estudiantes el autoaprendizaje. Es más fácil y barato desarrollar los proyectos que trabajar con paquetes predefinidos. Además, programar con Arduino supone una mayor aproximación a la programación profesional. Estas tareas pueden ser simplificadas si se necesita, y la complejidad de las mismas puede ser fraccionada para adaptarla a la metodología ABP. El trabajo en las placas de circuitos sin soldaduras y con un voltaje mínimo reduce los riesgos. Sin embargo, es altamente recomendable una práctica previa para mejorar la experiencia de los niños en su iniciación en estas tareas.

Estos últimos años, el análisis y la medida de las competencias se ha llevado a cabo en las universidades [44], por contra, estas competencias pueden ser incluidas desde la niñez con el objetivo de tener mejores profesionales en el futuro. La robótica tiene mucho potencial que ofrecer a la educación, la mayoría de los estudios revelan que las tecnologías tienen un efecto positivo en las capacidades de los niños y sus habilidades sociales [45]. Sin embargo, los beneficios del aprendizaje no están garantizados sólo por el simple hecho de introducir la robótica en las clases [46]. Es necesario analizar casos de estudio para definir mejores prácticas, observando los efectos en las habilidades de los niños y su progreso académico.

3. Método

3.1 Finalidad y objetivos de estudio

La finalidad del presente artículo es analizar el impacto en las capacidades STEM y el progreso académico en un grupo de jóvenes estudiantes que han desarrollado un proyecto basado en Arduino con metodología ABP. Los objetivos de las preguntas de investigación estudiadas aquí son los siguientes:

Identificar las diferencias en las competencias STEM (creatividad, pensamiento sistemático, resolución de problemas y trabajo en equipo) tras completar una experiencia de aprendizaje con Arduino ABP y analizar las diferencias en función del género.

Identificar los efectos en el progreso académico tras completar una experiencia de aprendizaje con Arduino ABP y analizar las diferencias en función del género.

3.2 Procedimiento

El proceso de aprendizaje dura cinco semanas, con dos sesiones de cuatro horas cada semana. Inicialmente, durante las primeras cuatro sesiones, los estudiantes

reciben una formación técnica básica con una introducción a la programación y pensamiento lógico, electrónica básica y la integración entre hardware y software. Después, en la quinta sesión, se presenta el proyecto que deben realizar, consistente en la creación de una casa inteligente, con el atractivo añadido de ser la casa de un superhéroe y contar con una sala secreta donde los estudiantes pueden (y deben) dar rienda suelta a su imaginación. Los estudiantes forman grupos de cuatro personas, en los que se reparten los siguientes roles: coordinador del equipo, responsable de programación, responsable de electrónica y responsable de estructuras. La casa inteligente debe cumplir ciertos requisitos: una alarma con detector de movimiento, puerta giratoria automática, un panel de control de luces y un acceso a la sala secreta por medio de un teclado numérico con código y con una trampa en caso de errar en la contraseña. En las siguientes sesiones, los estudiantes trabajaron diseñando y programando sus proyectos con la supervisión de un experto. En las últimas dos sesiones, los proyectos fueron terminados y se presentaron al resto de compañeros de clase en una exposición oral.

3.3 Participantes

La experiencia ha sido realizada por Fundación Telefónica en el Liceo Técnico Profesional Granja Sur en Santiago de Chile. Se trata de un colegio en una zona desfavorable de la ciudad a la que pertenecen estudiantes con familias en estado de vulnerabilidad. El grupo estaba compuesto por 36 estudiantes, en adelante Cohorte 0. Con ánimo de comparar resultados, se creó un grupo con alumnos de los 3 años anteriores que se denominará en adelante Cohorte 1. Durante estos cuatro años no ha habido cambios en el profesorado.

Tabla 1. Descripción de los participantes

	Cohorte 0	Cohorte 1
Número de estudiantes	36	75
Género(Masculino/Femenino)	33 / 3	60 / 15

3.4 Variables y medidas

En este contexto, las capacidades STEM y el rendimiento académico de los estudiantes han sido analizadas usando las siguientes variables de estudio:

- Cohortes. Cohorte 0 corresponde al grupo de estudiantes que ha desarrollado la experiencia de aprendizaje con Arduino APB. Cohorte 1 corresponde con el grupo de estudiantes de los 3 años académicos anteriores.
- Género. Extraído del fichero de alumnos (0 masculino y 1 femenino).
- Test previo en competencias STEM. Realizado en el grupo Cohort 0 al comienzo de la experiencia de aprendizaje con Arduino APB. Los estudiantes realizan dicho test para analizar estas 4 competencias: creatividad, pensamiento sistemático, resolución de problemas y habilidades de comunicación. El test de creatividad se basa en la herramienta de Saturnino de la Torre [13] (0 mínimo a 70 máximo). El test de pensamiento sistemático está basado en estudios previos [23] con 18 ítems en una escala de 0 a 3 (0 mínimo a 3 máximo). El test sobre la resolución de problemas y el trabajo en

equipo se ha adaptado de otro para niveles superiores [44] con entre 3 y 8 preguntas en una escala de 0 a 3 (0 mínimo a 3 máximo).

- Test posterior sobre competencias STEM. Realizado en Cohorte 0 cuando finalizó la experiencia analizando las mismas capacidades.
- Puntuaciones finales obtenidas en diferentes materias: Matemáticas, Inglés, Sociedad y Lenguaje. Todas ellas calificadas en una escala de 0 a 7 (0 mínimo a 7 máximo).

4. Resultados

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el test de diferentes habilidades. La primera columna muestra los resultados del test previo con media y desviación estándar. La segunda columna muestra los resultados del test posterior con media y desviación estándar, y la tercera columna muestra la importancia de las diferencias entre las pruebas previas y posteriores, ambas recogidas en Cohorte 0. Los resultados posteriores a la prueba son más altos que antes de ella: la creatividad muestra un alto incremento significativo ($p < .001$); el pensamiento sistemático muestra un crecimiento significativo ($p < .005$); la resolución de problemas muestra un alto incremento significativo ($p < .001$); y el trabajo en equipo no ha mostrado diferencias significativas. Se ha realizado un análisis en profundidad multifactorial ANOVA, pero no se encontraron diferencias significativas en términos de género.

Tabla 2. Resultados de los test previo y posterior en las competencias de Creatividad, Pensamiento Sistemático, Resolución de Problemas y Trabajo en Equipo.

	Pre-test Cohorte 0 (N=36)	Post-test Cohorte 0 (N=36)	Significatividad
Creatividad	23.53 (7.92)	30.18 (7.81)	0.000***
Pensamiento sistemático	1.50 (0.38)	1.92 (0.49)	0.004**
Resolución de problemas	1.67 (0.63)	2.21 (0.37)	0.000***
Trabajo en equipo	2.03 (0.40)	2.05 (0.33)	0.463

*** $p < .001$, ** $p < .005$

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en las diferentes asignaturas por cohorte. La primera columna muestra los resultados de Cohorte 0 en Matemáticas, Inglés, Sociedad y Lenguaje con media y desviación estándar. La segunda columna muestra los resultados de Cohorte 1 en las mismas asignaturas. Cohorte 0 obtuvo mejores notas en Matemáticas y Lenguaje, sin embargo, los únicos resultados significativos se encuentran en Matemáticas ($p < .001$). Se ha realizado un análisis en profundidad multifactorial ANOVA, pero no se encontraron diferencias significativas en términos de género.

Tabla 3. Rendimiento académico por cohorte en diferentes materias

	Cohorte 0 (N=36)	Cohorte 1 (N=75)	Significatividad
Matemáticas	5.22 (0.77)	4.74 (0.62)	0.000***
Inglés	4.42 (1.04)	4.64 (0.67)	0.764
Sociedad	4.79 (1.05)	4.93 (0.83)	0.895
Lenguaje	5.01 (1.17)	4.86 (0.69)	0.673

*** $p < .001$

5. Discusión y conclusiones

Como mostraba la revisión bibliográfica, se encontraron efectos positivos en las competencias STEM tras el taller de robótica. La creatividad muestra un incremento significativo y este resultado es coherente con los encontrados previamente. Cavas et al. [14] encontró diferencias significativas en la creatividad de los estudiantes tras un taller de robótica basado en Lego Mindstorms. Ellos también encontraron diferencias respecto al género y resultados de acuerdo a la profesión de los padres. En este caso de estudio no se encontraron diferencias en términos de género, la muestra femenina fue muy reducida y no fue posible recopilar los datos de las profesiones de los padres debido a la privacidad de los estudiantes.

La competencia de pensamiento sistemático muestra también un incremento significativo, a pesar de que en este caso el crecimiento es menor que en el caso de la creatividad. Estos resultados son coherentes con los de Grover [19], quien encontró efectos positivos en esta competencia tras un taller de toda una semana de Robótica e Ingeniería usando entrevistas previas y posteriores y con los de Sullivan [20], quien encontró mediante test previo y posterior que los participantes en el curso de robótica incrementaban su entendimiento de sistemas significativamente. En ninguno de ambos estudios se mostraron resultados significativos sobre género, pero también ellos manejan muestras pequeñas.

La resolución de problemas mostró un incremento bastante significativo como pasaba con la creatividad y no hubo diferencias en términos de género. Estos resultados son coherentes con los encontrados por Marghitu et al. [25] quien mostró que los estudiantes pertenecientes al K-12 mejoraban su competencia en la resolución de problemas trabajando con Lego NXT-G y Tetrix, Barak y Zadok [26] obtuvieron resultados similares desarrollando proyectos de robótica con un entorno de Lego Mindstorm. Y a pesar de que Fessakis et al. [24] trabajó con estudiantes de pre-escolar, evidenció que los niños disfrutaban de las atractivas actividades de aprendizaje y tenían la oportunidad de desarrollar la competencia de resolución de problemas.

El trabajo en equipo no muestra diferencias, los estudiantes obtuvieron un nivel alto de esta competencia en el test previo y a pesar de que el test posterior fue ligeramente superior, no se obtuvo una diferencia significativa. Estudios previos han demostrado que la robótica es percibida por los profesores con efectos positivos en el desarrollo continuo de competencias en los estudiantes [33] y como soporte de la construcción del conocimiento colaborativo [34]. En este caso de estudio, los alumnos pertenecen a un ambiente vulnerable y la escuela promueve iniciativas para socializar y crear un ambiente colaborativo. Esto podría explicar los altos resultados en el test previo, los

cuales fueron reforzados con la experiencia realizada, a pesar de no encontrar diferencias significativas a su término.

Finalmente, de acuerdo con el rendimiento académico, sólo Matemáticas muestra un incremento significativo en Cohorte 0. Lenguaje también aumentó más en Cohorte 0 que en Cohorte 1, pero los resultados no son significativos. Inglés y Sociedad fueron ligeramente más bajos en Cohorte 0 que en Cohorte 1, aún así estos resultados no fueron significativos. Además, en ningún caso se encontraron diferencias en términos de género. Estos descubrimientos son congruentes con estudios previos, Hussain et al. [27] mostró un mejor rendimiento en Matemáticas en los estudiantes que hicieron prácticas con robótica. Nugent et al. [28], Baker and Ansorge [37] y Nugent et al. [38] observaron beneficios en el entorno de los estudiantes que incrementaron sus conocimientos de Programación, Matemáticas y conceptos de Ingeniería. En ninguno de estos estudios se mencionaron diferencias en términos de género.

En estudios futuros será importante trabajar con una muestra más amplia. Incluso analizar dos grupos en paralelo: control y experiencia. Los resultados en términos de género fueron limitados y algunos datos personales podrían ser relevantes para completar el estudio. Sería interesante repetir este caso de estudio en otras escuelas y otros países para comparar los alcances. Además, el estudio podría ser extendido en el tiempo debido a que esta experiencia se ha concentrado en un mes y en un periodo más largo es de esperar un desarrollo más profundo de las competencias analizadas.

El taller de robótica basado en Arduino ABP ha mostrado resultados prácticos y eficientes. Los estudiantes han mejorado sus competencias STEM y su rendimiento académico en Matemáticas aumentó después de la experiencia. La tecnología Arduino ha sido aplicada satisfactoriamente con los jóvenes estudiantes y la metodología ABP los mantuvo comprometidos y motivados durante todo el taller. Este caso de estudio podría ayudar a otros profesores en el diseño de talleres de robótica. Además, con el diseño de un programa correcto, podría ser considerado como una asignatura de tecnología que analiza conceptos de electrónica básica, física o estructuras de programación. Arduino ha llevado a los niños al futuro de los ingenieros profesionales y han descubierto una vía de autoaprendizaje e investigación asequible. Profesores y estudiantes sin demasiados recursos pueden encontrar aquí una solución para ofertar capacitación robótica sin grandes inversiones.

Referencias

- [1] S. Han, R. Capraro and M. M. Capraro, How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2014, pp.1-25.
- [2] H. Hu and U. Garimella, Beginner Robotics for STEM: Positive Effects on Middle School Teachers. *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, Las Vegas, USA, 2015, pp. 3227-3234.
- [3] M. Claro, D. D. Preiss, E. San Martín, I. Jara, J. E. Hinostroza, S. Valenzuela, F. Cortes and M. Nussbaum, Assessment of 21st century ICT skills in Chile: Test design and results from high school level students. *Computers & Education*, **59**(3), 2012, pp. 1042-1053.
- [4] I. Leite, M. McCoy, M. Lohani, D. Ullman, N. Salomons, C. Stokes, S. Rivers and B. Scassellati, Emotional Storytelling in the Classroom: Individual versus Group Interaction between Children and Robots. In *Proceedings of the 10th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI'15)*, Portland, USA, 2015.

- [5] S. Chidhachack, M. A. Schulte, F. D. Ntow, J. L. Lin, T. J. Moore and S. E. Center, Engineering Students Learn ABET Professional Skills: A Comparative Study of Project-Based-Learning (PBL) versus Traditional Students. *ASEE North Midwest Section Conference*, North Dakota, USA, 2013, pp. 17-18.
- [6] D. Miller, I. Nourbakhsh, and R. Siegwart, Robots for Education, in B. Siciliano & O. Khatib (eds), *Handbook of Robotics*, Springer-Verlag, New York, 2008, pp. 1283-1301.
- [7] K. Stubbs, J. Casper, and H. A. Yanco, Designing Evaluations for K-12 Robotics Education Programs, in B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, & V. Adamchuk (eds), *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*, Hershey, PA:IGI Global, 2012, pp. 31-53.
- [8] F. B. V. Benitti, Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review, *Computers & Education*, **58**(3), 2012, pp. 978-988.
- [9] K. P. Patiño, B. C. Diego and V. M. Rodilla, Uso de la Robótica como Herramienta de Aprendizaje en Iberoamérica y España. *VAEP-RITA*, **2**(1), 2014, pp. 41-48.
- [10] M. Ferrando, The study of creativity in Spain. *Exploring European literature on creativity in pre-school education and beyond*, VV.AA, SERN, Bologna, 2013, pp. 22-30.
- [11] S. de la Torre, *Educación en la creatividad: recursos para desarrollar la creatividad escolar*, Narcea, Madrid, 1982.
- [12] S. de la Torre, *Dialogando con la creatividad: de la identificación a la creatividad paradójica*, Octaedro, Barcelona, 2003.
- [13] S. de la Torre, *Evaluación de la creatividad: TAEC, un instrumento de apoyo a la Reforma*, Escuela Española, 1991.
- [14] B. Cavas, T. Kesercioglu, J. Holbrook, M. Rannikmae, E. Ozdogru and F. Gokler, The Effects of robotics club on the students' performance on science process & scientific creativity skills and perceptions on robots, human and society. In *Proceedings of 3rd International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics Integrating Robotics in School Curriculum*, 2012, pp. 40-50.
- [15] O. Ben-Zvi Assaraf and N. Orion, Development of system thinking skills in the context of Earth System education. *Journal of Research in Science Teaching*, **42**, 2005, pp. 518–560.
- [16] O. Ben-Zvi Assaraf and N. Orion, System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, **47**(5), 2010, pp. 540-563.
- [17] K. Highfield and J. T. Mulligan, Young children's embodied action in problem-solving tasks using robotic toys. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou, & H. Sakonidis (eds), *Proceedings of the 33rd conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 2, Thessaloniki, Greece: PME, 2009, pp. 273–280.
- [18] K. Highfield, Robotic Toys as a Catalyst for Mathematical Problem Solving, *Australian Primary Mathematics Classroom APMC*, 2010, pp. 22-27.
- [19] S. Grover, Robotics and engineering for middle and high school students to develop computational thinking. *Annual meeting of the American Educational Research Association*, New Orleans, LA. 2011.
- [20] F. R. Sullivan, Robotics and science literacy: thinking skills, science process skills and systems understanding, *Journal of Research in Science Teaching*, **45**(3), 2008, pp. 373–394.

- [21] T. Lowrie and T. Logan, Using spatial skills to interpret maps: Problem solving in realistic contexts. *Australian Primary Mathematics Classroom APMC*, **12**(4), 2006, pp. 14–19.
- [22] B. Perry and S. Dockett, Young children's access to powerful mathematical ideas in L. D. English (ed), *Handbook of international research in mathematics education 2nd ed.*, New York: Routledge, 2008, pp. 75–108.
- [23] H. Abdullah, M. A. M. Nizah and H. Baharun, Promoting thinking skills: an evaluation of effectiveness of invention project, *Elixir Social Studies*, **44**, 2012.
- [24] G. Fessakis, E. Gouli and E. Mavroudi, Problem solving by 5–6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers & Education*, **63**, 2013, pp. 87-97.
- [25] D. Marghitu, T. Ben Brahim, J. Weaver and Y. Rawajfih, Auburn University Robo Camp K12 Inclusive Outreach Program: A three-step model of Effective Introducing Middle School Students to Computer Programming and Robotics. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2013, pp. 58-63.
- [26] M. Barak and Y. Zadok, Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving, *International Journal of Technology and Design Education*, **19**(3), 2009, pp. 289–307.
- [27] S. Hussain, J. Lindh and G. Shukur, The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem solving ability and attitude: Swedish data. *Journal of Educational Technology and Society*, **9**(3), 2006, pp. 182–194.
- [28] G. Nugent, B. Barker, N. Grandgenett and V. Adamchuk, The use of digital manipulatives in k-12: robotics, GPS/GIS and programming. In *Frontiers in education conference FIE '09*, 2009, pp. 1–6.
- [29] M. Barak, Systematic approaches for inventive thinking and problem-solving: implications for engineering education. *International Journal of Engineering Education*, **20**(4), 2004, pp. 612-618.
- [30] E. Seat and S.M. Lord, Enabling Effective Engineering Teams: A Program for Teaching Interaction Skills, *Journal of Engineering Education*, **89**(4), 1999, pp. 385–390.
- [31] P. N. Robillard, Measuring Team Activities in a Process-Oriented Software Engineering Course, *Proceedings, 11th Conference on Software Engineering Education*, 1998, pp. 90 –101.
- [32] D. C. Davis, K. L. Gentili, M. S. Trevisan, and D. E. Calkins, Engineering Design Assessment Processes and Scoring Scales for Program Improvement and Accountability, *Journal of Engineering Education*, **91**(2), 2002, pp. 211–221.
- [33] A. Khanlari, Teachers' perceptions of the benefits and the challenges of integrating educational robots into primary/elementary curricula. *European Journal of Engineering Education*, 2015, pp. 1-11.
- [34] T. A. Mikropoulos and I. Bellou, Educational robotics as mindtools. *Themes in Science and Technology Education*, **6**(1), 2013, pp 5-14.
- [35] R. Mitnik, M. Nussbaum, and A. Soto, An autonomous educational mobile robot mediator, *Autonomous Robots*, **25**(4), 2008, pp. 367– 382.
- [36] D. Williams, Y. Ma, L. Prejean, G. Lai and M. Ford, Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, **40**(2), 2007, pp. 201–216.

- [37] B. S. Barker and J. Ansorge, Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment, *Journal of Research on Technology in Education*, **39**(3), 2007, pp. 229–243.
- [38] G. Nugent, B. Barker and N. Grandgenett, The effect of 4-H robotics and geospatial technologies on science, technology, engineering, and mathematics learning and attitudes. In J. Luca, & E. Weippl (eds), *Proceedings of world conference on educational multimedia, hypermedia and telecommunications*, Chesapeake, VA: AACE., 2008, pp. 447–452.
- [39] J. Ruiz-del-Solar and R. Avilés, Robotics courses for children as a motivation tool: the Chilean experience, *IEEE Transactions on Education*, **47**(4), 2004, pp. 474-480.
- [40] S. Ludi, Educational robotics and broadening participation in STEM for underrepresented student groups, *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*, 2012, pp. 343-361.
- [41] A. Eguchi, Educational Robotics Theories and Practice: Tips for how to do it Right, In B. Barker, G. Nugent, N. Grandgenett, & V. Adamchuk, (eds), *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning*, Hershey, PA: IGI Global, 2012, pp. 1-30.
- [42] S. Grover and R. Pea, Computational Thinking in K–12 A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, **42**(1), 2013, pp. 38-43.
- [43] U. Sichaca and L. Margarita, A4C “Arduino For Childs” Una alternativa que hace uso de la Robótica para el desarrollo de Competencias Descriptivas, *XIV Encuentro Internacional Virtual EDUCA Colombia*, 2015.
- [44] M. J. García San Pedro, *Diseño y validación de un modelo de evaluación por competencias en la universidad*. Diss. Doctoral thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, 2010.
- [45] C. T. Hsin, M. C. Li and C. C. Tsai, The Influence of Young Children's Use of Technology on Their Learning: A Review. *Journal of Educational Technology & Society*, **17**(4), 2014, pp. 85-99.
- [46] D. Alimisis, Educational robotics: Open questions and new challenges, *Themes in Science and Technology Education*, **6**(1), 2013, pp. 63-71.