

INCORPORACIÓN DEL ENFOQUE STEM CON TICTAC EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT SEMBRADOR CON ARDUINO

INCORPORATION OF THE STEM APPROACH WITH TICTAC IN THE CONSTRUCTION OF A SEEDING ROBOT WITH ARDUINO

Víctor Fabio Camargo Pérez¹
Eugenia Grosso Molano²

Resumen

Esta investigación tuvo por propósito vincular la educación STEM y el ABP para afianzar el pensamiento lógico en un grupo de estudiantes de grado once de educación secundaria. Se trata de un estudio orientado desde el enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y diseño pre experimental. Entre los hallazgos más representativos, se tiene que, para potenciar las habilidades del pensamiento lógico, es preciso que se oriente a los estudiantes en el manejo de lenguajes de programación. En esta investigación se orientó este saber desde la apropiación y manejo de la placa Arduino, lo cual permitió que los estudiantes al trabajar de manera dinámica y en equipo, lograran la construcción de un robot. Por tanto, se concluye que para el aprendizaje de la robótica es necesario orientar el saber disciplinar desde la articulación de diferentes áreas del currículo escolar por lo que la educación STEM resulta clave para este propósito.

Palabras clave: aprendizaje activo, conocimientos previos, robótica, TIC

Abstract

This research had the purpose of linking STEM education and PBL, to strengthen logical thinking in a group of eleventh grade secondary school students. This is a study oriented from the quantitative approach, descriptive scope and pre-experimental design. Among the most representative findings, it is necessary to guide students in the management of programming languages in order to enhance logical thinking skills. In this research, this knowledge was oriented from the appropriation and management of the Arduino board, which allowed the students to work dynamically and as a team, to achieve the construction of a robot. Therefore, it is concluded that for the learning of robotics it is necessary to guide disciplinary knowledge from the articulation of different areas of the school curriculum so STEM education is key for this purpose.

Keywords: active learning, prior knowledge, robotics, ICT

Recepción: 15 de septiembre de 2022/ Evaluación: 29 de octubre de 2022 / Aprobado: 05 noviembre de 2022

¹ Especialista en Lúdica Educativa, Magister en TIC Aplicadas a las Ciencias de la Educación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, seccional Duitama, Boyacá, Ingeniero Electrónico, Integrante del Grupo de investigación Símbolos, Docente de aula. Email: Victor.camargo02@uptc.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8103-9633>.

² Ingeniera de sistemas - Fundación Universitaria de Boyacá, Especialista en Ingeniería del Software – Universidad Antonio Nariño, Magister en Ciencias de la información y las Comunicaciones – Universidad Francisco José de Caldas. Docente de planta Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, seccional Duitama, Investigadora del grupo Símbolos. Email: Eugenia.grosso@uptc.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-4706>.

Introducción

Las Instituciones Educativas han venido transformando su currículo, es decir, los objetivos, contenidos, metodologías, materiales y la organización de espacios y tiempos (MEN, 1994), creando nuevos escenarios como herramienta “medio” de aprendizaje para adquirir las competencias y capacidades (Barrera, 2015), al integrar el conocimiento, la interdisciplinariedad y la cooperación entre estudiante y docente (Martín y Santaolalla, 2020).

Los estudiantes apropiaron y dieron significado de su conocimiento al construir un robot sembrador que ayudó a las familias de la región del municipio de Chocontá en las labores agrícolas de siembra, siguiendo los pasos de la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP) propuesta por García y Pérez (2018), al desarrollar diez guías como lo destacan los autores Guerrero, Vite y Feijoo (2020), generando cambios en el proceso de formación, incorporar los conocimientos previos, intercambiar ideas, aprovechar los recursos disponibles para la búsqueda, selección y clasificación de información física y digital, durante el proceso de construcción de productos tangibles (Aparicio y Ostos, 2018).

Al emplear el enfoque STEM en la construcción del prototipo del robot sembrador los estudiantes diseñaron, ensamblaron, adecuaron la electrónica y la programación del microcontrolador Arduino, logrando difundir y asimilar los contenidos programáticos de las asignaturas de ciencias naturales-física, tecnología, electrónica y matemáticas, convirtiéndolos en personas activas durante el proceso de formación sintiéndose motivados al poder socializar sus resultados del trabajo interdisciplinario desarrollo de competencias que exige el mundo global.

Enfoque STEM

El concepto de Educación STEM, que proviene de las palabras inglesas Science, Technology, Engineering y Mathematics, nace en Estados Unidos durante la época de los años noventa, mediante la publicación de informes nacionales, así como de organizaciones profesionales como la National Science Foundation (NSF) y el National Research Council of the National Academies, quienes con sus aportes llegaron a la publicación del documento Next Generation Science Standards NGSS (Estándares de Ciencias para la próxima generación) (Súarez, García, Martínez y Martos, 2018).

En países como Alemania, Grecia, Italia, España, Portugal (Ferrada, Díaz, Salgado, y Puraivan, 2019), India, China y Australia han dado importancia a la Educación STEM, llegando a la transformación de sus currículos educativos (Súarez et al., 2018). En Colombia se ha venido trabajando en instituciones como los Andes y UNIMINUTO; en los colegios a nivel de la educación primaria y secundaria se trabaja a través de la robótica educativa (Barrera, 2015) (Roca, 2021), a través de tecnología LEGO (Súarez et al., 2018) o Arduino (Porcuna, 2016).

Las oportunidades de la enseñanza digital para el aprendizaje con enfoque STEM de acuerdo con la investigación de López, Couso y Simarro (2020), aprender ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas no solo implica recibir conocimientos de contenidos de forma aislada o productos de manera pasiva, es el hecho de hacer, es decir de manera activa en actividades cognitivas, sociales y argumentativas, al implementar estrategias que faciliten la apropiación del conocimiento, potencie sus habilidades naturales y adquiridas mediante el uso de las TICTAC, representen la realidad y construyan experiencias, en correspondencia con ambientes contextualizados y realistas, con principios globales, empleando acciones que fomentan el aprendizaje por problemas o proyectos (Cabero 2007), con el acceso a la red se han multiplicado de manera exponencial y podemos encontrar desde portafolios, blogs y otras actividades digitales de aprendizaje (Torres y Cobo 2017).

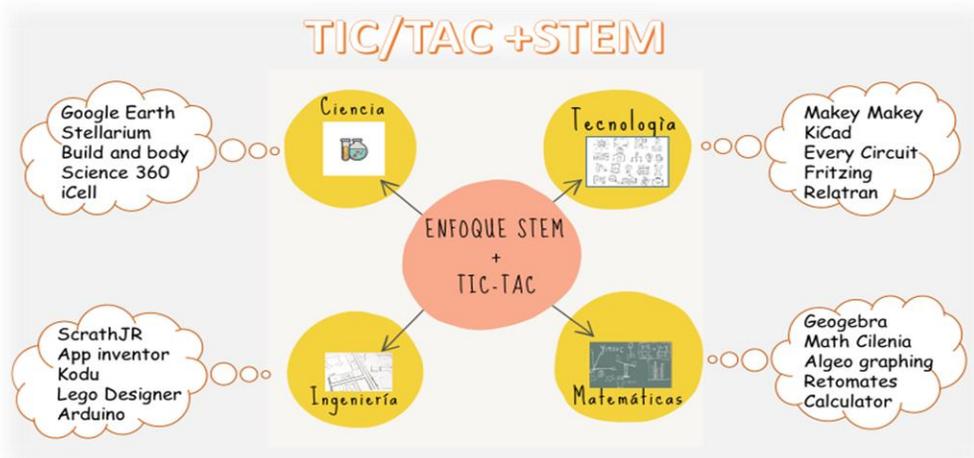
De igual manera, las TAC han insidido en los procesos de enseñanza aprendizaje como lo afirman Yoza y Veléz (2021), son un desafío para los docentes debido a que, exigen mayor formación y compromiso a la hora de implementar las metodologías adecuadas que promuevan la motivación de los estudiantes, crear espacios de descubrimiento, desarrollar análisis creativos e innovadores que permitan “el aprendizaje por expansión como proceso gradual para ascender de lo abstracto a lo concreto, a través de acciones específicas” (Erausquin, 2014, p.10).

El MEN (2008), con la guía N° 30 señala la importancia del uso responsable y autónomo las TIC, para aprender a indagar y comunicarse, lo cual señala que las TICTAC son valiosas en el campo adyacente de las áreas básicas y fundamentales; además, se resalta las necesidades de enseñanza a través de diferentes estrategias de aproximación a la solución de problemas del contexto, en una dimensión práctica e interdisciplinaria, al producir acciones de interacción e interrelación entre el sujeto/contenido/contexto a medida que pasa el tiempo, se produce que mejoren su aprendizaje con su empleo (Carneiro, Toscano, y Díaz, 2021).

Los estudiantes siguiendo el enfoque STEM con las TICTAC, se promueve el autoaprendizaje, a través de la comprensión de diferentes situaciones (Yoza y Veléz, 2021), “con el desarrollo del pensamiento, la discusión, un cambio metodológico mediante la integración del conocimiento, la interdisciplinariedad, la cooperación entre alumnado y profesorado” (Martín y Santaolalla, 2020, p.45), al eliminar las barreras de espacio-tiempo, flexibilizar el desarrollo de tareas Camboza, Yáñez y Rivas, (2021), aportaron al rendimiento académico, mejorando la relación entre docentes, estudiantes, contenidos, mediante el uso de las TICTAC con el enfoque STEM como se propone en la figura 1.

Figura 1.

Herramientas Tecnológicas Utilizadas con Enfoque STEM



Fuente: Elaboración propia

Robótica educativa

Tiene sus orígenes en los años 60 con la aparición de los primeros lenguajes de programación LOGO para el ámbito educativo, denominado “el robot tortuga”, esto fue posible gracias a las investigaciones de Seymour Papert, Cynthia Solomon y Wally Feurzeig; posteriormente un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) construyó los primeros robots que permitieron ser manipulados y programados por los niños/as (González, Flores, y Muñoz, 2021). Desde allí hasta la fecha, se ha popularizado en los procesos de enseñanza y aprendizaje,

gracias a que es una herramienta potente y flexible que motiva al estudiante en la construcción y control de robots mediante un lenguaje de programación específico (Roca, 2021).

Debido a que se puede enseñar en todos los niveles educativos desde preescolar, primaria, secundaria hasta la universidad, su flexibilidad ha permitido el desarrollo de conocimientos y procesos necesarios para crear, operar y saber cómo funcionan distintos artefactos tecnológicos (MEN, 2008), facilita de modo lúdico el trabajo colaborativo, el desarrollo del pensamiento computacional y lógico, además de permitir integrar el aprendizaje STEM; lo anterior va de la mano con lo planteado por el MEN (2008), con respecto al conocimiento tecnológico y sus cuatro componentes básicos: Naturaleza y evolución de la tecnología, Apropriación y uso de la tecnología, Solución de problemas con tecnología y Tecnología y sociedad.

La Robótica con Arduino se basa en una placa o plataforma de código abierto principalmente en un hardware con microcontrolador ATMELE y un software de desarrollo fáciles de usar y utilizar tanto para personas del común como para desarrolladores expertos (Moreno y Córcoles, 2017), utilizado en diversos proyectos multidisciplinarios, de forma que el estudiante va aprendiendo gracias a la manipulación, la programación y conexión de cada uno de los componentes electrónicos como sensores, motores, módulos de comunicación bluetooth o WIFI, entre otros elementos disponibles en el mercado (Porcuna, 2016), que brinda oportunidades libres de aprendizaje científico y técnico a los estudiantes debido a que es extensible y flexible (Zavala, 2020).

Los estudiantes al desarrollar el proyecto del robot sembrador con Arduino, para el caso de las matemáticas facilitó el estudio de propiedades y relaciones con las medidas numéricas, las figuras geométricas, así como sus correspondientes cálculos; en ciencias naturales, apoya el aprendizaje de los tres principios de la física mecánica (estática, cinemática y dinámica); en el tema de ingeniería aportó a la comprensión de la lógica de programación y manejo de componentes electrónicos. En particular, la tecnología no solo se aprecia aplicada al manejo de dispositivos digitales, sino que se extiende a tecnologías de la información y comunicación, sumado al uso de simuladores y medios de difusión del aprendizaje y el conocimiento, volviendo significativo todo aquello que experimenta el estudiante, al poderlo asociar al mundo real de su entorno (García y Pérez, 2018).

Materiales y Métodos

Con la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) según García y Pérez (2018), los estudiantes participaron de manera activa en su proceso de formación, mejoraron la percepción, organizaron las asignaturas, fortalecieron lazos de comunicación, autonomía, al solucionar “problemas planteados suele ser un objeto tecnológico (un dispositivo, un programa, etc)” (Sánchez, 2019, p.48).

En consecuencia, el rol del docente con esta metodología cambia (García y Pérez, 2018) de ser un simple observador a convertirse en un facilitador de las fases de activación, conexión y afirmación (Tigse, 2019), guiando el proceso de aprendizaje, tomando decisiones del qué y cómo enseñar (Martín y Santaolalla, 2020), al seleccionar aquellos recursos que sean necesarios empleando las TICTAC.

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, buscando establecer pautas de comportamiento, mediante datos medibles y observables, que proporcionen validez y confiabilidad (Hernández, Fernández, y Bautista, 2014), de alcance descriptivo, el cual evalúa las características de la población objeto de este estudio, mostrando lo que le sucede e igualmente cualquier hecho o fenómeno que influya y deba ser sometido a análisis (Hernández et al., 2014).

Los estudiantes fueron seleccionados de manera intencional con base en los siguientes criterios: a) Tener acceso a ellos, b) Participar de esta investigación de manera voluntaria y c) que contaran con el consentimiento informado firmado por parte del acudiente. De acuerdo con lo anterior y siguiendo a Hernández et al. (2014) este tipo de selección se denomina muestra no probabilística y se debe a las circunstancias del momento y a las características de la investigación.

Para la de la recolección de la información se aplicó una encuesta sociodemográfica proporcione la caracterización de la población objeto de estudio, determinar las posibilidades de acceso a herramientas tecnológicas y su conectividad a la red internet, por otro lado, a través de la aplicación de un cuestionario pre y post elaborado en Google forms, busca conocer los conocimientos previos necesarios para la construcción del robot sembrador siguiendo el enfoque STEM, así mismo, establecer el nivel de apropiación de conceptos científicos-tecnológicos con el modelo de enseñanza aprendizaje con el que habían venido siendo formados.

Desarrollo de la experiencia

El estudio se llevó a cabo durante los dos primeros trimestres del año 2021, en una situación variable de aprendizaje pasando de una educación remota por las políticas sanitarias adoptadas por el gobierno nacional debido a la pandemia desatada por el COVID-19 a una educación de alternancia, se intervino a la población del grado once de una Institución pública del municipio de Chocontá del departamento de Cundinamarca, conformada por 27 estudiantes con edades comprendidas entre 16 y 18 años entre niños y niñas, la gran mayoría se encuentran clasificados en los niveles I, II y una pequeña minoría pertenecen al nivel III, según la clasificación establecida por el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (SISBEN). De acuerdo con los resultados de la encuesta socio demográfica los estudiantes con un porcentaje del 56% provienen de la zona urbana y sus alrededores, mientras que con un porcentaje de 44% habitan en zona rural.

La implementación se realizó siguiendo los pasos de ABP como se visualiza en la figura 2.

Figura 2.

Pasos de la metodología de aprendizaje basada en proyectos aplicada.



Fuente: Elaboración propia

Paso 1. Identificación del problema. Se trabajó en dos partes, la primera una presentación del proyecto, donde los estudiantes exponían los alcances, limitaciones, los requisitos de participación y los tiempos de ejecución; la segunda fue despertar el interés en darle solución a problemas del municipio. Se acordó el desarrollo de un prototipo robótico para la siembra de plantas en la huerta casera, debido a que los estudiantes de la zona rural, buscaban ayudar a sus padres en las labores del campo.

Paso 2. Diseño y planeación. Una vez identificado el problema, cada uno de los equipos de trabajo plantearon varias preguntas, en busca de orientar las diferentes actividades que integraron los conocimientos siguiendo el enfoque STEM con TICTAC. Según la problemática, el contexto

y los recursos tecnológicos disponibles, se destacan aspectos relevantes a tener presente en el momento de la implementación como se visualiza en la figura 3 como son; el acceso a herramientas tecnológicas, acceso a recursos TICTAC, recursos para la construcción del robot y las posibles limitaciones durante el proceso de investigación.

Figura 3. *Enfoque STEM más TICTAC seleccionadas.*



Fuente: Elaboración propia

La ruta de aprendizaje se planificó, diseñó y elaboró mediante 10 guías didácticas, con pautas claras que les permitieron darle solución a la problemática planteada, trabajar de forma autónoma y colaborativa, realizar diversas actividades de tal manera que en momentos de confinamiento los estudiantes recibían asesorías de manera remota (por medios digitales), permitiendo tener un diálogo abierto entre el docente – estudiante y estudiante – estudiante, a la vez desarrollar, explorar y aplicar conceptos científicos – tecnológicos, alcanzaron habilidades para actuar sobre objetos tangibles, percibir el mundo real y realizar transformaciones y modificaciones.

Paso 3. Creación e implementación. Utilizaron diversas fuentes de información para concretar el diseño y finalizar con la elaboración de su robot sembrador para huerta casera, iniciando con una planeación en hojas de papel y la posterior elaboración de los planos en formatos DIN con las medidas adecuadas, destacando del robot rasgos como forma de la base, el tipo de chasis, la ubicación de las piezas mecánicas y electrónicas.

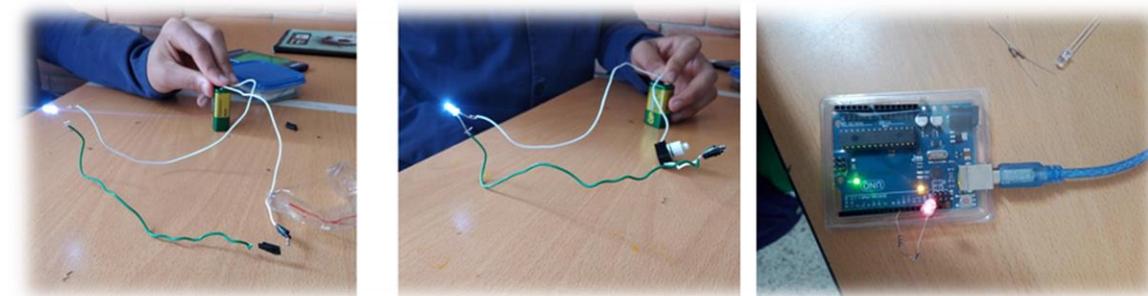
Luego de tener el diseño, se integraron los diferentes conceptos y se procedió a realizar la parte estructural, electrónica y de programación del robot. Con respecto a la parte estructural, el estudiante convirtió su idea a un objeto tangible empleando materiales blandos como madera, cartón, plástico, entre otros que pudieran reciclar o tener en casa. En la parte electrónica, se elaboraron circuitos serie y paralelo, además, se aplicó el tipo de tracción necesario de acuerdo con las condiciones del terreno empleando una configuración de 4 motorreductores cada uno con su respectivo controlador, con lo cual se obtendría un mejor avance sobre el suelo según pruebas iniciales; en cuanto al brazo excavador, se utilizó un motorreductor unido a una broca de pala y para darle vida a los movimientos del robot se elaboraron diferentes rutinas de programación en el software IDE de Arduino.

En el segundo semestre del 2021, atendiendo a las declaraciones de la Organización Mundial de la Salud, los ministerios de Salud y Educación, dan las nuevas orientaciones para dinamizar e ingresar a la presencialidad, mediante el esquema de alternancia, en ese momento fue cuando, el docente investigador logró orientar y realizar algunas prácticas de laboratorio, encaminadas a trabajar con los grupos reducidos, para cumplir con el aforo máximo permitido. En consecuencia, se ocasionaron cambios en los procesos de enseñanza – aprendizaje, complementando así las clases remotas por medio de herramientas digitales, con las prácticas en el laboratorio con elementos e instrumentos reales, generando un aprendizaje activo, con mayor motivación, apropiación de conceptos y, manejo de herramientas e instrumentos de medición.

En la figura 4, se pueden apreciar algunas de las prácticas electrónicas que se llevaron a cabo por parte de los estudiantes, en donde desarrollaron circuitos en configuración serie, sin interruptor y con interruptor; además, de realizar la conexión de la placa de Arduino UNO al computador por medio del puerto USB, para luego subir la rutina elaborada y comprobar así su funcionamiento.

Figura 4.

Prácticas de circuitos y con la placa Arduino UNO en el laboratorio.



Fuente: Imágenes de práctica en laboratorios.

Así mismo, dentro de los aspectos positivos los estudiantes tuvieron una perspectiva constructivista, al permitirle actuar sobre su realidad, apropiarla, asimilarla y modificarla (Piaget, como se citó en Aparicio y Ostos 2018), generando el conocimiento como una construcción que inicia desde los elementos previos que dispone y la transformación de los mismos a medida que se va avanzando en las actividades interdisciplinarias, remotas o de laboratorio, al tener un grupo reducido hubo una mayor interacción docente-estudiante, la cual se hizo más cercana al poder orientar y resolver dudas de manera casi personalizada. Sin embargo, dentro de lo negativo está que la variabilidad del curso en pequeños grupos, hizo que las relaciones sociales en todo el conjunto fueran más complejas.

De igual manera, con la metodología ABP los estudiantes, se volvieron protagonistas de su propio aprendizaje al elaborar el robot sembrador para huerta casera, al diseñar, ensamblar y programar el prototipo robótico para que éste sea funcional y cumpla con los objetivos planteados. Permitiendo entender la sinergia del mundo desde lo abstracto, hasta lo concreto, desde una perspectiva constructora, logrando una conexión entre su construcción y el conocimiento Científico-Tecnológico, mientras va experimentando y modificando su artefacto tangible (Aparicio y Ostos 2018).

Paso 4. Presentación y publicación. Al finalizar los proyectos fueron socializados, se evidenció la solución al problema del contexto encontrado, la aplicabilidad e integralidad de los conocimientos de las diferentes asignaturas como fueron: Ciencias, al explicar el cálculo de la velocidad y del desplazamiento del robot sembrador, el funcionamiento del sensor ultrasónico al

detectar obstáculos. Tecnología, cuando seleccionaron y determinaron los mecanismos con engranajes o poleas que generaron la fuerza de desplazamiento sobre el terreno y la perforación del agujero en la tierra, el montaje de circuitos electrónicos. Ingeniería, explicando el sensor, control y actuador escogido, además de los pasos y decisiones tomadas en la secuencia de la rutina aplicada en la placa Arduino y en Matemáticas, mostrando los cálculos necesarios para determinar el área que ocupaba el robot, la distancia recorrida sobre el terreno y la ubicación espacial al realizar la siembra, como se puede ver en la figura 5, se contó con la presencia de personal docente de otros cursos y del área, estudiantes de otros grados, familiares, directivos entre otros.

Figura 5.

Presentación de resultados ante la comunidad educativa.



Nota: A la izquierda. el robot sembrador y a la derecha sustentación de la solución.

Por consiguiente, después de recibir la retroalimentación de los asistentes a la presentación, cada uno de los estudiantes dentro de sus equipos de trabajo consolidaron sus experiencias y evidencias, mediante la creación de videos explicativos, los cuales fueron subidos a los canales establecidos previamente tales como el Drive Institucional y el Blog del curso.

Resultados

Al construir un robot sembrador para huerta casera se evidenció mejora en los procesos aprendizaje científico, técnico y tecnológico, se generaron espacios abiertos y conectados de comunicación, que les permitieron trabajar de forma colaborativa, tener una descripción cercana del contexto del estudiante, gracias a la aplicación de los instrumentos seleccionados para esta investigación.

Con los datos recolectados en la encuesta sociodemográfica, se consiguió observar que la población objeto de estudio en su mayoría no tenía conectividad constante a internet, sino que lo hacen a través de sus dispositivos móviles, donde sus padres, cuidadores o acudientes realizan recargas para poder acceder a su proceso de formación.

De igual forma, se aplicó un cuestionario, siendo una prueba de elaboración propia pretest y postest que permitió hacer un diagnóstico acerca del nivel de conocimiento que tienen los estudiantes antes de ser intervenidos al aplicar el enfoque STEM con TICTAC y la transformación que presentaron los estudiantes. La información fue organizada en una hoja de cálculo en Microsoft Excel. Para su verificación y validación del constructo se recurrió al empleo de juicio experto, el cual fue evaluado por docentes de la Institución y que orientan las áreas; para determinar su confiabilidad se aplicó la herramienta estadística SPSS, calculando el alfa de

Cronbrach que entregó como resultado el valor de 0,75, con lo cual se puede catalogar según Maese, Alvarado, Valles y Báez (2016) como aplicable.

Pre-test

Para conocer los conocimientos previos de los estudiantes, se aplicó un cuestionario con preguntas cerradas de selección múltiple con única respuesta, conformado por 12 preguntas alrededor de temáticas de cada asignatura STEM, organizadas con un porcentaje así: de Tecnología con 33%, matemáticas 25%, ingeniería 25% y física con 17%.

Al aplicar el pretest a la población objeto de estudio con relación de la asignatura de física, se tuvieron en cuenta las temáticas relacionadas con la velocidad, desplazamiento y ondas sonoras; en Ingeniería se reconocen los conceptos básicos de un algoritmo de programación, la secuencia de una rutina de programación y componentes básicos de un sistema de control; en Matemáticas los cálculos matemáticos básicos, cálculo de distancias, áreas en figuras geométricas y ubicación espacial; finalmente en Tecnología el movimiento circular uniforme, máquinas simples, sistemas de engranajes, sistema de poleas y por último la Ley de Ohm.

Cada una de las preguntas buscaba indagar el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes en cada una de las áreas que conforman el enfoque STEM como se observa en la figura 6, se puede detallar que, para el área de ciencias, en la asignatura de física se realizaron 2 preguntas (P1 y P2), buscando indagar el nivel de conocimiento a través de problemas relacionados con automóviles y sistemas de medición ultrasónica. Analizando los resultados el 66,66% de los estudiantes, comprenden la relación entre la distancia que recorre un objeto y el tiempo que se demora, comparados con el 33,34% que no soluciona de manera correcta situaciones en donde se aplican las variables de velocidad y desplazamiento. En la pregunta P2 el 44,44% de los estudiantes tiene claro las características de las ondas ultrasónicas, frente a un 55,56% que presentan problemas para identificar sus propiedades.

Las preguntas de Ingeniería planteadas fueron 3 (P3, P4 y P5), encauzadas sobre problemas de movimiento, desplazamiento a través de laberintos en donde debían aplicar una serie de instrucciones o indicaciones de control para influir en una máquina ya automatizada. Como resultados de esto se obtuvo en la P3 que el 59,25% de los estudiantes logró cumplir con las instrucciones frente a la lógica propuesta, en contraste con un 40,75% que no pudo identificar la situación lógica propuesta de manera gráfica. En la P4, el 40,75% de los estudiantes pudo identificar las partes de un sistema de control frente a un 55,25% que presentó confusión en este tipo de procesos. Para la P5, el 51,85% de los estudiantes, fue capaz de dar las instrucciones lógicas para salir del laberinto y un 48,15% se le complicó realizar la secuencia necesaria.

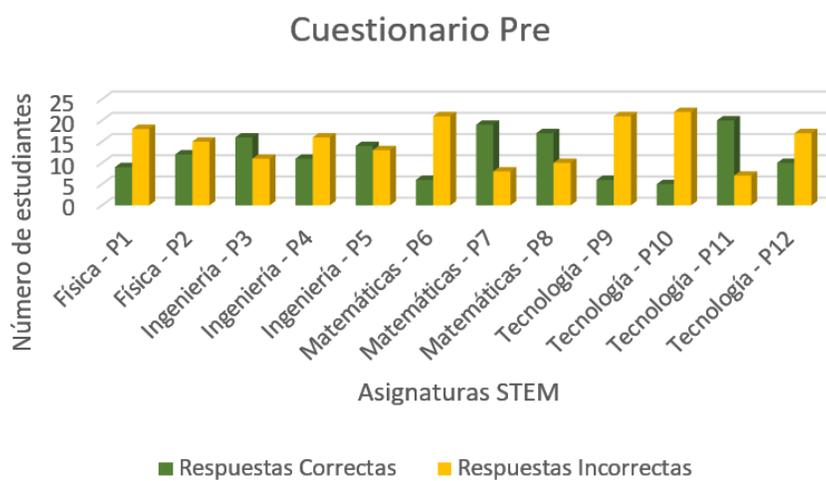
En el caso de las preguntas de matemáticas, se aplicaron 3 (P6, P7, P8), en donde se plantearon situaciones problema relacionados con las dimensiones y medidas de su propio hogar, la compra de materiales en diferentes lugares y el desplazamiento a través del mapa geográfico del municipio. Se obtuvo como resultado en la P6, que el 22,22% de los estudiantes, fueron capaces de tomar las medidas y dar las dimensiones correctas, frente a un 77,78% que cometieron errores al medir, realizar conversiones e identificar las figuras geométricas. En la P7, el 70,37% de los estudiantes realizó las operaciones matemáticas adecuadas de suma, resta, multiplicación y división, pero el 29,63% se equivocaron. En la P8, el 62,96% de los estudiantes logra ubicarse dentro de la zona geográfica, mientras que un 37,04% se desorienta.

En la asignatura de tecnología, se realizaron 4 preguntas (P9, P10, P11 y P12), mediante situaciones cotidianas y máquinas que se emplean en el taller de tecnología. Se analizaron los datos en la pregunta P9 y el 22,23% de los estudiantes comprende los conceptos de perímetro y radio en

un sistema circular uniforme, a comparación del 77,77% en que se evidencian los vacíos conceptuales en estas temáticas. En la P10 igualmente se aprecia que el 18,52% de los estudiantes comprende y aplica los conceptos eléctricos correctamente, frente al 81,48% que no los domina. En la P11, el 74,07% de los estudiantes diferencia correctamente las máquinas simples, comparado con el 25,93% que no logra hacerlo dentro de contextos cotidianos. En la P12, el 37,03% de los estudiantes son capaces de aplicar las ecuaciones de relación de transmisión de poleas o engranajes, frente a un 62,96% de ellos que no logra hacerlo.

Figura 6.

Resultados obtenidos del cuestionario pre-test



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el cuestionario pretest se intervino a la población objeto de estudio, aplicando actividades de refuerzo y los estudiantes comenzaron a construir el prototipo del robot sembrador para huerta casera, se organizaron tres momentos: primero, un trabajo dentro del aula de manera remota con herramientas digitales durante el primer trimestre del 2020, en horario extra curricular los días viernes en las horas de la tarde con una duración de 40 horas; el segundo, consistió en un trabajo fuera del aula de clase por equipos de trabajo, se llevó a cabo durante el segundo trimestre del 2020 y se estableció un espacio de 2 horas semanales en horario extra escolar en la jornada de la tarde hasta completar otras 20 horas; el tercero, mediante prácticas de laboratorio empleando materiales reales en el horario de clases se construyó el prototipo robótico para finalizar con la presentación y socialización del robot sembrador ante la comunidad educativa y la publicación de resultados en los medios digitales seleccionados.

Post-test

Con los datos obtenidos con el post-test, se aprecia un crecimiento en la conceptualización y utilidad de los contenidos impartidos con relación a las asignaturas STEM, como se observa en la figura 7, los estudiantes mejoraron su desempeño académico, apropiaron y dieron significado a los contenidos como fue en el área de ciencias naturales en la asignatura de física, los estudiantes aclararon sus conocimientos de velocidad y el tema de ondas de ultrasonido y desplazamiento, en la P1 y P2, se puede observar que los estudiantes obtuvieron una mejora en los conocimientos.

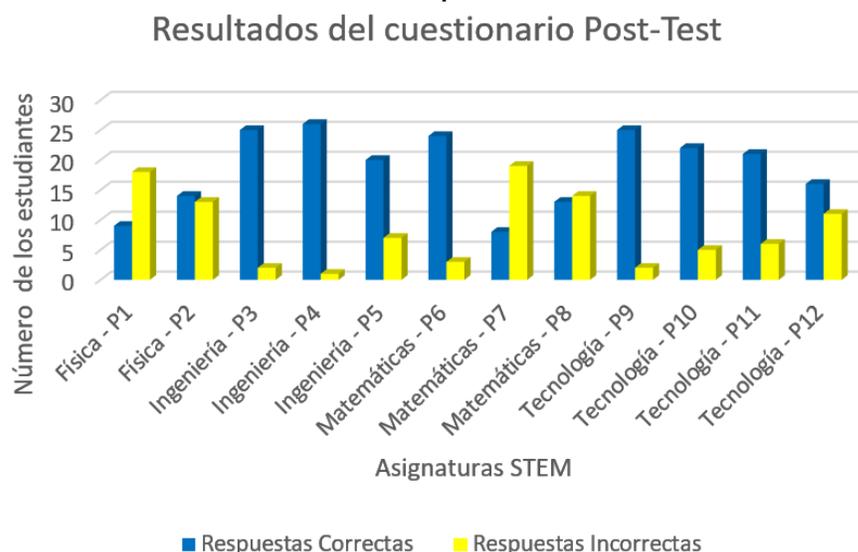
En Ingeniería, de acuerdo con las respuestas en la P3 y P4, los estudiantes mejoraron sus conceptos básicos en algoritmos de programación, aprendieron sobre los componentes de un sistema de control en un sistema robótico, encontrando un avance significativo con un 92,59%, en la pregunta P5, el 74% de los estudiantes comprenden y aplican de manera correcta la secuencia de una rutina de programación, pero todavía a un 26% se les dificulta. Finalmente, se obtuvo cambio positivo frente a los resultados iniciales.

Para Matemáticas los resultados muestran que en las preguntas P6, P7, P8, los estudiantes emplearon adecuadamente las operaciones básicas de manera correcta en los diferentes problemas propuestos, tuvieron dominio en el cálculo de distancias y del área de diversas figuras geométricas, ubicaron lugares dentro de un espacio geográfico, evidenciando una mejora en la comprensión, de los contenidos programáticos y mostraron resultados buenos en su desempeño.

En el área de Tecnología con relación a las preguntas P9, P10, P11, los estudiantes lograron comprender con total apropiación los conceptos con respecto a mediciones de perímetro y radio en un sistema de movimiento circular uniforme cotidiano; además, identificaron y diferenciaron las máquinas simples, dominaron la parte de conceptos eléctricos y los aplicaron en la construcción de prototipos robóticos; de la misma manera, en la pregunta P12, los estudiantes, lograron ver la utilidad de temáticas con relación a las poleas o engranajes en el caso de sistemas circulares para darle movimiento al robot.

Figura 7.

Resultados obtenidos del cuestionario pos-test



Fuente: Elaboración propia

Al realizar un análisis de los datos obtenidos en el pretest y el postest se evidencia que los estudiantes apropiaron sus conocimientos e integraron los conceptos de las diferentes áreas como fue: Matemáticas, Física, Tecnología e Ingeniería al emplear elementos como los motorreductores, placa de programación Arduino Uno, el sensor ultrasónico, componentes electrónicos y lenguajes de programación como ScrtachJR y Arduino IDE. Así mismo, vieron la utilidad de los resultados al ser formados con el enfoque STEM con las TICTAC al realizar las diferentes actividades para la elaboración de un sistema robótico con Arduino. Además, la metodología abordada ABP permitió el trabajo activo del estudiante dándole un rol protagónico y junto con la interacción

virtual por Google Meet, la presencia en el aula de clase y en el laboratorio, resultó ser bastante motivador y significativo, a la vez seleccionaron e hicieron uso de diferentes herramientas tecnológicas que fortalecieron específicamente la parte de ciencias naturales en física y matemáticas.

Discusión

El aprendizaje con el enfoque STEM con TICTAC, refuerza lo dicho por López, et al., (2020), en donde esta favorece el diseño ingenieril del estudiante al permitirle preguntarse, planificar, crear y mejorar sus propuestas, al generar soluciones a problemas del contexto, utilizando la robótica educativa con Arduino. Esta experiencia permitió a los estudiantes la experimentación y construcción de dispositivos con materiales accesibles, además, de lograr la contextualización de diferentes fenómenos naturales con el desarrollo de actividades que contribuyen a la problematización y los resultados a nivel científico para comprender sus efectos. La articulación de lo tecnológico en la educación, en las estructuras del conocimiento, pensamiento y valores, les permiten razonar, comprender y actuar en torno a la tecnología en sus distintas posibilidades (Solís, 2018).

Las herramientas digitales como documentos colaborativos de Google y Google Meet, se promovió actitudes de trabajo colaborativo; el uso de programas de programación, dinamizó las clases; Filmora y Canva, permitió el compartir los conocimientos adquiridos, de manera que este conjunto de recursos se volvió un aspecto motivador y de participación activa por parte de los estudiantes, incluso a pesar de estar en una situación de irregularidad académica. Lo cual converge con los resultados de las investigaciones de Mena y Brown (2018), promueven el aprendizaje significativo y general, una alta motivación en el uso de los mismos, para Lasso y Conde (2021), además de favorecer a la colaboración, el conocimiento práctico, al ritmo del estudiante, al igual Orozco (2020), concluye que las TAC incentivan la participación e interacción efectiva, creando un clima perfecto para aprender. Pero en lo que no se concuerda con el estudio de estos autores, es en que ellos no aplicaron un enfoque STEM.

En esta investigación, resultó ser bastante significativo los conocimientos relacionados con las asignaturas de Ingeniería y Tecnología, de igual manera se alcanzó un aumento moderado en ciencias naturales (Física) y matemáticas, lo cual se toma como una oportunidad para optimizar las propuestas aplicadas a los estudiantes a nivel de herramientas digitales, para así lograr una creación y desarrollo de experiencias centradas en las necesidades de aprendizaje del estudiante.

Para finalizar, con la metodología empleada, al igual que en la investigación de Suárez (2021), los estudiantes fueron agentes activos de su propio conocimiento, mejorando significativamente en temas de ingeniería como los componentes de un sistema de control robótico, rutinas y algoritmos de programación; en Tecnología en la comprensión de componentes electrónicos y del movimiento armónico simple en mecanismos con engranajes y poleas, logrando así afianzar el conocimiento interdisciplinar y dar sentido a las demás asignaturas STEM, de acuerdo con los autores Blas y Jaén (2018), quienes destacan la mejora en la enseñanza de la programación y de los circuitos, mientras construyen un “artilugio” real y de acuerdo Avendaño (2014) y (Barrera, 2015), quienes señalan que los robots educativos constituyen una herramienta de formación apropiada, debido a que aseguran un ambiente de aprendizaje activo; se comprueba una relación estrecha entre el uso de las ABP y la robótica en proyectos con enfoque STEM.

Conclusiones

Con la construcción del prototipo robótico sembrador de plantas para huerta casera con Arduino, los estudiantes dieron significado a las STEM, emplearon las TIC para su proceso de indagación documental y, las TAC dentro de un ambiente colaborativo, además se sintieron motivados para aprender al solucionar una problemática de su contexto.

Se evidenció cambios en los procesos de enseñanza aprendizaje porque los estudiantes fueron sujetos activos, al lograr afinidad entre la metodología ABP, pasando así a ser partícipes de su propio proceso de aprendizaje, de igual manera asimilaron los contenidos alrededor de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, integraron saberes interdisciplinarios, vieron la importancia del diálogo y negociación, de una forma más vivida, abierta y dinámica, construyendo y reconstruyendo su conocimiento, pasando de fenómenos complejos a la comprensión de estos, hasta llegar a volverse significativos.

Para concluir, las innovaciones en el campo educativo relacionadas con las TICTAC y el enfoque STEM, precisan de nuevos estudios orientados hacia procesos pedagógicos que transformen la malla curricular de las instituciones, un cambio de pensamiento individual a uno de colaboración mutua, pasando de asignaturas que trabajan de forma aislada a trabajar en sinergia, en pro de que los estudiantes puedan tener verdaderos espacios para el aprendizaje interdisciplinar con un sentido significativo y ajustado a la realidad del contexto.

Referencias bibliográficas

- Aparicio, O., y Ostos, O. (2018). El constructivismo y el construccionismo. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 115-120. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5610/561059326007/561059326007.pdf>
- Avendaño, A. (2014). *Módulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria* (tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Barrera, N. (2015). Uso de la robótica Educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 215-234. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/prasa/v6n11/v6n11a10.pdf>
- Blas, D., y Jaén, A. (2018). Experiencia didáctica con Arduino, el aprendizaje basado en proyectos como metodología de trabajo en el aula de secundaria. *Revista Educativa Hekademos*, 73-83. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6789674>
- Cabero, J. (2007). *Tecnología Educativa*. España: McGraw-Hill.
- Camboza, J., Yáñez, M., y Rivas, C. (2021). El uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Cuadernos de educación y desarrollo*, 1-11. <https://www.eumed.net/uploads/articulos/24f38807a68414015be264023a0fb0b9.pdf>
- Carneiro, R., Toscano, J., y Díaz, T. (2021). *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. España: Fundación Santillana. <https://www.oei.es/uploads/files/microsites/28/140/lastic2.pdf>
- Erausquin, C. (2014). La teoría histórico-cultural de la Actividad como artefacto mediador para contruir Intervenciones e Indagaciones sobre el Trabajo de Psicólogos en Escenarios Educativos. *Revista Segunda Epoca*, 13, 173-197.
- Ferrada, C., Díaz, D., Salgado, N., y Puraivan, E. (2019). Análisis bibliométrico sobre educación STEM. *Revista Espacios*, 1-12. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n08/a19v40n08p02.pdf>
- García, J., y Pérez, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos: método para el diseño de actividades. *CEF*, 37-63.

- Guerrero, J., Vite, H., y Feijoo, J. (2020). Uso de la Tecnología de Información y Comunicación y las Tecnologías de Aprendizaje y Conocimiento en tiempos de Covid-19 en la educación superior. *Revista Conrado*, 338-345.
- González, M., Flores, Y., y Muñoz, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka*, 101-119. <https://www.redalyc.org/journal/920/92065360002/html/>
- Hernández, R., Fernández, C., y Bautista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Lasso, L., y Conde, K. (2021). Khan Academy como herramienta en el aprendizaje de las matemáticas y la programación. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 225-250.
- López, V., Couso, D., y Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia*, 1-29.
- Maese, J., Alvarado, A., Valles, D., y Báez, Y. (2016). Coeficiente alfa de Cronbach para medir la fiabilidad de un instrumento difuso. *Cultura Científica y Tecnológica*, 146-156. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1455>
- Martín, O., y Santaolalla, E. (2020). Educación STEM - Formación con conciencia. *Padres y Maestros*, 41-48.
- MEN. (1994). Ley general de Educación. *Ministerio de Educación Nacional, Colombia*, 1-50. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-85906_archivo_pdf.pdf
- MEN. (2008). Ser competente en tecnología, una necesidad para el desarrollo. *Ministerio de Educación Nacional*, 1-32.
- Mena, A., y Brown, M. (2018). *Mediación de las TIC para el aprendizaje autónomo en estudiantes de secundaria* (Tesis de maestría). Universidad de la Costa, San Andrés Isla, Colombia.
- Moreno, A., y Córcoles, S. (2017). *Aprende Arduino en un fin de semana*. Time of Software.
- Orozco, M. (2020). *Enseñanza eficaz y uso de las TAC: Caracterización de las prácticas docente en UABC* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma baja California, México.
- Porcuna, P. (2016). *Robótica y domótica basada con Arduino*. España: Ra-ma.
- Roca, F. (2021). *La robótica educativa como herramienta de desarrollo del pensamiento computacional en al Educación Primaria*. (Tesis de maestría): Universitat Oberta de Catalunya, España.
- Sánchez, E. (2019). Educación STEM y cultura maker. *Padres y Maestros*, 45-51. <https://revistas.comillas.edu/index.php/padresymaestros/article/view/11742/10977>
- Solís, U. (2018). Aprendizaje basado en proyectos con Arduino para los cursos de física en Bachillerato. *Latin-American Journal of Physics Education*, 1-7. http://www.lajpe.org/dec18/12_4_14.pdf
- Suárez, A., García, D., Martínez, P., y Martos, J. (2018). Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos matemáticos en la Educación Primaria. *Magister*, 43-54. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6722243>
- Suárez, L. (2021). La huerta escolar con el uso de las TIC, la excusa perfecta para resolver problemas matemáticos, *Sophia*, 17(2), 1-10. doi:10.18634/sophiaj.
- Tigse, C. (2019). El constructivismo, según bases teóricas de César Coll. *Revista Andina de Educación*, 25-28.

- Torres, P., y Cobo, J. (2017). Tecnología educativa y su papel en el logro de los fines de la educación. *Educare - Revista Venezolana de Educación*, 31-40. <https://www.redalyc.org/journal/356/35652744004/html/>
- Yoza, A., y Veléz, C. (2021). Aporte de las tecnologías del aprendizaje y conocimiento en las competencias digitales de los estudiantes en educación básica y superior. *Revista Innova Educación*, 3(4), 58-70.
- Zavala, G. (2020). *Sistema de control domótico basada en tecnología Arduino* (Tesis de pregrado). Universidad del sur de Manabí, Ecuador.