

Introducción a la robótica educativa en zonas rurales para la elaboración de un detector de obstáculos controlado mediante una app móvil

Phd. Cristian Barria

Universidad Mayor, Chile
cristian.barria@mayor.cl

Phd. Clara Lucia Burbano

Institución Universitaria Antonio José Camacho, Colombia
clara_893@hotmail.com

Esp. Carlos Wilfreth Cuellar Anturi

Corporación Universitaria Comfacaucua, Colombia
carloscuellar@unicomfacaucua.edu.co

Esp. Daniel Fernando Draco

Corporación Universitaria Comfacaucua, Colombia
danieldraco@unicomfacaucua.edu.co

Esp. Willintonn Fidel Ortiz

Corporación Universitaria Comfacaucua, Colombia
wortizx@gmail.com

Fecha de Recepción: 24 de Mayo de 2020 - Fecha de Aceptación: 10 de Octubre de 2020

Resumen: Este artículo describe la implementación de un prototipo robótico evasor de obstáculos, controlado mediante la interacción de una placa Arduino y como un aplicativo móvil fortalece el procesos de aprendizaje en los estudiantes de grado décimo del colegio Agropecuario Hermes Martines ubicado en el municipio de Morales-Cauca, propiciando la alfabetización digital, a través de la integración de áreas de conocimiento emergentes, “ programación y robótica”, facilitando recursos digitales, propuestas pedagógicas, que ayuden a mediar el aprendizaje en modelos pedagógicos tradicionales del saber “ciencias naturales” [1], para desarrollar habilidades de pensamiento crítico resaltando la toma de decisiones y solución de problemas en relación al pensamiento computacional, orientadas a expresar ideas con argumento a partir de la lógica, simboliza situaciones de la cotidianidad y realizar síntesis; Destrezas necesarias en el desarrollo de una sociedad enfocadas en el conocimiento. La metodología para recolectar la información consistió en: aplicar un pretest y un postest al grupo de décimo grado, para medir las habilidades de pensamiento crítico, donde se recolectó una muestra de 20 estudiantes. Los test contaban con ejercicios para evaluar los procesos que intervienen en las habilidades del pensamiento crítico investigadas; luego de aplicar el pretest al grupo experimental, se hizo la implementación del prototipo con los estudiantes, Los resultados obtenidos reflejaron que las habilidades de pensamiento crítico fueron potenciadas en un 25% por encima del pretest. Se concluye que la implementación de mediaciones tecnológicas como la programación en bloques y la robótica motivan al estudiante y propician un mejor ambiente de aprendizaje[2], permitiendo así incrementar las habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes.

Palabras Clave: Robótica educativa, aplicación móvil, placa Arduino, mediación tecnológica, aprendizaje, pensamiento crítico-reflexivo.



Abstract: This article describes the implementation of a robotic obstacle avoidance prototype, controlled by the interaction of an Arduino board and as a mobile application, it strengthens the learning processes in the tenth grade students of the Hermes Martines Agricultural School located in the municipality of Morales-Cauca. , promoting digital literacy, through the integration of emerging knowledge areas, “programming and robotics”, facilitating digital resources, pedagogical proposals, that help mediate learning in traditional pedagogical models of knowledge “natural sciences” [1], to develop critical thinking skills highlighting decision making and problem solving in relation to computational thinking, aimed at expressing ideas with argument from logic, symbolizing everyday situations and synthesizing; Necessary skills in the development of a knowledge-focused society. The methodology to collect the information consisted of: applying a pretest and a posttest to the tenth grade group, to measure critical thinking skills, where a sample of 20 students was collected. The tests had exercises to evaluate the processes involved in the critical thinking skills investigated; After applying the pretest to the experimental group, the prototype was implemented with the students. The results obtained reflected that critical thinking skills were enhanced by 25% above the pretest. It is concluded that the implementation of technological mediations such as block programming and robotics motivate the student and promote a better learning environment [2], thus allowing students to increase their critical thinking skills.

KeyWords: Educational robotics, mobile application, Arduino board, technological mediation, learning, critical-reflective thinking.

1 | Introducción

La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), como mediación tecnológica en la educación, es contemplada como un acontecimiento importante en la educación del siglo XXI. La robótica educativa se ha popularizado como una actividad educativa a nivel internacional en estos últimos años; siendo importante resaltar un creciente número de centros educativos y otros tipos de instituciones la están incluyendo en su oferta educativa, Dando oportunidad a niños y jóvenes de construir su propio robot controlado por computadora[3], permitiendo fortalecer habilidades del pensamiento crítico que es una forma de razonamiento profundamente reflexivo, en el cual, se integran múltiples factores de análisis, percepciones, razonamientos, que afectan la forma de actuar en la vida cotidiana; el pensamiento crítico ayuda a mejorar las expectativas de vida del sujeto. Debido a que el pensamiento crítico es un proceso racional e intersubjetivo, el cual es afectado por distintos factores sociales, culturales, educativos, psicológicos que inciden en el sujeto en la toma de decisiones[4], por tanto el artículo plantea incrementar las habilidades de PC mediante la temática de robótica educativa utilizando como medio la construcción de un prototipo robótico evasor de obstáculos controlado por una aplicación móvil. Para cumplir con ese objetivo, surge la necesidad de abordar tres categorías conceptuales como fueron: “aprendizaje, mediaciones tecnológicas y pensamiento crítico-reflexivo” apoyado en un saber específico como la robótica educativa, permitiendo a los alumnos despertar un interés en el uso de nuevas tecnologías y fortaleciendo habilidades como razonamiento deductivo, razonamiento inductivo, razonamiento práctico, solución de problemas y toma de decisiones, utilizando como herramientas didácticas

Scratch, Fritzing y App inventor. Tomando como referencia Las preguntas del test HCTAES-Test de Halpern y del test PENCRIASAL que fueron utilizados para la evaluación del pensamiento crítico en los estudiantes, que fueron alojados en un LMS (Sistema de Gestión de Aprendizaje) como Moodle donde los estudiantes ingresaban al entorno y resolvían los test, los resultados fueron tratados mediante el software de tratamiento de datos SPSS 24, que es utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas y gráficas con data compleja. Para el desarrollo del estudio, fue necesario segmentar mediante tres categorías a saber: la primera, es el aprendizaje mediante la conceptualización de la robótica para luego realizar la construcción de un prototipo robótico evasor de obstáculos; la segunda categoría es la mediación tecnológica en donde se destacó la alfabetización en el uso de herramientas TIC para la adquisición de una fluidez tecnológica; y la última categoría, es el pensamiento crítico-reflexivo por medio del cual se gesta la adaptación de la tecnología para que el estudiante comprenda cómo se desarrolla y cuál es el propósito que tienen los recursos de información y comunicación (RIC) para adquirir habilidades cognitivas, tecnológicas y comunicativas[5]. Este artículo propone la aplicación de la robótica educativa como método de aprendizaje para la construcción de un prototipo robótico evasor de obstáculos controlado mediante una aplicación móvil por medio del área de informática, para mejorar habilidades cognitivas, tecnológicas y comunicativas en relación con el pensamiento crítico de los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Agropecuaria Hermes Martínez del municipio de Morales – Cauca. Se lograron establecer un modelo de capacitación que comprenda el uso de la robótica y el manejo de las herramientas TIC, permitiendo a los estudiantes obtener bases conceptuales para el fortalecimiento de habilidades de pensamiento crítico.

Se comparó el nivel de habilidades de PC de los estudiantes después de utilizar la metodología y el manejo de las herramientas TIC respecto al nivel de habilidades de PC que se tuvo antes de aplicar el método y se definieron los recursos de información y comunicación que faciliten en los estudiantes el desarrollo de aplicaciones móviles para dispositivos Android y la creación de circuitos basados en Arduino. Por medio de la robótica educativa, el uso de referentes pedagógicos y didácticos, implementados en un LMS (Moodle) generan el proceso de adquisición de habilidades de pensamiento crítico, en relación con mediaciones tecnológicas articulados al uso de recursos de información y comunicación en estudiantes grado décimo de la Institución Educativa Agropecuaria Hermes Martínez del municipio de Morales – Cauca.

2 | Metodología

Se realizó un estudio que utilizó con una metodología de tipo proyectiva, confirmativa e interactiva, con enfoque mixto[6]. La muestra está compuesta por 20 estudiantes que se encontraban cursando el grado décimo de la Institución Educativa Agropecuaria Hermes Martínez del municipio de Morales – Cauca. Durante el segundo periodo de 2018. Para ello, se utilizaron dos cuestionarios denominados Test de pensamiento crítico, el primero “Test HAPE-IT” con 70 ítem que miden las habilidades del pensamiento crítico y “Test Pencrisal” con 40 ítem que mide la satisfacción de los estudiantes sobre la herramienta TIC utilizadas[7]. Para el análisis de los datos se recurrió al programa informático Statistical Package for the Social Sciences (versión 21, IBM SPSS).

3 | Desarrollo

El inicio de las actividades, se realizó una demostración a los estudiantes con un prototipo robótico ya estructurado, siendo controlado a través de una aplicación móvil. la idea principal fue motivarlos a realizar el proceso de aprendizaje de esta nueva temática, con buena disposición y entusiasmo aptitudes necesarias para lograr satisfactoriamente la culminación del proyecto, en la Fig. [1] se indica el prototipo evasor de obstáculos de muestra.

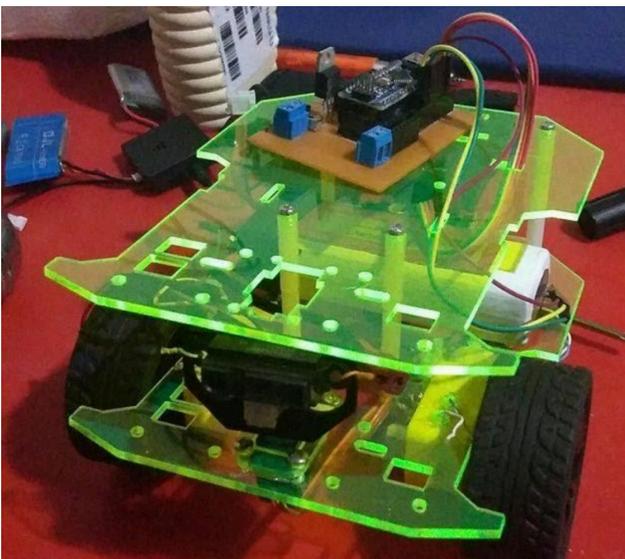


Fig. 1 Prototipo evasor de obstáculos.

En la Fig. 2, se puede observar el diseño de la aplicación móvil en un sistema Android, en ella se encuentra la distribución de los botones de control debidamente nombrados.



Fig. 2 Aplicativo móvil.

Tomando como referencia el prototipo robótico de la Fig. 1 y la aplicación móvil de la Fig. 2, se procede a introducir a los estudiantes en la temática sobre robótica educativa, teniendo en cuenta la falta de conocimientos y experiencia de los estudiantes se realizaron varias sesiones de capacitación sobre los conceptos básicos de robótica, electrónica y electricidad como se muestra en la Fig. 3.



Fig. 3 Capacitaciones.

De la misma manera, se realizaron procesos de inducción en las herramientas tecnológicas Scratch, App Inventor, Arduino y fritzing utilizadas en el transcurso del proyecto. Los estudiantes demostraron gran interés y aceptación en los conceptos básicos de cada temática, permitiéndonos continuar con el proceso de descarga e instalación del software Fig. 4.



Fig. 4 Descarga e instalación Scratch y App inventor.

Una vez adquirieron los conocimientos básicos de programación por bloques, necesaria para crear una aplicación móvil en el entorno App Inventor, se procede a crear una cuenta de Gmail a cada estudiante, que le permitirá posteriormente ingresar en el software libre de App Inventor. En la Fig. 5, se evidencia cómo los estudiantes interactúan con la herramienta App inventor, creando sus propios diseños de aplicación móviles.



Fig. 5 Elaboración de Aplicativo.

La elaboración de la aplicación móvil por parte de los estudiantes permitió en los estudiantes la implementación del prototipo robótico evasor de obstáculos, dando como resultado crear su propio carro robótico controlado por el aplicativo desarrollado; Para empezar la construcción del prototipo robótico, se formaron tres grupos de trabajo, cada uno elaboraba una parte específica del robot, instalando el software libre de programación y monitoreo de la placa Arduino, que permitió

controlar los movimientos del robot. Además de la instalación de Fritzing para elaborar y probar el funcionamiento de cada circuito electrónico de forma virtual, y finalmente realizar la implementación del hardware. Para el caso del grupo número uno, se asigna la tarea del proceso de comunicación del robot con el dispositivo móvil vía bluetooth, realizando correspondientes conexiones físicas del módulo bluetooth HC-06 con la placa Arduino como se muestra en la Fig. 6.



Fig. 6 Comunicación vía bluetooth.

La Fig. 7, se observa las conexiones del módulo bluetooth HC-06 con la placa Arduino, comprobando el funcionamiento en la herramienta Fritzing el cual los estudiantes lo siguieron a cabalidad.

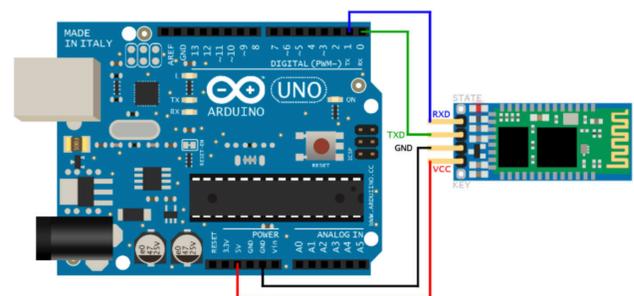


Fig. 7 Conexión módulo bluetooth con placa Arduino.

El segundo grupo se dedicó a la detección de objetos. Con el fin de darle una ubicación al robot con el entorno en donde se va a desplazar, la detección de objetos se hizo por medio del sensor Sharp y el rango de visión que es de 0 a 180 grados lo permite el micro-servo.

En la Fig. 8, se evidencia las conexiones del sensor Sharp y el micro-servo, practicándole pruebas de calibración por medio del cable de datos, conectando la placa Arduino y el puerto serial del computador.



Fig. 8 Sensor de proximidad.

En la Fig. 9, se muestra la correcta conexión de micro-servo con la placa Arduino, permitiendo una movilidad de 0 a 180 grados, imagen tomada de la herramienta Fritzing para comprobar el funcionamiento e implementación.

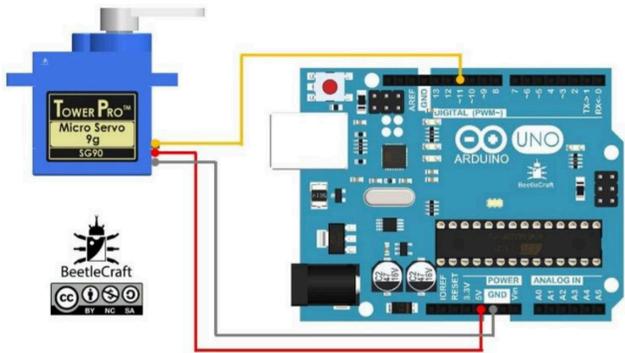


Fig. 9 Conexión micro-servo con placa Arduino.

En la Fig. 10, se indica la conexión estándar del sensor Sharp con la placa Arduino, permitiendo obtener información de a qué distancia se encuentran los objetos.

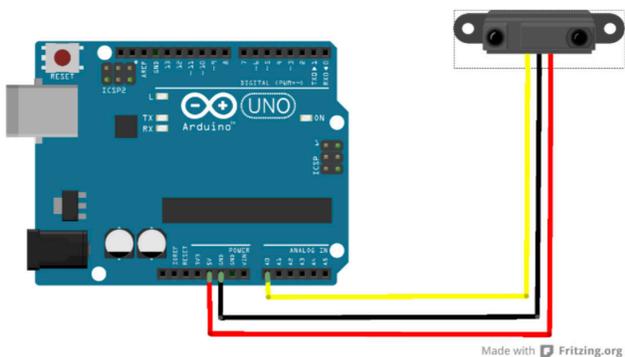


Fig. 10 Conexión sensor Sharp con placa Arduino.

El tercer y último grupo estableció la parte de potencia para el control de giro de los motores por medio del driver puente H L298N, que permiten el desplazamiento del robot en diferentes direcciones, adelanté, atrás, a la derecha o a la izquierda como se evidencia en la Fig. 11.



Fig. 11 Control de motores.

En la Fig. 12, se indica la conexión correcta del driver puente H L298N con la placa Arduino, que permite el control de giro de los motores en distintas direcciones, de igual manera el circuito fue elaborado y probado en la plataforma Fritzing para un buen funcionamiento a la hora de implementar en físico.

Por último, pasando a la implementación del prototipo se realiza la unión de los circuitos elaborados por cada grupo. dándole una forma estética y funcional, instalando cada circuito en el chasis del prototipo robótico, comunicando cada circuito con el micro controlador Arduino para que funcionen en conjunto, una vez se procede a la programación del Arduino, comunicando el puerto serial del computador con el cable USB hacia el controlador Arduino y así cargarle el código.

En la Fig. 13, se muestra la conexión de los distintos circuitos elaborados en un solo circuito, este elemento se elaboró en el entorno didáctico Fritzing que permitió analizar el funcionamiento e implementarlo físicamente.

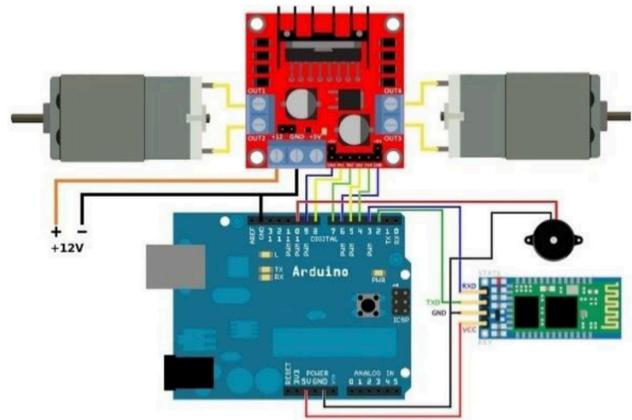


Fig. 13 Esquemático del sistema montado

La Fig. 14, se muestra el circuito completo y la conexión del módulo bluetooth, el sensor Sharp, micro-servo y la placa Arduino, todos estos componentes en un mismo circuito para pasar a instalar en el chasis.



Fig. 14 Implementación del circuito y su socialización.

En la Fig. 15 y Fig. 16, se muestra la instalación de los circuitos en la protoboard y posteriormente con el chasis del robot, instalando las llantas con sus respectivos motores y el circuito de potencia con el driver puente H L298N, colocando la fuente de alimentación que energizara todo el sistema con cuatro baterías AA a 130mAh y 12 voltios.



Fig. 15 Implementación del sistema en los grupos de trabajo.



Fig. 16 Verificación de funcionamiento en los grupos de trabajo.

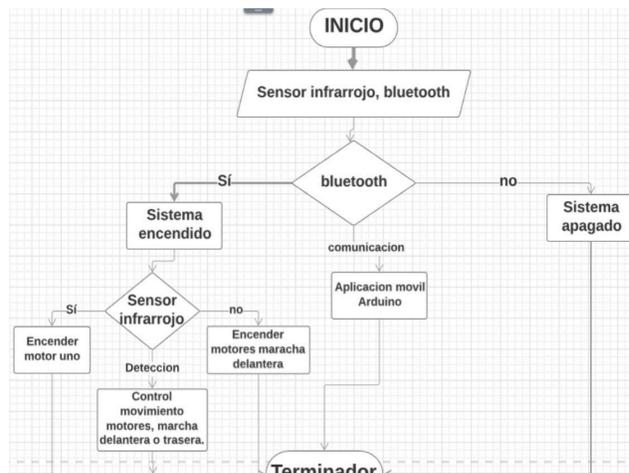


Fig. 17 Diagrama de flujo de la Implementación.

a. Programación por bloques App Inventor

En la Fig. 18, se muestra la programación por bloques de la aplicación móvil, creado en el entorno App inventor de Google, donde se indica la comunicación bluetooth del dispositivo móvil con el módulo bluetooth del robot.

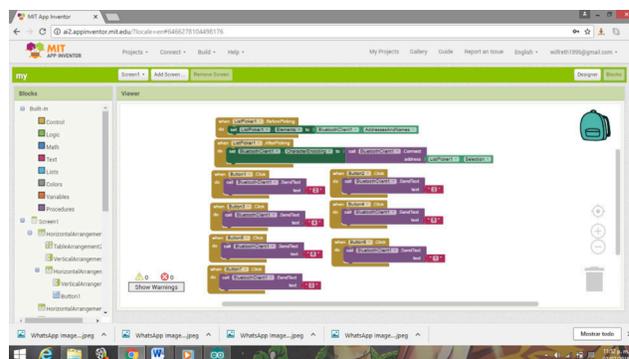


Fig. 18 Diseño de aplicación móvil en App Inventor.

4 | Resultado

Se alcanzaron resultados muy satisfactorios en el desarrollo de todo el proyecto, puesto que los estudiantes mostraron muchos interés en la temática que se les estaba transmitiendo, cumpliendo los objetivos con sus respectivas actividades, utilizando Scratch como entorno básico de programación por bloques y complementando con una herramienta virtual robusta para la creación de aplicaciones.

Utilizando el entorno de aprendizaje fritzing para crear y probar circuitos electrónicos, se logró de una forma segura la elaboración de circuitos funcional, los cuales motivaron a los estudiantes ver como algo virtual a la hora de implementarse físicamente cumplían con el mismo funcionamiento.

En la plataforma Arduino para el control del prototipo robótico los estudiantes siempre contaron con acompañamiento para la programación y conexión de la placa, teniendo en cuenta que los estudiantes no tenían ningún conocimiento a la hora de manejar un entorno de programación[1].

En la Fig. 19, se presenta el funcionamiento de prototipo robótico con su aplicación móvil que permite el control de movimientos del mismo.



Fig. 19 Funcionamiento del sistema en entorno real

Culminando las actividades de capacitación, interacción de las herramientas propuestas, la implementación del software y hardware, los estudiantes se dedicaron a la construcción del prototipo robótico, elaborando su respectivo circuito para lograr su funcionamiento, cada grupo terminó satisfactoriamente lo establecido a realizar y así lograr desarrollar habilidades tanto cognitivas como sociales y comunicativas.

En la Fig. 20 y Fig. 21 se puede observar cómo quedó el diseño del prototipo robótico detector de obstáculos funcional con su aplicación móvil que controla los movimientos del robot, construido por los estudiantes.

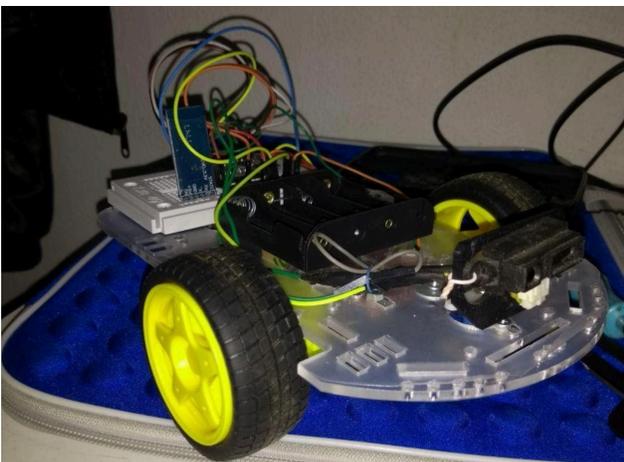


Fig. 20 Prototipo robótico



Fig. 21 Prototipo robótico

5 | Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico de los datos se tomó una muestra no probabilística por conveniencia según Hernández, Fernández y Baptista, 2014, donde los sujetos se escogieron en función de la disposición a ser estudiados. Además, un criterio para la selección de la muestra fue su edad, que debía estar en un rango entre 14 y 16 años, siendo esa una de las variables a tener en cuenta en la adaptación del Test Pencilal.

Para la aplicación de los dos instrumentos (Test Pencilal y test Hape-IT) de recolección de datos, se escogieron como población a 20 estudiantes de grado décimo de la institución educativa Hermes Martínez del municipio de Morales – Cauca. Durante el segundo periodo de 2018 y la muestra corresponde a 13 sujetos que equivale a un 65% de los estudiantes de grado undécimo, llamado un focus grup o grupo focal en español. Esto con el fin de tener un referente porcentual que permita contrastar los resultados en cada una de las habilidades del PC y su relación con el método aplicado, con fines de potenciar dichas Habilidades de PC implementando estrategias didácticas apoyadas en TIC.

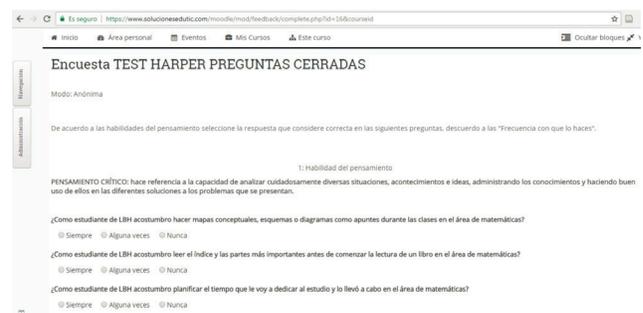


Fig. 22 Test de HARPER (Test Pencilal, Test Hape-IT)

Para realizar la Validación de datos se utilizó el Coeficiente Alfa de Cronbach, que requiere una sola administración del instrumento de medición y produce valores que oscilan entre 0 y 1. Su ventaja reside en que no es necesario dividir en dos mitades a los ítems del instrumento de medición, simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente” (Hernández et al., 2003c d). En este estudio se utilizó el software SPSS versión 6. “El valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0.7; por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja” (Celina y Campo, 2005). Este valor manifiesta la consistencia interna, es decir, muestra la correlación entre cada una de las preguntas; un valor superior a 0.6 revela una fuerte relación entre las preguntas, un valor inferior revela una débil relación entre ellas. No es común, pero el alfa de Cronbach puede arrojar un valor negativo, esto indica un error en el cálculo o una inconsistencia de la escala.

Fiabilidad

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	12	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	12	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,648	21

Fig. 23 Habilidades del pensamiento crítico,

Los datos obtenidos mediante el programa de análisis estadístico SPSS v20 a partir de los instrumentos de medición con respecto a cada habilidad de pensamiento crítico, reflejan que los estudiantes apenas alcanzan un nivel de 40% en razonamiento inductivo, 36% de razonamiento deductivo, 45% de razonamiento práctico, 41% de toma de decisiones y 34% de solución de problemas, lo que representa una puntuación básica para el desarrollo de cada habilidad[9].



Fig. 24 Habilidades de pensamiento crítico-pretest.

Después de realizar la capacitación se realizó el pos-test obteniendo los siguientes resultados:



Fig. 25 Habilidades del pensamiento crítico.

Los datos obtenidos mediante el programa de análisis estadístico SPSS v20 a partir de los instrumentos de medición con respecto a cada habilidad de pensamiento crítico, reflejan que los estudiantes alcanzan un nivel de 60% de razonamiento inductivo, 72% de razonamiento deductivo, 73% de razonamiento práctico, 61% de toma de decisiones y 62% de solución de problemas, con un valor de fiabilidad de 0.726 del Alpha de cronbach.

Fiabilidad

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	13	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	13	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,726	21

Fig. 26 Fiabilidad

6 | Resultados estadísticos

Análisis comparativo entre el Pretest y el Postest

A continuación, se presenta un gráfico comparativo que relaciona los resultados del Pretest con respecto a los resultados del Postest. La información permite contrastar los puntajes ponderados con los análisis hechos, además, se puede evidenciar un incremento de 112,61 puntos en el puntaje total de reactivos, también es de resaltar las habilidades: razonamiento deductivo y razonamiento practico lograron aumentarse en 34% y 25% respectivamente, Cabe destacar los ponderados en la habilidad solución de problemas que logro un incremento 25% con respecto al pretest.

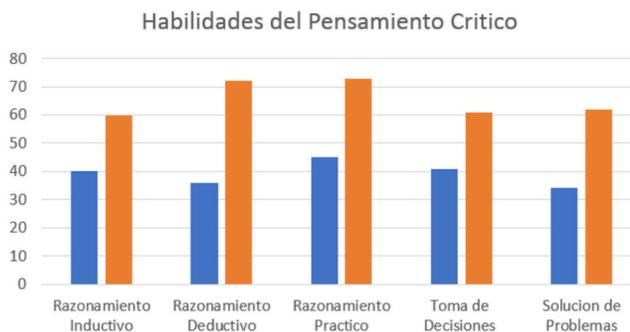


Fig. 27 Resultados habilidades del pensamiento crítico.

7 | Conclusiones

Se evidenció, que, si bien el desarrollo del pensamiento crítico es un objetivo base del proceso educativo, en la práctica no se está logrando como se espera, por lo tanto, se hace necesario una reflexión crítica acerca de las estrategias de aprendizaje en la institución educativa, evaluando su pertinencia y efectividad para el desarrollo y fortalecimiento de las cinco habilidades que conllevarán a la formación de individuos críticos y reflexivos frente al mundo que los rodea. Por lo tanto, es necesario continuar estudiando el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes de educación media y la forma en que las TIC y la robótica educativa influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con el uso de tutoriales y medios audiovisuales, los estudiantes lograron obtener un progreso significativo en la programación por bloques, utilizando el entorno Scratch y Arduino, permitiendo de esa forma potenciar el aprendizaje de la robótica educativa, fomentando la creación de aplicaciones móviles con App Inventor [10].

El uso de Scratch puede tener impacto en campos de conocimiento que, si bien se circunscriben al pensamiento computacional, no se limitan al aprendizaje de la programación. Así, es importante destacar la contribución que hace el uso del entorno de programación para aprender cómo modelar la realidad en términos de variables que interactúan y así promover un pensamiento más abstracto.

La robótica educativa enfocada a la aplicación de nuevas tecnologías permitió a los estudiantes adquirir conocimientos nuevos y reforzar los ya existentes, en áreas básicas como física, inglés y matemáticas de la misma manera incrementaron las habilidades de pensamiento crítico en 112,61 puntos en el puntaje total de reactivos.

Referencias

- [1] A. Ministerio de educación, «Guía didáctica», 2018.
- [2] R. Alfonso, A. Escobar, G. Yaneth, A. Soto, E. P. B. Terán, y R. Esta, «La Robótica Pedagógica como Herramienta para la Construcción de Aprendizajes Significativos en el Aula 1», pp. 1-34.

[3] R. (ed. . Roig-Vila, EDUCación y TECnología. Propuestas desde la investigación y la innovación educativa, n.o January 2016. 2016.

[4] L. Loe, «La Importancia Del Contexto En El Proceso De Enseñanza-Aprendizaje 1.-Fundamentación Normativa», pp. 41-42, 2017.

[5] R. L. Katz, «El Observatorio De La Economía Digital De Colombia», pp. 1-44, 2017.

[6] G. Rodríguez G., J. Gil F., y E. García J., «Metodología de la investigación cualitativa». pp. 1-376, 1999.

[7] S. Fernández y C. Saiz, «Validación y propiedades psicométricas de la prueba de pensamiento crítico penscrisal», REMA - Rev. Electrónica Metodol. Apl., vol. 17, n.o 1, pp. 18-34, 2012.

[8] M. Pinto, N. Barrera, y W. Pérez, «Uso De La Robótica Educativa Como Herramienta En Los Procesos De Enseñanza», Ing. Investig. y Desarro. «I² +D», vol. 10, n.o 1, pp. 15-23, 2010.

[9] C. Wilson et al., «Enfoque social y pensamiento crítico dentro del aula de clase mediado por el uso de las TIC: una propuesta didáctica alternativa.», Serrano Aspilla, nelson Andres Mora Puerta, Man. Arcadio, vol. 4, n.o 6, p. 6, 2002.

[10] Código 21 tecnologías creativas. (s.f). Primeros pasos con App Inventor 2. Recuperado de <http://codigo21.educacion.navarra.es/autoaprendizaje/primeros-pasos-con-app-inventor-2/>

[11] R Fernández J.C, L Millán A, R Salgueiro J.L, la problemática en la medición del aprendizaje organizativo: una revisión, <https://www.researchgate.net/publication/28186560>

[12] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-channel.html>

[13] Ramírez, P. A. L., & Sosa, H. A. (2013). Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias. Revista Educación, 37(1), 43-63. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=90612939&lang=es&site=ehost-live>

[14] Reballing.es. (2011). Fritzing programa de automatización de diseño electrónico. Recuperado de <http://www.reballing.es/viewtopic.php?t=1995>