



# Aplicación con *software y hardware* libre Arduino como eje facilitador del aprendizaje de competencias STEM\*

Leonardo Guerrero Salazar<sup>a</sup>

**Resumen:** en este artículo, que es resultado de una investigación, se da a conocer el diseño de una aplicación como propuesta para implementar el uso de *software y hardware* libre Arduino, como eje facilitador del aprendizaje de competencias en ciencias naturales, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por su siglas en inglés). Esta investigación tuvo como objetivo realizar una innovación didáctica y tecnológica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura de tecnología e informática, para desarrollar en los estudiantes competencias STEM necesarias para desempeñarse laboralmente en un mundo digital. La metodología de enfoque cualitativo consistió en entregar una planeación didáctica en una aplicación, basada en una pedagogía por proyectos y didáctica integradora. Se logró, de esta manera, identificar el desarrollo de habilidades de investigación, pensamiento crítico, solución de problemas, creatividad, comunicación y colaboración, todas relacionadas con el enfoque STEM. Además, la comunidad educativa en la que se desarrolló la experiencia investigativa dio muestras de un gran interés por utilizar estos recursos en el aula y la posibilidad de ser aplicados en proyectos productivos de las modalidades técnica agropecuaria y gestión empresarial de la institución. La aplicación brinda la posibilidad de ser utilizada por parte de docentes del área de tecnología e informática en el grado undécimo y puede ser adaptada en otros niveles formativos.

**Palabras clave:** aplicación; competencias STEM; Arduino; hardware y software libre; TIC; innovación didáctica

**Recibido:** 29 de mayo de 2021 **Aceptado:** 27 de septiembre de 2022

**Disponible en línea:** 30 de junio de 2023

**Cómo citar:** Guerrero, L. (2023). Aplicación con software y hardware libre arduino como eje facilitador del aprendizaje de competencias STEM. *Academia y Virtualidad* 16(1), 71-90. <https://doi.org/10.18359/ravi.5900>

\* Artículo de investigación denominado *Diseño de una app para implementar el uso de software y hardware libre Arduino como eje facilitador del desarrollo de competencias tecnológicas e informáticas en estudiantes del grado undécimo de la Concentración de Desarrollo Rural del Valle de San José, Santander*, financiado por la Universidad de Santander (UNDES) y el Colegio Concentración de Desarrollo Rural del Valle de San José.

<sup>a</sup> Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa. Universidad de Santander, Santander, Colombia. Correo electrónico: [lguerreros@unisangil.edu.co](mailto:lguerreros@unisangil.edu.co) ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5786-2670>

## *Application with free Arduino software and hardware as a facilitating axis for learning STEM skills*

**Abstract:** This article, which is the result of research, presents the design of an application as a proposal to implement free Arduino software and hardware as a facilitating axis for learning skills in natural sciences, technology, engineering, and mathematics (STEM). The objective of this research was to carry out a didactic and technological innovation in the teaching and learning process of the subject of technology and computer science to develop STEM competencies in students necessary to perform in a digital world. The qualitative methodology consisted of delivering didactic planning in an application based on a project-based pedagogy and integrative didactics. In this way, it was possible to identify the development of research skills, critical thinking, problem-solving, creativity, communication, and collaboration, all related to the STEM approach. In addition, the educational community where the research experience took place showed great interest in using these resources in the classroom and the possibility of applying them in productive projects of the institution's technical agricultural, livestock, and business management modalities. The application can be used by technology and computer science teachers in the eleventh grade and can be adapted to other educational levels.

**Keywords:** application; STEM competencies; Arduino; free hardware and software; ICT; didactic innovation.

## *Aplicativo com software e hardware livre Arduino como eixo facilitador para a aprendizagem de competências STEM*

**Resumo:** Neste artigo, que é resultado de um projeto de pesquisa, é apresentado o design de um aplicativo como proposta para implementar o uso de software e hardware livre Arduino como eixo facilitador para a aprendizagem de habilidades nas áreas de ciências naturais, tecnologia, engenharia e matemática (STEM, por sua sigla em inglês). O objetivo desta pesquisa foi realizar uma inovação didática e tecnológica no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de tecnologia e informática, a fim de desenvolver as habilidades STEM necessárias para que os alunos trabalhem em um mundo digital. A metodologia de abordagem qualitativa consistiu na entrega de um aplicativo de planejamento didático baseado na pedagogia fundamentada em projetos e na didática integrativa. Dessa forma, foi possível identificar o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade, comunicação e colaboração, todas relacionadas à abordagem STEM. Além disso, a comunidade educacional onde foi realizada a experiência de pesquisa demonstrou grande interesse em utilizar esses recursos em sala de aula e a possibilidade de aplicá-los em projetos produtivos nas modalidades técnica agropecuária e gestão empresarial da instituição. O aplicativo oferece a possibilidade de ser usado por professores de tecnologia e informática do ensino médio e pode ser adaptado a outros níveis educacionais.

**Palavras-chave:** aplicativo; habilidades STEM; Arduino; hardware e software livres; TIC; inovação didática.

## Introducción

Hoy es importante poseer competencias en el manejo de herramientas tecnológicas e informáticas que faciliten el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), para lograr un mejor desenvolvimiento en una sociedad cada vez más interconectada. Esta situación es reconocida por el Estado colombiano en el Plan Nacional de TIC 2008-2019 (PNTIC) (Ministerio de Comunicaciones, 2008b), el cual tuvo como propósito, al final de este período, que todos los colombianos se informaran y comunicaran con el uso eficiente y productivo de las TIC, que permitirán a los estudiantes desenvolverse con mayor competitividad en una economía globalizada.

Al tener en cuenta las competencias de los trabajadores del futuro, no solo las TIC deberían aplicarse, sino como lo reconoce el Departamento de Educación del Gobierno Vasco (2018) en su Estrategia STEAM Euskadi, los sectores de empleo de más rápido crecimiento están relacionados con el ámbito STEAM o, en su efecto, STEM, lo cual conlleva al aumento de la demanda de profesionales cualificados en estas áreas. Se prevé que continúe esta tendencia, por consiguiente, se requerirán más ingenieros/as, tecnólogos/as e investigadores/as.

En resumidas cuentas, como lo menciona Núñez (2014),

Las nuevas tecnologías y las que están por venir serán parte indisoluble de la sociedad y para ello, los futuros moradores de la misma deberán estar preparados. Preparados con nuevas habilidades y competencias que respondan a los profundos cambios socio-económicos derivados a su vez de los nuevos desarrollos tecnológicos y la globalización económica y cultural. (p. 22)

Sin embargo, aunque en la década de los noventa ya se hablaba de la importancia del desarrollo de competencias tanto en TIC como en STEM en los jóvenes, fue solo hasta el 2010 que se consideró en las políticas gubernamentales de los Estados Unidos de América. En Colombia, su implementación es incipiente, en los últimos años se han incorporado políticas en TIC y STEM, aunque en las instituciones educativas se presentan limitaciones para llevarlas a la práctica. Esto debido a varios factores, como

lo indica Cabiativa (2020): la falta de su incorporación en el currículo, la interdisciplinariedad, la capacitación de docentes en sus prácticas y, no menos importante, poseer material de trabajo. No obstante, esto no ha sido limitante para que algunas instituciones educativas implementen los mecanismos necesarios para poner en marcha estas políticas.

Los estudiantes de hoy requieren desarrollar habilidades para una sociedad eminentemente tecnológica y poder desenvolverse de forma competitiva en el nuevo mercado laboral. Tal como hemos dicho antes, las profesiones tradicionales van a sufrir impactos muy importantes y quizás algunas desaparezcan. Sin embargo, nuevos horizontes de conocimiento se visualizan que demandan nuevos docentes y estudiantes con habilidades y competencias para el siglo XXI. La forma en que hemos visto y entendido la educación escolar no puede ser la misma y debe adaptarse con urgencia a estas nuevas condiciones.

En cuanto a la institución educativa (IE) donde se desarrolló la investigación, allí no se había contemplado la implementación del enfoque STEM, sabiendo que la educación escolar no puede seguir siendo la misma y ante la necesidad que requieren los alumnos de hacer parte de una sociedad eminentemente tecnológica y de encajar de una manera competitiva en un nuevo mercado laboral y así evitar un desplazamiento laboral, se reconoció la importancia de promover las competencias STEM en los estudiantes, con el fin de desarrollar las habilidades y competencias del siglo XXI. El primer trabajo para tales fines fue identificar las falencias en el área de tecnología e informática que impidieran el alcance de este objetivo, presentándose, principalmente, las dificultades en los ejes temáticos y la praxis educativa. Solución que García y Prendes (2020) brindan al mencionar que los contenidos relacionados con competencias STEM se trabajan fundamentalmente en dos asignaturas: matemáticas y ciencias de la naturaleza. No obstante, teniendo en cuenta el carácter transversal e interdisciplinar del currículo, se pueden incorporar las competencias STEM en mayor o menor medida en todas las áreas de conocimiento.

Por lo tanto, desde la asignatura de tecnología e informática se pueden desarrollar estas competencias. En este sentido, como lo ratifican Valbuena *et al.*, (2021), las TIC son eficaces para motivar al estudiante a ser protagonista de su aprendizaje, y, en particular, tienen potencial de mejorar el aprendizaje de las matemáticas. También son útiles en otras áreas del conocimiento.

Con lo anteriormente expuesto, y tratando de dar solución a la problemática encontrada en la IE en la que se ejecutó la investigación, se propuso la creación de una aplicación que le sirviera de herramienta al estudiante, al tiempo que su contenido pudiera integrar el uso del *software* y *hardware* libre Arduino en el aula, mediante el desarrollo de proyectos descritos en actividades. Con el uso de este instrumento se esperaba que el estudiante desarrollara competencias o habilidades relacionadas con STEM, como la capacidad creativa, trabajar en equipo, solucionar problemas, innovar e investigar.

## STEM y el currículo

Se conoce como STEM a la sigla en inglés de Ciencias-Tecnología-Ingeniería-Matemáticas, y, como lo menciona Maldonado (2016), este término es utilizado sobre todo en Estados Unidos y Europa para abordar determinados tratamientos sobre temas relacionados con las ciencias, la educación, la fuerza de trabajo, la seguridad nacional o la inmigración. En cuanto, a la educación STEM, según Comer *et al.*, (2013), es un enfoque interdisciplinario del aprendizaje que remueve las barreras tradicionales de estas cuatro disciplinas y, a su vez, integra en sus actividades todas las áreas del currículo y las conecta con el mundo real con experiencias rigurosas y relevantes para los estudiantes, tan necesarias para contextualizar la prácticas pedagógicas.

Desde 1994, en los niveles de la educación básica y media, los hilos conductores de la estructura curricular del área de tecnología e informática están dados por cuatro componentes (propuesta del Ministerio de Educación Nacional [MEN]): naturaleza y evolución de la tecnología; apropiación y uso de la tecnología; solución de problemas con

tecnología, y tecnología y sociedad. Hoy se puede identificar un componente más, el cual hace referencia a las TIC. De igual forma, estos lineamientos tratan sobre los objetivos que deben alcanzar los alumnos en función de las competencias básicas a aprender.

Por lo anterior, es claro que desarrollar competencias STEM desde el área de tecnología e informática contribuye con la integración del currículo, ya que los estudiantes adquieren conocimiento e interacción con el mundo científico y tecnológico, en específico, mediante la manipulación de objetos; de igual forma, contribuye al desarrollo de competencias que les permiten la implementación de las matemáticas e ingeniería, técnicas de medición, análisis estadísticos, manejo de escalas, conversión de unidades, diseño de maquetas y otras más, como lo indica la Guía No. 30 (Ministerio de Comunicaciones, 2008a). La tecnología es mucho más que sus productos tangibles. Otros aspectos igual de importantes son el conocimiento y los procesos necesarios para crear y operar esos productos, tales como la ingeniería del saber y el diseño, la experticia de la manufactura y las diversas habilidades técnicas. Estos son aspectos importantes en el aula de clase de las instituciones educativas, con miras de graduar bachilleres más competentes ante el mundo actual.

## La tecnología en la educación

Hoy, incorporar la tecnología en el aula de clase debe ser diferente; es necesario que los estudiantes progresen más rápido en su aprendizaje mediante la exploración, de modo que ellos mismos lleguen a las conclusiones. También los recursos tecnológicos son indispensable para acercar el desarrollo de las competencias STEM de los estudiantes a las dinámicas del mundo contemporáneo. Como lo mencionan Kim y Chae (2016), la educación STEM destaca la importancia de nutrir las habilidades creativas de los estudiantes en la resolución de problemas, con el fin de volverlos competitivos en la era global y prepararlos para cualquier desafío futuro, de forma que las destrezas y habilidades adquiridas con las experiencias realizadas en el aula

les sirvan para desenvolverse en su vida cotidiana y en un futuro campo laboral.

Rojas (2002), en su trabajo investigativo, manifiesta que aprender a aprender implica la capacidad de reflexionar en la forma como se aprende, y actuar en consecuencia, autorregulando el propio proceso de aprendizaje mediante el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se transfieren y adaptan a nuevas situaciones. Por consiguiente, el uso de una estrategia que permita trabajar libremente al estudiante, contextualizado con su entorno, en la construcción del conocimiento, a la vez que desarrolla habilidades y competencias STEM, un ámbito en el que las nuevas tecnologías juegan un papel importante, como es el caso de una aplicación y Arduino.

## La aplicación

Las utilización de aplicaciones en el proceso educativo es importante, ya que permiten integrar temáticas mucho más visuales, como lo indica Bano (2019). El estudiante aprende con significado mediante imágenes, gráficas y videos. Las nuevas tecnologías juegan un papel clave, ya que facilitan el proceso de digitalizar contenidos y, de esta manera, hacerlos llegar con más facilidad a quienes aprenden.

En este contexto se encuentran aplicaciones destinadas a la educación, porque es interesante su utilización en el aula; es sabido que presentan numerosas ventajas y entre ellas encontramos las expuestas por Aula 1 (2017) y que a continuación se describen:

- Permiten el aprendizaje en cualquier contexto, dentro y fuera del aula. La vida se convierte en el escenario perfecto para el aprendizaje. Las barreras del tiempo y el espacio se difuminan.
- La gran popularidad de los dispositivos móviles entre personas de todas las edades hace que las aplicaciones educativas influyan positivamente sobre la motivación del alumnado.
- Las aplicaciones educativas suelen contar con un importante componente lúdico, ya que, partiendo de la ramificación, integran la dinámica típica del

juego y recompensa para conseguir los objetivos de aprendizaje. Esto permite al alumno aprender jugando.

- Estas aplicaciones educativas además fomentan una gran interacción de los usuarios, rompiendo con la clásica experiencia de aprendizaje pasiva y permitiendo un aprendizaje más rico y eficaz, en el que el alumno también es partícipe activo durante todo el proceso.
- Al tratarse de programas multimedia con un importante contenido gráfico formado por videos, imágenes, audios, etc., el atractivo para los alumnos se multiplica, favoreciendo el mantenimiento de su atención.
- Al estar siempre conectados, el acceso a nueva información y avisos se hace de manera inmediata.
- Las aplicaciones educativas permiten crear un entorno de aprendizaje más personalizado, adaptado a las necesidades concretas de cada alumno, fomentando el aprendizaje autodirigido.
- Favorecen la participación y el empoderamiento de los alumnos, creando espacios interesantes para el trabajo en equipo en entornos colaborativos.
- Permite que las nuevas habilidades o conocimientos que se van adquiriendo puedan aplicarse en el momento de la adquisición. Esto da lugar a un aprendizaje más vivencial y por lo tanto más memorable. (p. 1)

Las instituciones educativas deben orientar la utilización de las nuevas tecnologías, como el caso de las aplicaciones, para el desarrollo de capacidades y competencias STEM, que habiliten a los estudiantes a actuar en ambientes abiertos que exigen el aprovechamiento y apropiación de los avances tecnológicos y los recursos informáticos. En relación con lo manifestado por Vence (2012), a la institución educativa se le impone la responsabilidad de atender este nuevo reto, ya que la sociedad exige que se asegure que todos los estudiantes sean capaces de ampliar su aprendizaje, tener igualdad de oportunidades para aprender y ser ciudadanos competentes para entender las cuestiones propias de una sociedad que avanza gracias a la tecnología.

En este aspecto, como lo indica Alimisis (2013), el papel de la robótica educativa debe ser el de una herramienta para fomentar las habilidades esenciales para la vida, en el caso particular, el desarrollo cognitivo y personal, y el trabajo en equipo.

## Aprendizaje basado en proyectos y didáctica integradora

Camacho (2010), en su libro *Las TIC y el desarrollo de las competencias básicas*, aporta el diseño de seis secuencias didácticas que abarcan el desarrollo de las competencias básicas mediante diferentes recursos tecnológicos. Muestra de forma clara cómo una secuencia didáctica diseñada con los parámetros necesarios puede ser usada con el fin de desarrollar competencias específicas, en la que el uso de la tecnología juega un papel importante en el proceso.

En este sentido, los diseños de secuencias didácticas pueden llegar a desarrollar competencias STEM y, más aún si se complementan con una estrategia pedagógica basada en proyectos. Travieso y Ortiz (2019) indican que la enseñanza por proyectos (EP) adquiere una gran importancia en la actualidad, ya que permite la formación profesional del estudiante, al romper con las concepciones de la pedagogía tradicional, debido a que le confiere gran peso al alumno como gestor de su propio aprendizaje. Además, estas tendencias se encuentran en sintonía con el alumno del siglo XXI y son aplicables a cualquier profesión, al estar dirigidas a la solución de problemas relacionados con su propio contexto.

Ahora bien, por estar más tiempo en sintonía con el alumno, requieren de una didáctica en la que el docente planifique bajo una estrategia que tenga en cuenta al estudiante, los objetivos educativos, las herramientas de aprendizaje, los recursos didácticos, los contenidos, el contexto y un modelo didáctico. En el caso del constructivista, Chávez (2013) recuerda la importancia de este modelo, en el que el conocimiento que adquiere el estudiante es resultado de la influencia del contexto y la

mediación del docente que impulsa el hecho de aprender. El aprendizaje se adquiere por medio de un proceso cíclico de reflexión y análisis, en el que es de gran importancia replantear acciones que mejoren la adquisición de conocimientos.

No cabe duda de que el rol del estudiante en un modelo constructivista es el de protagonista de su propio proceso de formación, y el docente tiene un papel de moderador, coordinador, facilitador y mediador, con el que debe garantizar situaciones que faciliten este proceso. Según Gómez y Coca (2018), al promover la creatividad dentro del ámbito educativo se causan impactos positivos en los estudiantes, pues se pueden generar innovaciones dentro de la educación si el docente difunde los ejes temáticos en distintos contextos y situaciones.

De acuerdo con Sánchez (2010), en su estudio “Desarrollo de competencias en Física II, contenidos y secuencias didácticas”, los alumnos adquieren ciertas competencias elementales agrupadas en el siguiente esquema: se autodeterminan y cuidan de sí, se expresan y comunican, piensan crítica y reflexivamente, aprenden de forma autónoma, trabajan de manera colaborativa y participan con responsabilidad en la sociedad. Como se puede notar, son aspectos importantes de quienes serán los futuros ciudadanos de un mundo más globalizado.

Además, Arduino, según sostiene García (2012) en una investigación titulada “El aprendizaje basado en problemas con Arduino”, es empleado en el curso de cuarto grado del Centro de Educación de Secundaria Tomás Mingot (España), con el propósito de aplicar el Decreto 5 del 28 de enero de 2011 (Consejería de Educación, Cultura y Deporte, 2011), que establece el currículo, y presenta la programación didáctica; como conclusión, expone que se debe atender la diversidad de los grupos y proponer actividades sencillas, pero también unas con un carácter más difícil, como aliciente, para los osados.

En cuanto a la importancia de trabajar con proyectos, se presenta el trabajo de Figueredo (2011), “Desarrollo de competencias en TIC a través del



aprendizaje por proyectos. Revista Cubana de Educación Media Superior”, cuyo objetivo fue contribuir al desarrollo de competencias en TIC mediante la elaboración de recursos digitales sobre enfermedades pediátricas. En él participaron estudiantes de cuarto semestre de medicina, y entre sus resultados se encuentra el desarrollo de competencias en el manejo de TIC en un 85 % de los estudiantes.

Por otra parte, como alternativa se ha encontrado que Arduino es una plataforma diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Como lo indica García (2012), los proyectos colaborativos con Arduino convocan a los participantes a sumar esfuerzos, competencias y habilidades, como el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la creatividad y la innovación, bases fundamentales para la generación de espacios de aprendizajes propicios para fortalecer el aprendizaje significativo. Su uso es mundial y es una corriente en la que quienes la navegan desarrollan competencias más acordes con la sociedad actual.

## Metodología

En la investigación realizada, el enfoque que se aplicó fue el cualitativo, ya que se pretendió evidenciar el uso de una aplicación como facilitador del desarrollo de competencias STEM, específicamente, en los campos de investigación, pensamiento crítico, solución de problemas, creatividad, comunicación y colaboración. Por lo tanto, el interés estuvo en saber lo que la población en estudio opinaba después de haber interactuado con la aplicación y, de esta manera, identificar el aprendizaje de competencias STEM por parte de los participantes del estudio. Se planteó un problema de estudio delimitado y concreto sobre el fenómeno a estudiar, en este caso con técnicas

como el test diagnóstico, la entrevista y la observación durante periodos comprendidos entre los años 2017 y 2019, y de esta forma verificar el objetivo propuesto mediante el adecuado proceso investigativo, en el que se involucró al alumno como principal promotor del rumbo y alcance de la investigación.

- **Población.** En la investigación participaron 21 alumnos del grado undécimo, con una representación de cuatro alumnos de género masculino y 17 de género femenino; dos de ellas eran madres gestantes. La edad promedio del grupo fue de 16 años; un 90 % de los estudiantes pertenecían al nivel uno del Sisbén y los dos restantes a los niveles 2 y 3; un 44 % vivía en el sector rural.
- **Procedimiento.** Con el fin de ejecutar el proyecto, se llevó a cabo un procedimiento compuesto por cinco fases; cada una de ellas se describe a continuación:
- **Fase 1. Diagnóstico del proyecto:** en esta fase se diseñó un test como mecanismo de recolección de información, aplicado en 2017. Permitió identificar la necesidad propia de la propuesta de investigación, si había consenso en utilizar una aplicación como herramienta en el proceso educativo, en el área de tecnología e informática.
- **Fase 2. Diseño y construcción de una aplicación:** en el diseño de la aplicación, en primera instancia, se incluyeron contenidos y actividades que contaran con un enfoque intercurricular, de esta forma, fueran adecuados para el desarrollo de competencias STEM. Posterior a la tarea de incorporar estos contenidos en la aplicación, se contó con algunas métricas propuestas por Enríquez (2013). En la Figura 1 se presentan unos atributos y métricas asociados con el diseño de la aplicación.

Atributos	Métricas
Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tareas resueltas en un tiempo limitado.</li> <li>Porcentaje de tareas completadas con éxito al primer intento.</li> <li>Número de funciones aprendidas.</li> </ul>
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo empleado en completar una tarea.</li> <li>Número de teclas presionadas por tarea.</li> <li>Tiempo transcurrido en cada pantalla.</li> <li>Eficiencia relativa en comparación con un usuario experto.</li> <li>Tiempo productivo.</li> </ul>
Satisfacción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de dificultad.</li> <li>Agrada o no agrada.</li> <li>Preferencias.</li> </ul>
Facilidad de Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo usado para terminar una tarea la primera vez.</li> <li>Cantidad de entrenamiento.</li> <li>Curva de aprendizaje.</li> </ul>
Memorabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pasos, clicks o páginas usadas para terminar una tarea después de no usar la aplicación por un periodo de tiempo.</li> </ul>
Errores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de errores.</li> </ul>
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de palabras por página.</li> <li>Cantidad total de imágenes.</li> <li>Número de páginas.</li> </ul>
Accesibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamaño de letra ajustable.</li> <li>Cantidad de imágenes con texto alternativo.</li> </ul>
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de usuario.</li> <li>Número de incidentes detectados.</li> <li>Cantidad de reglas de seguridad.</li> </ul>
Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grado con que se desacopla el software del hardware.</li> <li>Nivel de configuración.</li> </ul>
Contexto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grado de conectividad.</li> <li>Ubicación.</li> <li>Características del dispositivo.</li> </ul>

**Figura 1.** Atributos y métricas asociadas

Fuente: Enríquez, 2013.

En cuanto al ambiente de aprendizaje de la aplicación, la propuesta pedagógica implementada, tanto en sus aspectos didácticos como tecnológicos, fue crear una herramienta a implementar en el aula que permitiera desarrollar competencias STEM, con la incorporación, para tal fin, del *hardware* y *software* libre Arduino. Como lo afirman los teóricos, usar este tipo de tecnología en el aula de clase permite que los estudiantes disfruten de una autonomía completa, desarrollen su propia configuración experimental y estudien el tema específico de su elección; de igual manera, la aplicación se enmarca en el modelo constructivista, en el que el sujeto aprende a su ritmo en cuanto procesa la información, es capaz de darle significación y sentido a lo aprendido en un contexto. Por ello, las actividades de la aplicación se centraron en desarrollar los procesos de pensar y facilitar la adquisición de conceptos, hechos y principios, procedimientos y técnicas, y crear aptitudes y valores que orienten y dirijan la conducta. Además, la aplicación tuvo en cuenta que el aprendizaje fuese más significativo, al permitir su adquisición por

medio de la acción, ya que el aprendizaje se facilita cuando el estudiante participa responsablemente en el proceso. Por último, la aplicación involucró al estudiante como un agente activo, no como un simple escucha o espectador, y ofreció una atmósfera de aprendizaje placentera que tuvo en cuenta las aspiraciones, la confianza, la cooperación y la participación voluntaria de él.

Por otra parte, la aplicación, como ya se mencionó, fue diseñada como herramienta para ser utilizada como estrategia pedagógica y permitió impartir las cinco actividades basadas en proyectos, mediante la inclusión de textos, imágenes y videos. De esta forma, los estudiantes del grado undécimo de la institución educativa pudieron abordar los contenidos en momentos diferentes, lo que posibilitó la retroalimentación, la comodidad y la facilidad de compartir entre ellos mismos. A continuación, en la Tabla 1 se describen los aspectos generales y las características de la actividad cuatro, un formato seguido por las demás actividades de la aplicación.



**Tabla 1.** Aspectos generales de la actividad cuatro

<b>Actividad 4</b>		<b>Incorporar el servomotor o servo</b>				
Tipo de evidencia:	Desempeño	X	Conocimiento	X	Producto	X
Descripción	Esta actividad busca que el estudiante reconozca el significado de un servo y la importancia que tienen los procesos de automatización y control en robótica. Al finalizar la actividad, el estudiante hará uso de un servo para mover una barrera y luego utilizarlo en otras aplicaciones.					
Población	Estudiantes de grado undécimo					
Objetivos	<p><b>General:</b> Construir la maqueta del paso del tren e implementar un servomotor y luces led.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repasar los mapas mentales de los dispositivos a utilizar en la actividad.</li> <li>• Construir una maqueta de una vía férrea, en la que el estudiante use la creatividad.</li> <li>• Diagramar la programación con la herramienta web sugerida.</li> <li>• Programar el sensor ultrasónico con el fin de encender-apagar los led y mover el servo.</li> <li>• Publicar cada una de las etapas en el blog.</li> </ul>					
Fecha de entrega	Dos semanas.					
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropiación de conceptos. • Puntualidad en la entrega de trabajos.</li> <li>• Objetivos alcanzados. • Entregable: enlace del blog.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> </ul>					
Evaluación	<p>El proceso de evaluación será apoyado en dos juicios valorativos, el primero, con un 60 %, tendrá en cuenta los objetivos alcanzados de cada una de las actividades expuestas en la aplicación mediante un trabajo en equipo. El 40 % restante es individual y depende del rol y el cumplimiento de sus funciones en el equipo de trabajo.</p> <p>La actividad uno contribuirá con un 20 % sobre la valoración final.</p>					
<p><b>Metodología:</b> los equipos de trabajo se organizarán con el fin de obtener los objetivos propuestos en la actividad, usarán la aplicación y los recursos expuestos en ella para construir una vía férrea con el paso por una carretera, con el propósito de simular un sistema de seguridad que impida el cruce de vehículos mientras el tren pasa, mediante una barra de obstáculo y una luz roja; la luz verde dará vía libre. Se sugiere las siguientes etapas para su construcción:</p>						
<p><b>Etapas</b></p> <p>Etapas 1: seguimiento de la guía.</p> <p>Etapas 2: construir la maqueta de la vía férrea y la carretera, como lo indica el video de la aplicación.</p> <p>Etapas 3: realizar el montaje del sensor ultrasónico, las respectivas led y el servo; con el uso como guía del video de la aplicación.</p> <p>Etapas 4: diagramar la programación en la respectiva herramienta web, con los recursos de la aplicación.</p> <p>Etapas 5: programar el sensor ultrasónico, las led y el servomotor, con la guía de la aplicación.</p> <p>Etapas 6: verificar el funcionamiento con un tren movido por un motor DC de 9v.</p> <p>Etapas 7: documentar con fotos y video el proceso de la actividad.</p>						
<p><b>Competencias</b></p> <p>Interpretar diagramas y esquemas para el montaje de algunos prototipos, y cumplir las actividades propuestas con la mejor calidad posible.</p> <p>Utilizar herramientas digitales en la construcción de un blog, con el fin de divulgar los alcances de las actividades desarrolladas.</p> <p>Trabajar en equipo en el desarrollo de actividades, para lograr un trabajo colaborativo en el que se respeten y se cumplan los roles de cada integrante del equipo de trabajo.</p>						
<p><b>Recursos</b></p>						
Didácticos	Materiales					
Aplicación: en ella el estudiante encontrará un documento de apoyo y los videos necesarios para el desarrollo de la actividad.	Paletas de helado, silicona, pegamento, cartón, vinilos, pincel, protoboard, cables, puentes, dos resistencia, dos led, sensor ultrasónico, carro de juguete y un servomotor.					

Tecnológicos	Humanos
Computador Conectividad a internet <i>Software</i> libre Arduino <i>Hardware</i> libre Arduino	Docente orientador

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la interfaz de la aplicación, contó con diferentes pantallas, en las que se dispusieron imágenes, textos y videos. A continuación, como ejemplo, se presenta la tercera actividad, en la que se incorporó un sensor ultrasónico que permitió medir distancias, por consiguiente, podía detectar cualquier tipo de obstáculos. Para este caso, un parqueadero automático fue el proyecto escogido; se utilizó el sensor para identificar la presencia o la

ausencia de un vehículo, lo cual ayuda a identificar la disposición del parqueadero mediante una luz roja y verde. En la Figura 2 aparece una serie de pantallas de la interfaz, en las que se observan los objetivos, la descripción de la actividad, las especificaciones del proyecto a desarrollar, el video del montaje de los componentes electrónicos y la placa Arduino, por medio del video del diagrama de flujo y de programación.



**Figura 2.** Pantallas de la aplicación correspondientes a la actividad tres

Fuente: elaboración propia.

Como complemento, las actividades basadas en proyectos promovieron el trabajo en equipo, por lo que se invitó a los alumnos a conformar equipos de trabajo en los que cada uno de ellos asumió un rol; de esta manera se buscó distribuir tareas de forma equitativa entre ellos mismos; esto se planteó con el fin de asignar responsabilidades individuales y

conjuntas entre los grupos que facilitaran las tareas propuestas, identificaran sus labores dentro del equipo y así alcanzaran los objetivos propuestos en cada una de las cinco actividades. Los roles que se asignaron fueron el del rey, el caballero, el escudero y, el que se muestra y especifica en la Figura 3, el mago.



**Figura 3.** Pantalla de la aplicación correspondientes al rol del mago

Fuente: elaboración propia.

**Fase 3. Ejecución:** en esta fase se conformaron los grupos de trabajo, se instaló la aplicación en los dispositivos móviles y se procedió a seguir las indicaciones expuestas en su contenido. Esta fase fue ejecutada en periodos con una duración de cuatro meses por año, desde el 2017, y suspendida temporalmente en el 2020 por la pandemia del COVID-19, lo que obligó a realizar clases de manera remota; la aplicación no presentó dificultades al ser instalada en los dispositivos móviles de los estudiantes; el inconveniente fue que ellos no disponían en sus hogares del material que debían usar en el desarrollo de las actividades, como el *hardware* Arduino y demás componentes electrónicos.

En el primer año se aplicaron técnicas de test, observación y entrevistas, con miras a establecer la aceptación del uso de la aplicación y las competencias STEM alcanzadas. En los años posteriores solo se aplicaron técnicas de observación que permitieron medir las competencias STEM logradas por los estudiantes, con solo observar los proyectos desarrollados por cada uno de los equipos de trabajo.

**Fase 4. Evaluación:** en este punto del proyecto, en 2017 se presentó el test de impacto en la población estudiada, con el fin de caracterizar la información correspondiente a las competencias STEM alcanzadas. En cuanto a las preguntas, fueron similares a las del test diagnóstico e incorporaron

algunas que midieron la aceptación de la aplicación y el pensamiento del grupo acerca de las carreras de TIC. En los años posteriores, como ya se mencionó, no se aplicaron pruebas escritas, sino que con la técnica de observación se evaluaron los alcances.

**Fase 5. Organización de resultados:** en esta última fase del proyecto se procedió a organizar y presentar los resultados alcanzados en la ejecución del proyecto en 2017 y se analizó la implementación ejecutada en los años posteriores. Se aplicó estadística descriptiva como mecanismo para reportar los datos obtenidos y, de igual forma, mostrar los resultados de la investigación.

## Resultado

Se implementó el uso de la aplicación durante cuatro meses en 2017, tiempo en el que se desarrollaron cinco actividades basadas en proyectos; luego se aplicó un instrumento de verificación, que consistió en una encuesta en la que se evaluaron diferentes dimensiones de las competencias STEM, como las habilidades de investigación, pensamiento crítico, solución de problemas, creatividad, comunicación y colaboración.

Para una correcta interpretación de los resultados se debe tener en cuenta la escala de colores presente en la Figura 4, en la que el color verde se considera el máximo alcance y el rojo como el menor.

	Siempre
	La mayoría de veces
	Algunas veces
	Pocas veces
	Nunca

**Figura 4.** Escala de colores según la participación

**Fuente:** elaboración propia.

Como primer resultado está la apreciación que tuvieron los estudiantes sobre cómo la aplicación les aportó a la solución de las actividades

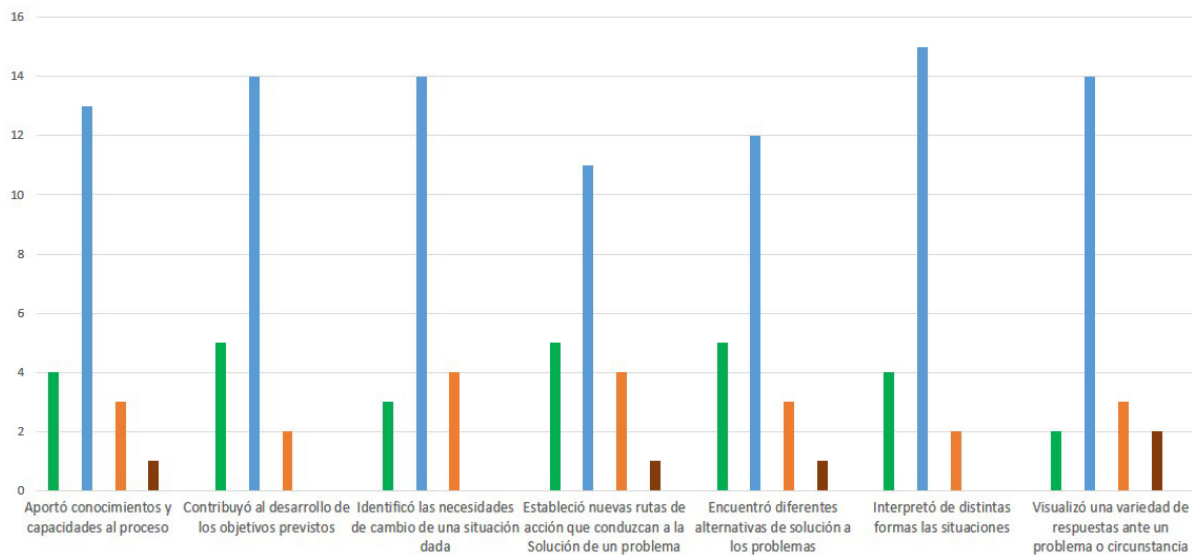
planteadas; en la Figura 5 se presentan las opiniones que reflejan que en todos los ítems, el estudiante, siempre o la mayoría de las veces, recibió componentes que buscaron desarrollar competencias para solucionar problemas.

En cuanto al trabajo colaborativo, en la Figura 6 se muestran las opiniones de los estudiantes ante su comportamiento, teniendo en cuenta el trabajo en equipo, en el que la mayoría de los participantes reconocieron su rol y lo acataron durante el desarrollo de las actividades. La aplicación jugó un papel crucial en este logro, porque les entregó desde un principio, a cada uno los miembros, las indicaciones detalladas.

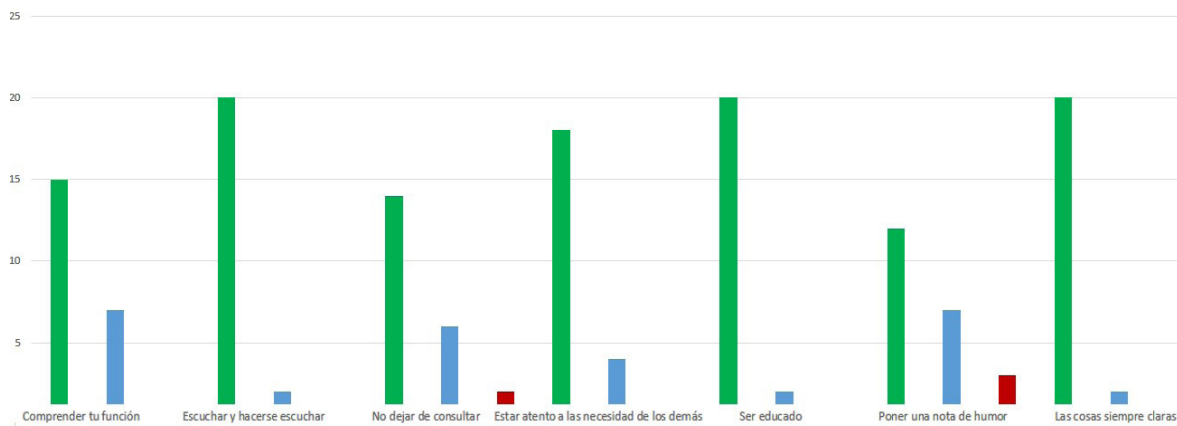
Por otra parte, la aplicación también invitó a los estudiantes a adoptar una mente abierta, a dar a conocer sus logros mediante plataformas digitales e interactuar con los demás. En la Figura 7 se presentan algunas opiniones de las tareas y comportamientos que ellos asumieron durante el desarrollo de las actividades, en las que resaltan la comunicación y el procesamiento de la información.

Con respecto al componente investigativo y a la problemática abordada en la investigación, se ofrecen las respuestas de los estudiantes en la Figura 8, en la que se evidencian los logros alcanzados, teniendo en cuenta que ninguno de los participantes había trabajado con la plataforma Arduino. Ahora la conocen y se sienten seguros para desarrollar proyectos con estas nuevas tecnologías.

En cuanto a los entregables, se trabajaron las rúbricas de evaluación, como fueron el cumplimiento de los objetivos, el tiempo de entrega, la calidad de los trabajos, la creación del blog y el trabajo autónomo; en la actividad cinco se planteó el montaje de un proyecto que tuvo como particularidad un tema libre en el que se utilizaron los componentes electrónicos vistos en la aplicación en las actividades previas. Al finalizar, los proyectos fueron presentados en una feria de ciencia y tecnología, durante una jornada científica; como se muestra en la Figura 9, un equipo de trabajo hizo el montaje de un sistema de riego automático, al que incorporó componentes nuevos, es decir, no vistos en la aplicación, como el sensor de humedad, la motobomba y el panel solar.

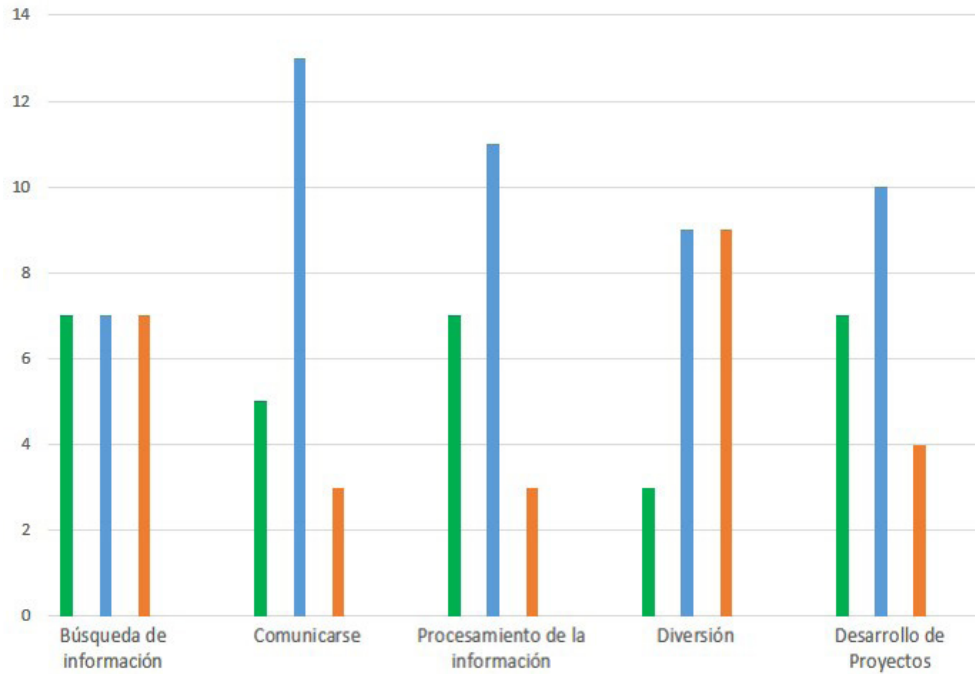


**Figura 5.** Apreciación de los estudiantes sobre cómo la aplicación les aportó en la solución de las actividades  
**Fuente:** elaboración propia.



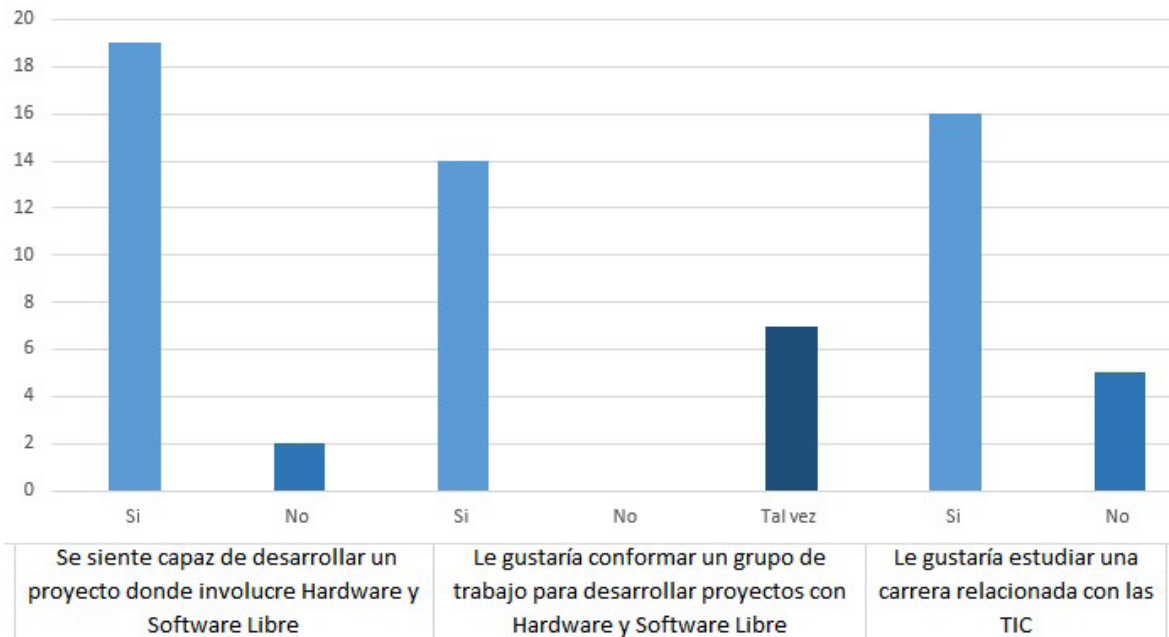
**Figura 6.** Apreciación de los estudiantes sobre cómo la aplicación les aportó en el trabajo colaborativo  
**Fuente:** elaboración propia.





**Figura 7.** Apreciación de los estudiantes sobre cómo la aplicación les aportó a su pensamiento crítico y a la comunicación

Fuente: elaboración propia.



**Figura 8.** Apreciación de los estudiantes sobre cómo seguir implementando lo aprendido

Fuente: elaboración propia.

Además, sobre la temática incluida en la aplicación vinculada con el desarrollo de competencias STEM, se observó, en el desarrollo de las actividades, que promovieron el uso de las matemáticas, al realizar cálculos básicos y usar fórmulas y teoremas; de la ingeniería, al buscar soluciones a los problemas que se presentaban durante el avance de los proyectos, y de la ciencia, al considerar los fenómenos físicos ondulatorios, las leyes de Newton y la electricidad, entre otros. En cuanto a tecnología e informática, las afirmaciones más relevantes de los estudiantes que hicieron parte del proyecto demuestran el alcance de la implementación de la aplicación.

En los años posteriores se siguió implementando el uso de la aplicación en los cursos del grado undécimo; en estas ocasiones se aplicó un instrumento de observación que reflejó la investigación, el pensamiento crítico, la solución de problemas, la creatividad, la comunicación y la colaboración de los estudiantes en cada uno de sus grupos de trabajo. En las figuras 9 y 10 se evidencian los logros alcanzados por dos equipos conformados por estudiantes del grado undécimo, de los años 2018 y 2019. Como se mencionó, los proyectos finales fueron presentados en ferias científicas y días científicos.



**Figura 9.** Grupo de trabajo dos. Proyecto correspondiente a la actividad cinco: animatrónico para la enseñanza de la adecuada separación de residuos sólidos (2018)

Fuente: elaboración propia.



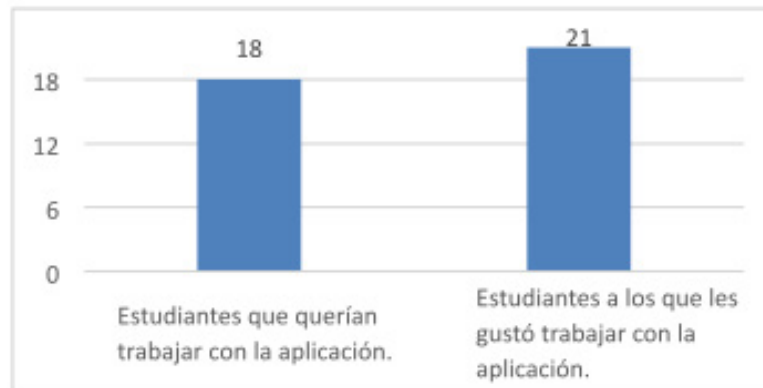
**Figura 10.** Grupo de trabajo tres. Proyecto correspondiente a la actividad cinco: alimentador para perros automático (2019)

Fuente: elaboración propia.

El desarrollo del proyecto generó en la comunidad educativa un gran impacto, ya que nunca antes en la institución educativa se había incorporado en la asignatura de tecnología e informática el uso de una herramienta como una aplicación, y de igual manera, el manejo de una nueva temática de *hardware* y *software* libre, Arduino, que promoviera las competencias STEM. Se evidenció un gran alcance del proyecto durante la exposición de la actividad cinco, en el día científico desarrollado en 2017. También se lograron mejores avances en la calidad e iniciativa por parte de los estudiantes, en los proyectos de 2018 y 2019. Voces de felicitaciones se escucharon para los equipos expositores y el docente investigador; al finalizar cada uno de los eventos y en días posteriores aún se evidenció el interés de los alumnos de grados inferiores por querer trabajar con este componente en sus clases de tecnología e informática.

Con respecto al componente pedagógico, el proyecto causó un impacto significativo al favorecer al docente y a los estudiantes en su proceso de enseñanza-aprendizaje; la aplicación le permitió al estudiante acceder a la temática del *hardware* y *software* libre Arduino, de una manera sencilla y práctica, siempre buscando despertar el interés de quien la utiliza. Además, se consiguió implementar el modelo pedagógico constructivista planteado en la investigación.

Finalmente, se observó el interés previo, la expectativa de los participantes y el gusto que alcanzaron en el manejo de la aplicación. Primero, un 82 % de los estudiantes querían trabajar con una aplicación en las clases de tecnología e informática; segundo, al 100 % le gustó trabajar con la aplicación en el desarrollo de actividades en dicha área del conocimiento.



**Figura 11.** Aceptación que tuvo la aplicación por parte de los estudiantes

Fuente: elaboración propia.

## Discusión

Como primera discusión se retoma la Figura 11, que expresa la satisfacción de los estudiantes por haber trabajado con una aplicación en las clases de tecnología e informática, lo que confirmó la intención de implementar este recurso en el aula.

Esto, sin duda, propició el modelo constructivista propuesto en la investigación. Los resultados son cercanos a los obtenidos por Kortabitarte *et al.*, (2018), quienes fomenta la actitud positiva del estudiante ante este tipo de recursos, que aportan cambios metodológicos, ya que activa su propio proceso de aprendizaje.

Por parte del investigador se consideró como un gran cambio alcanzado en la práctica docente, al incorporar la aplicación como herramienta tecnológica en clase; sin embargo, el uso de estos recursos digitales en la educación se encuentra en una etapa muy temprana y aún más en el contexto de las competencias STEM. Las publicaciones más antiguas se concentraron en los países asiáticos y desde hace unos años en pocos países de habla hispana. Los aportes se limitan al componente STEM, apoyándose en Arduino, pero no tienen en cuenta la incorporación de esta tecnología mediante el acompañamiento con una aplicación.

En cuanto al resultado del aprendizaje alcanzado y al desarrollo de competencias STEM se observó que la implementación del *software* y *hardware* libre Arduino fue de gran utilidad, ya que favoreció el trabajo por proyectos y facilitó la incorporación de áreas como ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Igualmente, Cabiativa (2020) expresa que el aprendizaje basado en proyectos es necesario para alcanzar objetivos propuestos en procesos de enseñanzas, y además reconoce que STEM es más que una sigla, es una propuesta de interdisciplinariedad, desde la que se pueden lograr aprendizajes significativos, por lo tanto, se deben integrar a la enseñanza.

West *et al.*, (2017) comparten opiniones similares: la incorporación de la robótica en el aula favorece al proceso de enseñanza-aprendizaje de competencias STEM, ya que los alumnos responden con entusiasmo, y favorecen el trabajo en equipo y el alcance de los logros, sobre todo si se incorporan tareas específicas a cada uno de los integrantes. Estos autores reconocen que hay avances importantes en el manejo del componente STEM en el aula, pero no vieron una herramienta digital que facilitara la incorporación de las temáticas, como fue el caso de la aplicación implementada en la presente investigación. En otros trabajos desarrollados se evidencia que para impartir conocimiento independiente sobre la temática abordada, se implementa el uso de herramientas digitales que, en su mayoría, se basan en el desarrollo de blogs y de cursos en la plataforma Moodle.

Haber escogido Arduino como eje facilitador para el desarrollo de competencias STEM fue un

gran acierto. Lo respaldan Bonilla *et al.*, (2018), que mencionan que la aplicación de la metodología STEM y la incorporación de nuevas herramientas como la plataforma Arduino favorecen los procesos de aprendizaje, ya que se adquieren los conocimientos de manera interactiva. Esto demuestra que el uso de este tipo de tecnología estimula los procesos de enseñanza de las competencias STEM. Así como Bonilla *et al.*, (2018), muchos autores centran sus estudios en la educación superior y pocos los han dirigido a grados de educación escolar. Sin embargo, esto refleja un aumento, en los últimos años, de la incorporación de la robótica en la educación básica y media, lo cual era de esperarse, teniendo en cuenta la importancia del desarrollo de estas competencias a una edad temprana.

Como última reflexión de esta discusión, Ong y Jill (2019) comparten muchos aspectos hallados en los resultados de esta investigación; mencionan que Arduino juega un papel muy importante al permitir a los estudiantes disfrutar aprendiendo materias de STEM. Así mismo, reconocen el valor de esta herramienta para la formación personal, ya que permite trabajar en proyectos, los cuales promueven otras fortalezas de la personalidad, como la colaboración, la comunicación, el pensamiento crítico y la creatividad, que son competencias valiosas para la vida. Lo anterior demuestra la necesidad de llevar a cabo un mayor número de estudios que involucren estos aspectos, los cuales motivan en los educandos el desarrollo de habilidades del siglo XXI.

## Conclusiones

Los resultados alcanzados permiten concluir que usar en el aula una aplicación favorece el desarrollo de las competencias STEM, por su familiarización con los estudiantes y, en gran medida, por la implementación del método de proyectos basados en Arduino, también propuesto en la misma, que promovieron la investigación, el pensamiento crítico, la solución de problemas, la creatividad, la comunicación y colaboración. Todo esto se vio reflejado en la opiniones de los estudiantes y en los logros alcanzados de los objetivos propuestos en cada una de las actividades. Sin esperarse, el

sentido de pertenencia también fue desarrollado por la aplicación, debido a que en Arduino se trabajó por proyectos, y los estudiantes, de manera autónoma, en la actividad cinco dieron soluciones a problemáticas presentes en su contexto.

En particular, al integrar los roles se creó un compromiso en los equipos de trabajo, lo que fomentó la colaboración y la comunicación en ellos. Así mismo, las actividades y el proyecto final que desarrollaron los estudiantes impulsaron, a su vez, la investigación, el pensamiento crítico, la solución de problemas y la creatividad. Por otra parte, el proceso de enseñanza de la aplicación permitió al docente impartir las bases teóricas de manera ágil, precisa, oportuna y menos desgastante, ya que la información siempre estuvo disponible para los estudiantes. De acuerdo con su ritmo de aprendizaje, cada quien realizó las consultas, las veces que fue necesario, hasta que cumplieron con los objetivos expuestos en el proyecto.

Se sugiere, en futuras investigaciones, implementar la aplicación en otros grados de escolaridad de la educación media, y de esta manera estudiar el impacto que conllevaría en estas poblaciones trabajar con ella. También, tener presente siempre la interdisciplinaridad, e incluso, si se presentan áreas técnicas, incluirlas. En cuanto a los grados de la básica y primaria, se propone buscar las temáticas y proyectos que mejor se ajusten a esta población, para que sean incorporados en la aplicación, sabiendo que las nuevas tecnologías de la información han modificado las prácticas educativas, al permitir que se impartan las temáticas de una manera individual, práctica y disponible en cualquier momento, lo que favorece tanto al docente como al estudiante.

Se recomienda capacitar a los docentes del área de tecnología e informática en el uso del *software* y *hardware* Arduino, con miras a que incorporen la aplicación en el aula de clase. De esta manera, accederán a una herramienta que brinda ventajas en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de las competencias STEM y, de igual manera, en su práctica educativa.

## Agradecimientos

Al Ministerio de Educación Nacional en alianza con Uniandes-UNAB-IDEP, en el marco del proyecto *La investigación en la escuela y el maestro investigador de Colombia*. Agradezco a los asesores, la doctora Nelly Milady López Rodríguez y el magister Juan Sebastián Castañeda Suárez, por sus valiosos aportes académicos y por el acompañamiento fundamental en la culminación del artículo.

## Referencias

1. Alimisis, D. (2013). Educational robotics: open questions and new challenges. *Themes in science & technology education*, 6(1), 63-71. <https://cutt.ly/4lcf5pL>
2. Anzil, F. (2006). *¿Por qué innovar es importante?* <https://goo.gl/bvO2qs>
3. Arango, R., Navarro, Á. y Padilla, J. B. (2014). Sistemas open hardware y open source aplicados a la enseñanza de la electrónica. *Journal of Research of the University of Quindío*, 25(1), 126-133. <https://doi.org/10.33975/riuq.vol25n1.163>
4. Aristizábal, M., Rivera González, R., Bermúdez Bedoya, J. F. y García Castro, L. I. (2016). Aprender a aprender en un modelo de competencias laborales. *Zona Próxima* (25), 1-21. <https://www.redalyc.org/journal/853/85350504002/html/>
5. Aula 1. (2017). *Aplicaciones educativas* [Web log post]. <http://www.aula1.com/aplicaciónseducativas/>
6. Banoy Suárez, W. (2019). *El uso pedagógico de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y su influencia en el aprendizaje significativo de estudiantes de media técnica* en Zipaquirá, Colombia. <https://doi.org/10.18359/ravi.4007>
7. Barkle Cross, P. y Major, C. (2007). *Técnicas de aprendizaje colaborativo: manual para el profesorado universitario*. Morata. <https://cutt.ly/YmEnPvZ>
8. Bonilla Bravo, G., Azcona Esteban, J., Ulloa Menses, J. y Ocampo Pazos, J. (2018). Educación Madre: aplicando *hardware* libre Arduino en ingeniería de sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador-Extensión Santo Domingo. *Revista Didasc @ lia: Didáctica y Educación*, 9(4), 177-184. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6717869>
9. Bouquet, F., Bobroff, J., Fuchs-Gallezot, M. y Maurines, L. (2017). Project-based physics labs using low-cost open-source hardware. *American Journal of Physics*. Université Paris-Seclay. <https://doi.org/10.1119/1.4972043>



10. Cabiativa Poveda, M. A. (2020). *Aprendizajes STEM, desde una experiencia de formación situada de docentes de primaria* [Tesis de maestría. Universidad Francisco José de Caldas]. <https://cutt.ly/9mhwO6P>
11. Camacho Domínguez, S. Á. (2010). Las TIC y el desarrollo de las competencias básicas. *Comunicar*, 18(35), 218. <https://cutt.ly/WmEnTL2>
12. Cañas, J. M., Vega, J., Pérez, F. y Martínez, A. (2017). *Entorno docente con Arduino y Python para Educación Robótica en Secundaria*. Seminario sobre pensamiento computacional, 20 de enero de 2017. <https://goo.gl/F5nBPT>
13. Carrillo, M., Henríquez, S., Bravo, A., Mellado, M. y Manzi, E. (2008). Propuestas didácticas para el desarrollo de competencias matemáticas en fracciones. *Horizontes Educativos*, 13(2), 87-98. <https://cutt.ly/8mEnF2d>
14. Cisco. (2016). *Los 15 datos del déficit de profesionales TIC que amenaza a América Latina*. Gestión. <https://goo.gl/g4jnaH>. <https://cutt.ly/TmEnJ73>
15. Comer, M., Sneider, C. y Vásquez, J. A. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann. <https://cutt.ly/omEnBhr>
16. Cuello, J. y Vittone, J. (2013). *Diseñando aplicaciones para móviles*. Academia.edu, 26-27, 29-30, 34, 53-63. <https://cutt.ly/UmEn19m>
17. Chávez Vera, K. J. (2013). Aprendizaje de matemática bajo un modelo constructivista. *Revista Internacional PEI*, 2(4), 117-127. <https://cutt.ly/SmEn7ff>
18. Chica, A. M., Ríos, O. N., Santa, N. A., Zapata, L. F. y Ochoa, G. L. (1994). *Mesa de trabajo tecnología e informática*. Calameo. <http://es.calameo.com/read/001253262d4c17cd21b1e>
19. Consejería de Educación, Cultura y Deporte. (2011). *Decreto 5/2011, del 28 de enero, por el que se establece el Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad Autónoma de La Rioja*. <https://goo.su/LzOQk7n>.
20. Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la Unesco de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Compendio Ediciones Unesco. <https://cutt.ly/UmEn664>
21. Departamento de Educación del Gobierno Vasco (2018). *Estrategia de Educación STEAM Euskadi*. <https://docplayer.es/87226607-Estrategia-de-educacion-steam-euskadi.html>
22. Enríquez, J. (2013). *Usabilidad en aplicaciones móviles. ICT-UNPA*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5123524.pdf>
23. García I. (2012). *Aprendizaje Basado en Problemas con Arduino*. Universidad de la Rioja. [http://biblioteca.unirioja.es/tfe\\_e/TFE000162.pdf](http://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000162.pdf)
24. García J. (2013). *La hipótesis en la investigación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n1/m9.html>
25. García, J. y Prendes, M (2020). *Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades*. Revista de medios y educación. <https://goo.su/lmUk>
26. Gómez Redondo, S. y Coca, J. (2018). *bases epistemológicas y ontológicas de una didáctica integradora. teoría de la educación*. *Revista Interuniversitaria*, 30(1), 241-258. <https://doi.org/10.14201/teoredu301241258>
27. Kim, H. y Chae, D. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1925-1936. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a>
28. Kortabitarte, A., Gillate, I., Luna, U. y Ibáñez-Etxeberria, A. (2018). Las aplicaciones móviles como recursos de apoyo en el aula de ciencias sociales: estudio exploratorio con el aplicación "Architecture Gothique / Romane" en Educación Secundaria. *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 33(1), 65-79. <https://cutt.ly/vmEmrfc>
29. Maldonado, C. (2016). *Las competencias STEM, el desafío de la Nueva Educación*. PRAEYC. <https://cutt.ly/vlcTWCt>
30. Ministerio de Comunicaciones. (2008a). *Guía No. 30. Ser competente en tecnología*. <https://goo.su/YPncNC>
31. Ministerio de Comunicaciones. (2008b). *Plan Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2008-2019*. <https://goo.gl/nh4Bfb>
32. Núñez, M. (2014). *Tecnología e informática, grandes olvidadas en el panorama educativo español*. <https://goo.su/dqU4q>
33. Ong, S. L. y Ling Pei, W. J. (2019). La percepción de los estudiantes de la Fundación Ucts hacia Arduino como una herramienta de enseñanza y aprendizaje en la educación STEM. *Revista E-BANGI*, 16(3), 1-21. <https://cutt.ly/6mEYkyb>
34. Ramos Moreno, A. M., López Fernández, V. y Llamas Salguero, F. (2017). *Relación entre la creatividad, la memoria inmediata y lógica en relación con el rendimiento académico en la educación secundaria*. <http://doi.org/10.18359/ravi.2674>
35. Rojas, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw-Hill.

36. Sánchez, R. (2010). Desarrollo de Competencias en Física II. Contenidos y secuencias didácticas. *Latin-American Journal Of Physics Educación*, 4(2), 463.
37. Travieso Valdés, D. y Ortiz Cárdenas, T. (2018). Aprendizaje basado en problemas y enseñanza por proyectos: alternativas diferentes para enseñar. *Revista Cubana de Educación Superior*, 37(1), 125-133. <https://cutt.ly/rmEmiOK>
38. Valbuena Duarte, S., Medina Güette, A. P. y Teherán Barranco, V. S. (2021). Empoderamiento docente para la integración de las TIC en la práctica pedagógica, a partir de la problematización del saber matemático. *Revista Academia y Virtualidad*, 14(1), 41-62. <https://doi.org/10.18359/ravi.5161>
39. Vence L. (2012). *Uso pedagógico de las tics para el fortalecimiento de estrategias didácticas del programa todos a aprender*. Atlántico. Versión digital en pdf.
40. West, J., Vadiiee, N., Sutherland, E., Kaye, B. y Baker, K. (2018). From Classroom Arduinos to Missions on Mars: Making STEM Education Accessible and Effective Through Remotely Operated Robotics. *Tribal College Journal*, 29(4), 38-42. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7910255>