

# La educación moderna al alcance de arduino

## Modern education within reach of arduino

MUNERA, John M.<sup>1</sup>

JIMENEZ, Alexander<sup>2</sup>

BOTERO, Maria A.<sup>3</sup>

RIVAS, Karen Y.<sup>4</sup>

LOPEZ, Jaime<sup>5</sup>

### Resumen

Este trabajo comprende una revisión actual de las publicaciones que se han realizado sobre la implementación de las herramientas de Arduino en el proceso de enseñanza aprendizaje en la educación básica, superior y especialmente en Ingenierías. Desde el semillero Tecnoformación de la Corporación Universitaria Americana trabaja en desarrollar herramientas basadas en tecnología para brindar al estudiante de ingenierías una metodología que se pueda adaptar a la pedagogía de aprendizaje basado en proyectos que desarrolla la institución universitaria.

**Palabras clave:** arduino, aprendizaje, enseñanza, ingeniería.

### Abstract

This paper includes a current review of the publications that have been made on the implementation of Arduino tools in the teaching-learning process in basic education, higher education and especially in Engineering. The Tecnoformation nursery of the American University Corporation works to develop technology-based tools to provide engineering students with a methodology that can be adapted to the project-based learning pedagogy that the university institution develops.

**key words:** arduino, learning, teaching, engineering

## 1. Introducción

El semillero Tecnoformación de la Corporación Universitaria Americana nació con la idea de implementar la tecnología a la educación para buscar reemplazar la tradicional enseñanza magistral por una metodología más participativa y activa de los estudiantes, pero que a la vez fuera más atractiva para ellos, específicamente en las áreas de la Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas. Muy a pesar de los adelantos tecnológicos en algunas instituciones universitarias de la ciudad de Medellín no se implementan los medios disponibles al proceso de enseñanza aprendizaje. Hace 100 años la educación se impartía de manera básicamente magistral. Generaciones

<sup>1</sup> Ingeniero Químico, Coordinador Semillero Investigación Tecnoformación, Facultad Ingenierías Corporación Universitaria Americana. [jmunera@americana.edu.co](mailto:jmunera@americana.edu.co)

<sup>2</sup> Licenciado en Matemáticas y Física, Magister en Educación. Facultad de Ingenierías Corporación Universitaria Americana. [ajimenezg@americana.edu.co](mailto:ajimenezg@americana.edu.co)

<sup>3</sup> Licenciada matemáticas y física Magister en ciencias exactas. Magister en periodismo. Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD. [periodis85@gmail.com](mailto:periodis85@gmail.com)

<sup>4</sup> Administradora De Empresas Y Magister En Administración De Negocios Área Finanza. Corporación Universitaria Americana, [krivas@coruniamericana.edu.co](mailto:krivas@coruniamericana.edu.co)

<sup>5</sup> Ingeniero de producción, Magister en Logística Integral. Docente Corporación Universitaria Americana. [jaimelopez1913@hotmail.com](mailto:jaimelopez1913@hotmail.com)

anteriores recibieron ese tipo de enseñanza en la educación básica y en la educación superior . Pero, si los jóvenes de este siglo tienen a la mano múltiples medios tecnológicos que son fuente de información de calidad y de primera mano, ¿cómo es que el proceso enseñanza aprendizaje continúa desarrollándose en las instituciones educativas de la ciudad al igual que hace 100 años?

En esta investigación se pretende encontrar qué se ha escrito sobre el uso de la tecnología actual en la educación del mundo y para ello se toma como referencia la enseñanza a través del Arduino, el cual consiste en un medio económico y sencillo para implementar soluciones tecnológicas de la ingeniería en las actividades prácticas mediante una combinación de hardware y software abiertos disponibles para desarrollar soluciones Hágalo Usted Mismo. En los últimos años, el Arduino de bajo costo se ha convertido en una plataforma de creación de prototipos popular, especialmente entre los aficionados y también con fines educativos (Gover, Krishnan, Shoup, & Khanbaghi, 2014). Arduino es probablemente la plataforma de hardware de código abierto (OSHW) de mayor impacto en los últimos años. Su enfoque, basado en la simplicidad de uso, bajo costo y creación de la comunidad, ha hecho de esta plataforma un gran éxito. (Torroja, Lopez, Portilla, & Riesgo, 2015).

Arduino es un microcontrolador inventado para personas que no son ingenieros (estudiantes de una escuela de arte en Ivrea, Italia), simple pero poderoso, inmensamente popular entre los aficionados de todo el mundo y ampliamente utilizado en la educación STEM. (Wood & Ganago, 2018)

El Arduino se basa en un marco de código abierto que alienta a las personas de todas las comunidades a compartir sus diseños, dibujos y ejemplos de código. (Huang, 2015).

Desde la moda ponible hasta la investigación espacial, las posibilidades de usar Arduino para aprender y desarrollar nuevas ideas son infinitas. Aunque tiene sus limitaciones, es una gran herramienta que se puede utilizar en el aprendizaje. (Galadima, 2014).

El objetivo principal de esta investigación es conocer aquello que se ha publicado sobre el uso de una herramienta tecnológica muy actual como el Arduino en el proceso de enseñanza aprendizaje, especialmente en el área de las ingenierías, pero también a nivel de educación básica.

---

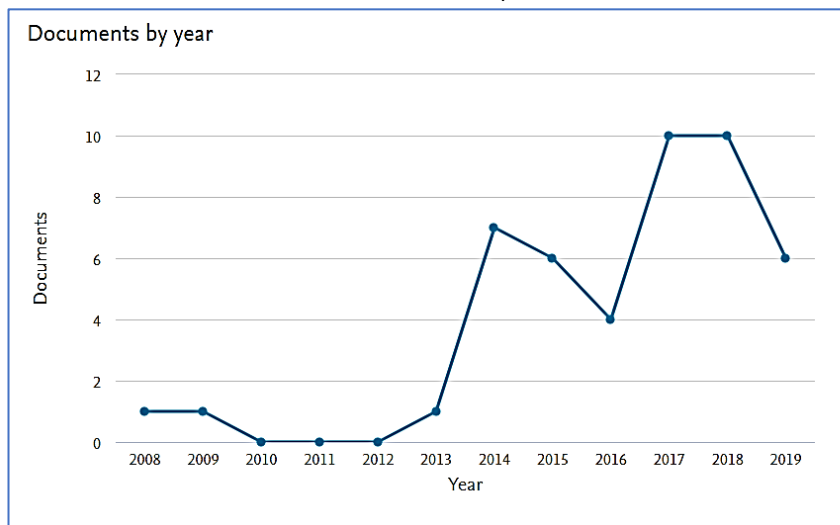
## 2. Metodología

Para desarrollar esta investigación se realizó una búsqueda en una de las bases de investigación más prestigiosa a nivel mundial como SCOPUS. Las palabras clave usadas para la búsqueda fueron:

( TITLE ( education AND arduino ) OR TITLE ( learning AND arduino ) )

En la Figura 1 se puede apreciar que el primer artículo relacionado con la enseñanza del Arduino data de 2008, año en el que la empresa Arduino es fundada en Italia. En 2008, 2009, 2010 y 2013 tan solo se publicó 1 artículo por año. En el 2014 se encontró un pequeño pico de 7 artículos por año. En los años 2017 y 2018 ya se tuvo una publicación de 10 artículos por año y se espera que continúe creciendo gracias a las ventajas que presenta esta tecnología a la educación. Tan solo aparecen 46 publicaciones en total en un período de 11 años. Muy poco tratándose de una aplicación tecnológica que avanza a través de los años.

**Figura 1**  
Resultados de búsqueda

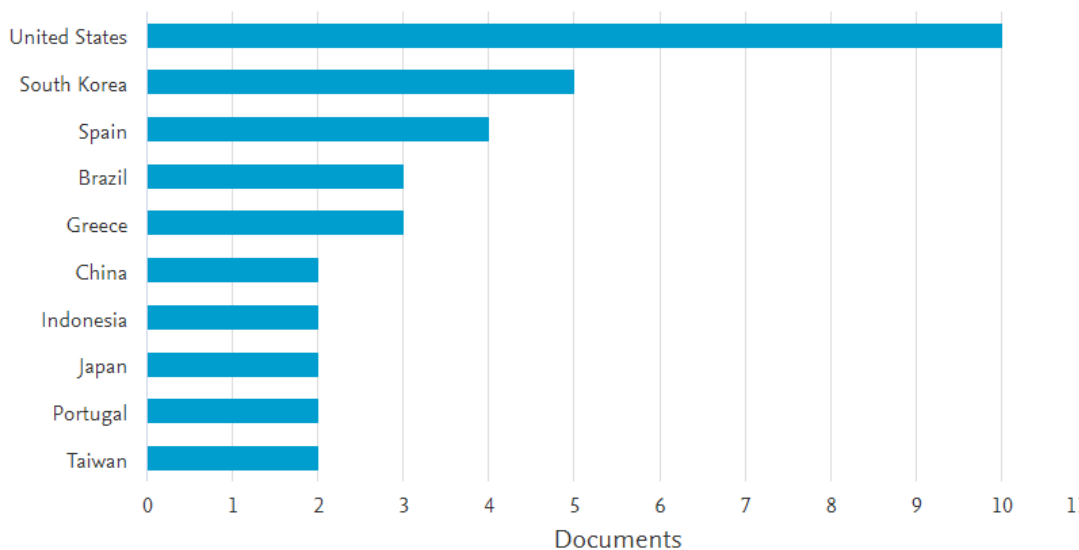


Fuente: SCOPUS, 2019

-----

**Figura 2**  
Documentos por país o territorio

Documents by country or territory  
Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Fuente: SCOPUS, 2019

Aunque Arduino nació en Italia, su implementación en la educación ha crecido especialmente en los Estados Unidos, donde se tiene un 22% de las publicaciones. Korea del Sur aparece como el segundo país en publicaciones con un 11% del total. El único país latinoamericano de la lista es Brasil con el 6,5%.

---

### 3. Resultados

En los últimos años, la plataforma Arduino se ha utilizado como plataforma de aprendizaje en muchos cursos diferentes, tanto en la educación de pregrado como en los niveles universitarios. En muchas universidades, Arduino se utiliza principalmente como el núcleo de la parte electrónica en las metodologías de aprendizaje basadas en proyectos. En otros casos, Arduino se utiliza como plataforma de aprendizaje en materias relacionadas con sistemas integrados, cursos introductorios sobre sistemas ciberfísicos o cursos básicos de electrónica. Las principales razones para seleccionar Arduino en estos temas es su facilidad de uso y bajo costo. (Torroja, et al.,(2015).

No hay duda de que el equipo de bajo costo para llevar a casa puede aumentar el interés del estudiante en la teoría y práctica del control, al permitirle estudiar en su propio lugar y en cualquier momento conveniente. (Yfoulis & Papadopoulou, 2018).

En los últimos días, se ha centrado cada vez más la atención en mejorar la calidad del conocimiento impartido a los estudiantes mediante la participación en un modelo de aprendizaje basado en proyectos que combina el aspecto teórico y práctico de las asignaturas de educación en ingeniería. Para reenfocarse en los métodos tradicionales de enseñanza y crecer hacia un método de aprendizaje más proactivo, se están considerando enfoques basados en proyectos para la mayoría de los cursos en campos de ingeniería. El interés de los estudiantes hacia un curso aumenta cuando los estudiantes participan en actividades prácticas como laboratorios, proyectos y tareas. Además, un porcentaje considerable de los estudiantes se dio cuenta del beneficio de usar Arduino para ayudarlos a crecer en las diferentes plataformas y ayudarlos a desarrollar sus habilidades como ingenieros. La plataforma Arduino puede ser una herramienta útil para el modelo de aprendizaje híbrido, ya que puede utilizarse para diferentes niveles de estudiantes sin conocimiento experto. Además, si pudiéramos continuar usando Arduino en varias materias e introducir el uso de otras placas de desarrollo para evitar la monotonía, esto ayudaría a nuestros estudiantes a comprender el modelo de aprendizaje híbrido con más motivación. (Bashir, et al.,(2019).

La inclusión del Arduino en la educación es una nueva tendencia en educación en todo el mundo. Puede romper la brecha de las clases y asignaturas tradicionales con la conexión de los diferentes dominios de aprendizaje, para que los alumnos puedan captar las relaciones de conocimiento y habilidades entre las asignaturas divergentes y aplicarlas en situaciones reales de manera ágil. (Lai, et al.,(2018).

A partir de la literatura, se hace evidente la baja participación de estudiantes con discapacidades en temas relacionados con la educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. La implementación de un curso basado en la plataforma Arduino, permitió a que los estudiantes con discapacidades auditivas participaran en igualdad de condiciones con otros estudiantes y lograran resultados comparables. Esto es una prueba de que adquirieron las habilidades y actitudes necesarias para un proceso tan complejo. (Tsiastoudis & Polatoglou, 2018).

En los últimos años, se ha vuelto cada vez más popular aprovechar Internet para ayudar a la experiencia docente, especialmente en los cursos que contienen el plan de estudios de experimentación en informática. La plataforma Arduino es un sistema que puede transportar Internet de las cosas (IOT) y experimentos basados en Internet. Es una forma prometedora en el desarrollo de la capacidad requerida para los estudiantes. (Zhang, et al.,(2018).

Se materializó una iniciativa dirigida por estudiantes, realizado en la Escuela de Verano 'academia jeKnowledge' para involucrar activamente a los estudiantes portugueses de secundaria en educación STEM a través de proyectos prácticos basados en la plataforma Arduino de bajo costo. El curso fue un éxito con solo un abandono y con los jóvenes estudiantes comprometidos en el aprendizaje y motivados para aumentar la

complejidad del proyecto paso a paso. La sensación de logro después de completar un proyecto reforzó la motivación de los estudiantes para seguir una educación STEM. Los estudiantes más jóvenes también destacaron las ventajas del coaching entre pares, quienes declararon que facilitaba la comunicación y relajaba el ambiente del aula. (Pablo, et al.,( 2016).

Hay un creciente cuerpo de literatura que reconoce la importancia de la robótica en la educación. La evidencia reciente sugiere que la robótica educativa puede tener un gran potencial en las aulas. Uno de los principales obstáculos descritos por Benitti fue que la mayoría de los estudios sobre robótica educativa no se desarrollaron "en actividades de clase, es decir, ocurren como un programa extracurricular o un campamento de verano". Por otro lado, necesitamos aprender cómo podemos medir la efectividad de la robótica educativa en el fomento de las habilidades de aprendizaje del siglo XXI. Hay abundante espacio para un mayor progreso en la robótica educativa, como la accesibilidad y la interacción. (Sierra Rativa, 2019).

En Italia en 2016 se implementó un taller de Robótica Educativa basado en Arduino que se ofrece para cincuenta clases diferentes en escuelas italianas, desde la escuela primaria hasta la secundaria. Después de una resistencia inicial, la mayoría de los estudiantes se sintieron recompensados por los resultados y parecían impacientes por continuar la experiencia con la próxima lección. La retroalimentación de los maestros involucrados también fue positiva, y, en particular, su concepción sobre el potencial de la robótica educativa como herramienta de apoyo al aprendizaje pareció aumentar. El objetivo principal de estas lecciones es involucrar tanto a los estudiantes como a los maestros al aumentar su curiosidad sobre la robótica y transmitir la concepción positiva de los robots como una herramienta de aprendizaje poderosa y divertida. La presencia de un artefacto durante el proceso de aprendizaje aumenta el compromiso del estudiante y alienta el aprendizaje activo (un concepto consistente con las teorías constructivista y constructivista). Durante las actividades robóticas, un maestro tiene un papel diferente en comparación con las lecciones tradicionales: se le estimula personalmente para encontrar la solución / soluciones que colaboran con los estudiantes y no imponen soluciones preparadas. Al usar la robótica, es muy simple y natural desarrollar vínculos con materias curriculares (la robótica educativa no significa estudiar robots en detalles técnicos). (Agatolio & Moro, 2017).

Arduino proporciona una de las formas más accesibles de ingeniería, desde el control del motor hasta la programación, las comunicaciones inalámbricas, etc. Si se usa correctamente, Arduino también puede facilitar el aprendizaje de los estudiantes en niveles más profundos de Educación en Ingeniería. Muchos sitios web y libros ofrecen descripciones de proyectos interesantes, que pueden estar al alcance de todos, con un presupuesto reducido y sin necesidad de aprendizaje avanzado. Los estudiantes de último año de secundaria que expresan interés en estudiar ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) tienen tres veces más probabilidades de completar títulos universitarios en esas materias. La clave para llevar a los estudiantes a ese punto de inflexión, dice Adam Maltese, profesor asistente de educación científica en la Universidad de Indiana, parece consistir en exponerlos temprano a una experiencia STEM que despierta su interés, y luego les proporciona una forma de mantenerla. "Los estudiantes están entusiasmados con los proyectos geniales. Los educadores de ingeniería pueden aprovechar el entusiasmo de los estudiantes: usarlo como una fuerza impulsora para un aprendizaje más profundo. Por lo tanto, los estudiantes son guiados de lo obvio a lo esencial: desde la observación de un motor, que se ralentiza o se acelera, hasta el aprendizaje de los antecedentes necesarios para responder a preguntas más profundas". Arduino tiene muchas ventajas: proporciona todas las funcionalidades básicas de un microcontrolador a un precio asequible; se conecta fácilmente a una amplia variedad de sensores (también asequibles) y actuadores; La literatura sobre proyectos interesantes es abundante. (Wood & Ganago, 2018).

Si bien los equipos utilizados en los laboratorios de investigación de hoy en día generalmente están totalmente automatizados y controlados digitalmente, muchos laboratorios de física y aulas tienen implementos que se

parecen más a las herramientas y técnicas del pasado que del presente. En las últimas dos décadas, compañías como Pasco y Vernier han ayudado a proporcionar a las aulas herramientas y sondas de adquisición de datos para automatizar las mediciones y centrarse en el análisis de datos. Sin embargo, incluso estas herramientas a veces tienen un costo prohibitivo y a veces ocultan momentos clave de enseñanza para los estudiantes. Según expresa Huang acerca del Arduino: “Aunque originalmente estaba destinado a artistas y diseñadores, descubrimos que es una herramienta increíble para usar en el aula de física.” Con la facilidad de uso de Arduino, los instructores, profesores y gerentes de laboratorio pueden llevar los laboratorios y experimentos al siguiente nivel. Los estudiantes aprenderán a construir sus propios dispositivos de adquisición de datos para modelar cómo se lleva a cabo la ciencia y construir una comprensión más profunda sobre la medición de datos, la incertidumbre y la calibración. (Huang, 2015).

De Melo y otros investigadores implementaron en Brasil el aprendizaje de la programación lógica para estudiantes de secundaria mediante la herramienta Arduino como estrategia pedagógica. Los resultados iniciales indican que esta estrategia fue adecuada para la materialización de conceptos abstractos que se enseñan en la programación lógica, pero también permite identificar las dificultades de formalización de los conceptos matemáticos para resolver las actividades propuestas. Se enfatiza que la disciplina de programación tiene una de las tasas de fracaso más altas en todas las instituciones educativas brasileñas, lo que lo convierte en un punto de reflexión por parte de los maestros preocupados por mejorar la calidad del proceso, ratificando la necesidad de cambios didácticos y presentaciones metodológicas enfatizan que la mayoría de los estudiantes no pueden desarrollar el razonamiento lógico requerido para un mayor desarrollo del programa. El nivel de dificultad en el proceso provoca una baja motivación de los estudiantes, generando apatía, baja autoestima y culminando así con su deserción y desaprobación. Se evidencia que la forma tradicional de aprender la lógica de programación a través de la resolución repetitiva de problemas en forma textual es monótona y agotadora. Y por este motivo, es necesario despertar en el alumno el interés por aprender, tratando de superar sus dificultades. En este sentido, un punto crucial en el proceso de aprendizaje de la lógica de programación es cómo motivar al alumno a despertar interés en el aprendizaje, tratando de superar sus dificultades, como la falta de habilidades matemáticas. El uso de la herramienta Arduino ayudó a mejorar el resultado en la comprensión por parte de los estudiantes. (De Melo, et al., (2014).

Los métodos de aprendizaje profundo están ganando popularidad tanto en la academia como en la industria. Tenemos una gran necesidad de una plataforma educativa asequible para los estudiantes que pueda apoyar la realización de experimentos de aprendizaje profundo. Hu construyó una plataforma de robot móvil basada en Arduino para experimentos educativos en aprendizaje profundo visual. Se realizaron tres experimentos visuales de aprendizaje profundo llevados a cabo con el robot: seguimiento de línea, reconocimiento de imágenes estáticas y reconocimiento de imágenes del mundo real. Los experimentos muestran la eficacia del robot Arduino en los estudios de Deep Learning. (Hu, 2018).

Para mantenerse al día con el crecimiento masivo y el desarrollo en expansión de los campos de estudio de la electrónica y la informática, el sistema educativo debe ser capaz de reaccionar sobre las tecnologías disponibles actualmente disponibles en el mercado e incluirlas en el proceso educativo. Un esquema educativo se incluyó con éxito en el proceso educativo del Departamento de Computación e Informática de la Universidad Técnica de Kosice, consistente en una colección de tareas basadas en Arduino organizadas desde la más simple hasta la más avanzada. (Hurtuk, et al.,(2017).

Arduino fue seleccionado como un dispositivo informático físico para ser utilizado en entornos escolares y se desarrolló un programa educativo, el cual se aplicó a estudiantes de secundaria durante 36 horas de tiempo de instrucción. Como resultado de la aplicación, no hubo un cambio estadísticamente significativo en la capacidad creativa de resolución de problemas de los estudiantes de secundaria que recibieron la educación basada en

Arduino. Sin embargo, al investigar sus opiniones sobre la educación basada en Arduino, los estudiantes que participaron en la clase dijeron que el programa educativo fue interesante y proporcionó un logro. Sin embargo, sintieron que la clase era difícil debido a factores como el diseño y la depuración. (Kim & Lee, 2017).

La enseñanza de las ciencias físicas, una de las piedras angulares para el desarrollo de la ingeniería y la tecnología, debe actualizarse con urgencia. En las escuelas brasileñas, el tema se introduce como desconectado de la tecnología y, lo que es más importante, de la sociedad. Para revertir esta tendencia, se ha introducido la robótica para estimular a los futuros maestros a participar en el aprendizaje de las ciencias físicas a través de la experiencia práctica con la tecnología en la Universidad Estatal de Maringá, Brasil. La pregunta que surge es si el enfoque educativo que usa la robótica, siguiendo una suposición constructivista, modifica las actitudes de los maestros y luego influye en sus prácticas de enseñanza.

Veinticinco profesores de física previos al servicio utilizaron la plataforma de código abierto Arduino y la robótica educativa para ensamblar y resolver problemas abiertos en grupos de 4 o 5. Después de una breve introducción a la tecnología, se les animó a encontrar soluciones al problema por su cuenta. Se encontró que la Robótica Educativa, metodológicamente apoyada por el construccionismo, favorece la reflexión y un posible cambio de prácticas de los futuros profesores de física, llegando a la construcción de la identidad profesional del profesor. Es una propuesta educativa que se une a las teorías del aprendizaje, como el construccionismo, para facilitar el desarrollo de la inteligencia matemática lógica, valorar la construcción de autonomía y creatividad por parte de los estudiantes, favorecer las relaciones interpersonales e intrapersonales y colaborar con el trabajo grupal. Así, la robótica educativa, permite al alumno convertirse en un sujeto activo en el proceso de aprendizaje, y este fenómeno es fundamental en el tratamiento de las Ciencias. Giacomassi et al., (2019).

La metodología de robótica educativa se aplicó en el curso de IA en Ciencias de la Computación en la disciplina de Conceptos del Programa, en SENAI-Chapecó, Brasil, donde el análisis de los resultados estadísticos obtenidos a través de la prueba de Mann Whitney reveló que las intervenciones generaron una diferencia estadísticamente significativa en el grupo experimental, con un grupo experimental medio de 26 % más alto en relación con el grupo de control. A través de los métodos de evaluación aplicados con los grupos de control y experimentales, se encontró evidencia estadística significativa de que el uso de la robótica educativa, respaldada por la plataforma Arduino, produjo una mejora en el rendimiento académico de los estudiantes expuestos a este método. Además, se observó que en todas las evaluaciones el grupo experimental superó el promedio en relación con el grupo control. Esto también se demostró en el promedio final de ambos grupos, donde se obtuvo una diferencia del 26%. Con base en los resultados presentados, se puede concluir que el uso de la robótica educativa, con el apoyo de la plataforma Arduino, produjo una mejora significativa en el rendimiento académico de los estudiantes expuestos a estas actividades, en las intervenciones realizadas en la disciplina Conceptos de programación. (Titon & García Ramírez, 2018).

Según Jamieson & Herdtner “son evidentes los continuos desafíos que tenemos con la adopción de tecnología como Arduino desde un punto de vista educativo, pero igualmente se han observado algunas de las mejores prácticas / técnicas que hemos aprendido y adoptado para incluir estos dispositivos en nuestros cursos. Creemos que integrar estos dispositivos en nuestro flujo de cursos es de gran beneficio tanto para nuestro plan de estudios como para nuestros estudiantes. Como instructores, los proyectos que se están entregando muestran que los estudiantes están mejorando el diseño del sistema y están profundizando en sistemas de ingeniería reales motivados por su propia creatividad”. (Jamieson & Herdtner, 2015).

Grover, Krishnan, Shoup & Khanbaghi desarrollaron el contenido de una clase de pregrado en mecatrónica en la Universidad de Santa Clara, donde Los estudiantes aprenden los conceptos básicos de la mecatrónica y, en el proyecto, desarrollan un robot móvil, con la plataforma Arduino. Los resultados muestran que los laboratorios y

las conferencias impartidas proporcionan una plataforma efectiva y de bajo costo para un plan de estudios de mecatrónica. (Grover, et al., 2014).

---

#### 4. Conclusiones

La enseñanza de las ciencias básicas y otras materias de las ingenierías, se convierten cada vez en un mayor reto debido a la desmotivación de los jóvenes para ingresar a estudiar este tipo de programas por el grado de dificultad que representa, unido a otros factores. Es por esto que definitivamente los docentes estamos llamados al reto de encontrar las herramientas que más se acerquen al sentir de los estudiantes modernos, que los motiven a partir de sus capacidades, para que sean partícipes activos del proceso enseñanza aprendizaje. Como se ha exhibido en este trabajo, la inclusión de las herramientas de las TIC en la educación de las ingenierías supone un atractivo especial y conlleva a mejorar los resultados de aprendizaje en los estudiantes. El Arduino surge como una plataforma ideal como complemento e incluso como eje central en algunos casos para que los estudiantes desarrollen el conocimiento de forma participativa y constructiva. Además apliquen desde la práctica los conocimientos básicos teóricos de manera que puedan acceder a un aprendizaje profundo, mediante el acercamiento a modelos de aplicación basados en experiencias similares a las encontradas en las industrias del mundo, pero con la ventaja de usar materiales de bajo costo, de código abierto y de fácil implementación. Estamos cada vez más convencidos de que el camino para hacer mejores ingenieros desde la academia es llevarlos a través de prácticas de observación de la naturaleza y de los procesos mediante la adquisición, monitoreo y control de variables con la ayuda de una poderosa y práctica herramienta como el Arduino. En el semillero de Tecnoformación de la Corporación Universitaria Americana tenemos actualmente 5 líneas de investigación que adoptan las herramientas tecnológicas que permiten reforzar el aprendizaje gracias a la inmersión del estudiante en el proceso de investigación, elaboración y puesta en marcha de prototipos con utilidad industrial.

---

#### Referencias bibliográficas

- Agatolio, F., & Moro, M. (2017). A workshop to promote Arduino-based robots as wide spectrum learning support tools. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 113-125.
- Bashir, A., Alhammadi, M., Awawdeh, M., & Faisal, T. (2019). Effectiveness of using Arduino platform for the hybrid engineering education learning model. *Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2019*.
- De Melo, R., De Oliveira Feliciano, F., Brito, J., Carvalho, R., & Gomes, A. (2014). Using Arduino as pedagogical strategy in learning logic programming. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*.
- Galadima, A. (2014). Arduino as a learning tool. *Proceedings of the 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation, ICECCO*.
- Giacomassi Luciano, A. P., Altoé Fusinato, P., Cavalhais Gomes, L., Luciano, A., & Takai, H. (2019). The educational robotics and Arduino platform: Constructionist learning strategies to the teaching of physics. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Gover, R., Krishnan, S., Shoup, T., & Khanbaghi, M. (2014). A Competition-Based Approach for Undergraduate Mechatronics Education Using the Arduino Platform. *Proceedings of the 4th Interdisciplinary Engineering Design Education Conference, IEDEC 2014*, 78-83.
- Grover, R., Krishnan, S., Shoup, T., & Khanbaghi, M. (2014). A competition-based approach for undergraduate mechatronics education using the arduino platform. *Proceedings of the 4th Interdisciplinary Engineering Design Education Conference, IEDEC*, 78-83.



- Hu, H. (2018). An educational Arduino robot for visual deep learning experiments. 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 1310-1314.
- Huang, B. (2015). Open-source Hardware - Microcontrollers and physics education - Integrating DIY sensors and data acquisition with arduino. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 122nd ASEE Annual Conference and Exposition: Making Value for Society.
- Hurtuk, J., Adam, N., & Chovanec, M. (2017). The Arduino platform connected to education process. IEEE 21st International Conference on Intelligent Engineering Systems, Proceedings, 71-76.
- Jamieson, P., & Herdtner, J. (2015). More missing the Boat - Arduino, Raspberry Pi, and small prototyping boards and engineering education needs them. Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE.
- Kim, S. W., & Lee, Y. (2017). Development and application of Arduino-based education program for high school students'. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 4367-4375.
- Lai, A., Chen, C., & Lai, H. (2018). Developing an arduino simulation-based learning system and evaluating its suitability. ACM International Conference Proceeding Series, 38-42.
- Pablo, M. R., Lopes, M. J., & Silva, M. R. (2016). Student2student: Arduino project-based learning. ACM International Conference Proceeding Series, 79-84.
- Sierra Rativa, A. (2019). How can we Teach Educational Robotics to Foster 21st Learning Skills through PBL, Arduino and S4A? Advances in Intelligent Systems and Computing, 149-161.
- Titon, W., & García Ramírez, A. (2018). Teaching programming concepts using educational robotics, supported by the Arduino platform: An application in the industrial computer learning course. Proceedings - 13th Latin American Conference on Learning Technologies, LACLO, 100-106.
- Torroja, Y., Lopez, A., Portilla, J., & Riesgo, T. (2015). A Serial Port Based Debugging Tool To Improve Learning With Arduino. 2015 Conference on Design of Circuits and Integrated Systems.
- Tsiastoudis, D., & Polatoglou, H. (2018). Inclusive education on stem subjects with the arduino platform. ACM International Conference Proceeding Series, 234-239.
- Wood, B., & Ganago, A. (2018). Using Arduino in engineering education: Motivating students to grow from a hobbyist to a professional. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings.
- Yfoulis, C., & Papadopoulou, S. (2018). A Portable Low-Cost Arduino-Based Laboratory Kit for Control Education. 2018 UKACC 12th International Conference on Control, 435.
- Zhang, X., Wu, N., Saleem, S., Cui, S., & Wang, Z. (2018). Design and practice of arduino experiments for "e&l" oriented education. ACM International Conference Proceeding Series, 21-26.