

Vol. 6, No. 2 | 2026

ARJEAD

ARTÍCULO

Aplicación de Retos de Robótica y STEAM para
Desarrollar Pensamiento Creativo en Educación Media

*Using Robotics and STEAM Challenges to Develop
Creative Thinking in Secondary Education*

Andrés Leonardo Albarracin-Montaña
San Juana Aguilera-Rubalcava

Recepción: 21-04-2025 | Aceptación: 06-11-2025

Recepción: 21-04-2025 | Aceptación: 06-11-2025

Aplicación de Retos de Robótica y STEAM para Desarrollar Pensamiento Creativo en Educación Media

Using Robotics and STEAM Challenges to Develop Creative Thinking in Secondary Education

Andrés Leonardo Albarracín-Montaña¹, San Juana Aguilera-Rubalcava²

¹Instituto Técnico Santo Tomás de Aquino, Duitama, Colombia email: 5922@ucuahuemoc.edu.mx

²Universidad Autónoma de Aguascalientes, México, email: juana.aguilera@edu.uaa.mx

Resumen

El desarrollo del pensamiento creativo es vital para encontrar soluciones innovadoras a los problemas sociales que enfrentamos día a día y que no se han podido resolver con las estrategias existentes. Por ello, el presente estudio tuvo por objetivo analizar los efectos de la exposición a los retos de robótica sobre la mejora de la creatividad en estudiantes de media técnica en electrónica, mediante la metodología de enseñanza-aprendizaje STEAM+Design Thinking. Se diseñaron retos de robótica basados en las dos principales actividades económicas del departamento de Boyacá, Administración pública y Hotelería y turismo, para que los estudiantes propusieran una solución mediante el diseño y construcción de prototipos robóticos con tecnologías Arduino y VEX.

Se empleó un diseño pretest-posttest con grupo control, usando muestreo por conveniencia con grupos intactos (experimental: n=26; control:

n=25). Se usaron las pruebas de medición de la creatividad CREA y PIC-J, además, para el grupo experimental, se utilizó una rejilla de evaluación de retos de robótica. Los resultados evidenciaron una mejora significativamente el nivel promedio de creatividad del grupo experimental, medida con la prueba PIC-J, $w=42, p<0.001, r=-.74$, mientras que en el grupo control no presentó variación significativa. Esta investigación es una demostración contundente de que la robótica educativa puede usarse como medio para el desarrollo de la creatividad a partir de la solución de retos de Robótica.

Palabras Clave: Creatividad, Design Thinking, Kit de Robótica, Retos de Robótica, STEAM

Abstract

The cultivation of creative thinking is essential for devising innovative solutions to contemporary social challenges, many

of which remain unresolved by conventional strategies. Consequently, the aim of this study was to analyze the effects of exposure to robotics challenges on the improvement of creativity in technical high school students majoring in electronics, through STEAM+Design Thinking methodology. Robotics challenges were tailored to reflect the primary economic sectors of the Boyacá department, namely Public Administration and Hospitality/Tourism, enabling students to propose solutions through the design and construction of robotic prototypes using Arduino and VEX technologies, within a STEAM+Design Thinking learning framework.

A pretest-posttest comparison group design was employed through convenience sampling of intact groups (experimental: n=26; control: n=25). Creativity was assessed using the CREA and PIC-J tests. Additionally, a rubric was employed to evaluate robotics challenge performance within the experimental group. The findings revealed a statistically significant enhancement in the average creativity scores of the experimental group, as measured by the PIC-J test, $w=42, p<0.001, r=-.74$, whereas the control group exhibited no significant change. This research provides evidence of educational robotics efficacy as a tool for cultivating creativity through problem-solving within robotics challenges.

Keywords: Creativity, Design Thinking, Robotics Challenges, Robotic Kit, STEAM.

Introducción

Las competencias del Siglo XXI son aquellas que todo ser humano contemporáneo debe tener para poder

desempeñarse laboralmente en cualquier lugar del mundo (Monroy & Villamil, 2023; Nieves-Bustamante, 2021). Dentro de este conjunto de competencias, la creatividad se consolida como una las fundamentales, clasificada en la categoría de competencias del pensamiento superior (Almerich et al, 2018). Según Zuleta y Zuleta (2018), existen dos grandes paradigmas sobre el concepto de la creatividad, el primero habla de ella como una habilidad innata y el segundo, en contraposición, la analiza como una capacidad que puede ser desarrollada; de cualquier forma, la creatividad permite una mirada divergente de la realidad, conectando un contexto particular, sus realidades y diferentes experiencias asociadas, teniendo en cuenta los intereses, las necesidades y las emociones.

Actualmente, países como Singapur, Finlandia, Canadá y Corea del Sur se encuentran con los mejores índices de aprovechamiento escolar, transformando sus sistemas educativos priorizando la inclusión de la creatividad (Angulo Ealo, 2020), la solución de problemas, trabajo en equipo y la optimización de la figura docente, lo cual genera resultados que impulsan el desarrollo tecnológico y, en consecuencia los niveles de vida (Rivera, 2020). Huidobro (2004) plantea que el pensamiento creativo o creatividad, es un concepto que surge por la necesidad de explicar la aparición de productos que suponen una transformación radical de su estado anterior, lo cual lleva a inferir la existencia de una persona que posee una combinación de rasgos intelectuales, de personalidad y motivacionales que le capacitan para utilizar la metacognición de un modo óptimo. Dicha utilización óptima permite dar respuesta a un fallo o hueco en el conocimiento.

Para que la creatividad se produzca deben existir un contexto con los recursos necesarios, teniendo cuatro aristas de evaluación (Huidobro, 2004; Villamizar, 2016): Individuo, con unos rasgos de personalidad intelectuales de razón, de imaginación, fluidez y concentración, y no intelectuales como individualismo, originalidad y anticonvencionalismo; Proceso, que consta de los pasos de preparación, incubación, iluminación y verificación; Producto novedoso, que solucione un problema que estaba mal definido o producto convencional que se utilice de una forma diferente a la razón para la cual fue diseñado; Contexto o circunstancias que rodean al individuo y al producto, incluye recursos económicos, formativos y culturales.

Múltiples autores han nutrido la teoría de la importancia de la creatividad en la educación, todo ello con base en sistemas educativos de Norte América, Europa y Asia (Angulo Ealo, 2020; Macias, 2025; Mayorga Aguirre, 2024; Mujib & Mardiyah, 2025; Nieves-Bustamante, 2021), sin embargo, en Latinoamérica y el Caribe existe un gran rezago, por lo cual la Organización de las Naciones Unidas (UNESCO) en su proyecto Educación 2030 enfatiza la inclusión de la creatividad en los modelos curriculares, buscando desarrollar habilidades de pensamiento, como la resolución de problemas o el pensamiento crítico.

En el departamento de Boyacá, la educación media técnica sigue diversificada con especialidades de electricidad, electrónica, mecánica, software y programación; y aunque todas tienen un enfoque diferente, confluyen en la temática de robótica educativa; sin embargo, metodológicamente, no se ha abordado el tema del pensamiento creativo, pues

las prácticas van más enfocadas en la reproducción de actividades preprogramadas con kits de robótica y retos convencionales que soluciones definidas y poco contexto social, así, los estudiantes se limitan a copiar programas y ver su ejecución.

Durante los últimos 20 años, los kits de robótica y la programación han sido usados en el campo educativo aprovechando que la cantidad y diversificación de prácticas y retos que se pueden plantear son casi infinitos (Rosero Calderón, 2024), no obstante, el costo de implementación en colegios es alto y eso restringe su acceso (Avello et al., 2020). Vega (2018), en su tesis doctoral, analizó el mercado de los kits de robótica, identificando que estos presentan una gran falencia en el proceso de enseñanza a nivel pre-universitario.

Un reto de robótica es una competencia en la cual se plantean diferentes problemáticas del mundo real (Kristiansen, 2025), donde los equipos o kits de robótica se han diseñado para potenciar la creación de soluciones por parte de los estudiantes, utilizando piezas, elementos y sistemas mecánicos o electrónicos que se integren en robots eficientes y elegantes (VEX, 2023). Usar los kits de robótica como medio de aprendizaje y planteando retos de robótica, con énfasis en la estimulación del pensamiento y habilidades de solución de problemas, resulta más cautivador para los estudiantes y es mejor que enseñar solo contenidos de robótica (Vega, 2018).

Resolver un reto de Robótica mediante la construcción y programación de un robot, es un factor altamente estimulante para el pensamiento creativo de un estudiante, al incentivar la búsqueda de la mejor solución, retos que dan libertad de programación y construcción estimulan fuertemente

el proceso creativo (Evripidou et al., 2020). Las competencias o retos de robótica alrededor del mundo, permiten el desarrollo de competencias del siglo XXI: comunicación, colaboración social, creatividad, pensamiento crítico, solución de problemas y desarrollo de calidad de producto. Esto puede ser cuantificable mediante rúbricas como la usada en la First Lego League, donde se evalúa diseño del robot, valoración del desempeño y el proyecto (Usart et al., 2019).

La educación basada en la metodología STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha ganado relevancia por su capacidad para desarrollar el pensamiento y actitudes en los estudiantes, mediante el diseño, la implementación y solución a problemáticas planteadas por el maestro (Macias, 2025; Mayorga Aguirre, 2024; Plaza, 2019). Posteriormente, se agregó el área de Artes, dando origen al modelo STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), el cual se originó en Asia y se ha difundido globalmente en los últimos años. Su popularidad radica en su efectividad para generar el aprendizaje habilidades transdisciplinarias, preparar a los estudiantes para empleos futuros y favorecer el pensamiento creativo (Kit, 2021).

En el contexto de la robótica educativa, el currículo STEAM, desarrollado por VEX Educational Robotics, se adapta según el nivel y la edad de los estudiantes. Por ejemplo, en nivel secundaria los estudiantes comprenden fenómenos científicos construyendo modelos matemáticos y máquinas simples que pueden solucionar problemas del mundo real (Ma y Zhang, 2023). Para potenciar la creatividad en este tipo de actividades, se requiere integrar las tecnologías

emergentes con procesos metódicos que permitan alcanzar los logros planteados (Ramírez Barraza y Quiroz Bermúdez, 2025). En este sentido, el Design Thinking centra al usuario en múltiples posibilidades de solución desde una perspectiva de diseño de producto (Azcaray, 2019), lo que lo hace ideal para la construcción creativa de modelos y artefactos tecnológicos como robots.

De acuerdo con González et al. (2021), en los últimos años Norteamérica, Europa y Asia han presentado grandes adelantos a nivel de educación primaria y secundaria integrando la robótica educativa al currículo usando la metodología STEAM como recurso pedagógico para su enseñanza, sin embargo, casi todos los estudios empíricos se han centrado en demostrar cómo esta conjunción de contenidos y métodos desarrollan el pensamiento computacional y pocos se han centrado en revisar cómo estimula el pensamiento crítico y el pensamiento creativo. Implementar competencias o retos de robótica educativa desarrollados mediante modelos pedagógicos de entornos de aprendizaje constructivista como el aprendizaje STEAM, donde se plantean problemáticas a equipos de estudiantes y se les brindan herramientas como kits de robótica, permitirá realizar evaluaciones para dictaminar cómo la solución de retos de robótica interactúa con características del pensamiento creativo y algunas de sus dimensiones más relevantes (Casado y Checa, 2020; Reyes, 2025; Rosero Calderón, 2024).

Esta investigación busca analizar el pensamiento creativo a partir del diseño de robots, solución y participación en retos de robótica formulados con base en problemas sociales del entorno a dicha institución, implementados a través

de la metodología de aprendizaje STEAM+Design Thinking. La investigación se desarrolló en estudiantes de media técnica en electrónica en un colegio público de Colombia, quienes contaban con los conocimientos básicos necesarios para la comprensión de los retos de robótica, así mismo, fue posible vincular los contenidos que revisaron sobre temas de robótica con las tareas gestadas en los retos de robótica, permitiendo una aplicación práctica y avanzada de dichos conocimientos.

Método

Participantes

La muestra estuvo conformada por 51 estudiantes de media técnica en electrónica, con edad entre los 15 y 18 años de los estratos 1 al 4; 12 mujeres y 39 hombres. Se aplicó un muestreo por conveniencia con grupos intactos, quedando el experimental conformado por 26 estudiantes y el control por 25.

Instrumentos

Para la evaluación se aplicaron los instrumentos CREA y PIC-J, los cuales miden la inteligencia creativa o creatividad, estandarizadas a población juvenil. Se utilizan dos pruebas buscando comparar los datos obtenidos con ambos instrumentos y lograr una mayor complejidad en la evaluación. Se utilizó además una parrilla de evaluación para los retos de robótica diseñada específicamente para cada reto. A continuación se describe cada instrumento.

CREA. Esta prueba permite medir la inteligencia creativa a través de 4 dimensiones: Fluidez, Flexibilidad, Originalidad y Producción divergente. La prueba consiste en exponer al estudiante a una lámina y, posteriormente, pedirle

que redacte tantas preguntas como sea posible sobre ella, durante 4 minutos. Está diseñada para población de entre 13 y 18 años. Para calificar, se utiliza la fórmula del manual de Calificación para obtener la puntuación directa y puntuación Percentil (Corbalán et al., 2015). La prueba tiene una confiabilidad de 0.875.

PIC-J. Instrumento de medición de la creatividad aplicable a personas de 12 a 18 años. El instrumento evalúa la fluidez, flexibilidad, originalidad, elaboración, título y detalles especiales, como dimensiones de la creatividad. Para su aplicación, los alumnos deben leer las instrucciones, y luego disponen de 10 minutos para desarrollar 4 juegos: en el primero debe imaginar qué sucede en la escena presentada en físico; en el segundo describe todos los usos que le daría a un tubo de goma; en el juego 3 busca imaginar qué ocurriría si el suelo se volviera elástico y en el último deben completar dibujos buscando construir imágenes lo más originales posibles (Artola et al., 2022). El instrumento tuvo una validación de constructo y cuenta con Alpha de Cronbach de 0.85.

Parrilla de Evaluación de Retos de Robótica. Instrumento diseñado exprofeso para evaluar el rendimiento de los robots durante los retos de robótica. Presenta tres columnas para la valoración del robot, la primera indica la dimensión la creatividad que es evaluada, la segunda especifica el ítem a evaluar y la tercera permite calificar la ejecución con una escala 0 a 5 puntos. Conforme al desempeño del robot en el reto, se clasifica el nivel de creatividad como emergente, competente, experto o inventor.

Diseño

Se empleó el diseño pretest-posttest con grupo de comparación (Campbell y Stanley,

1995), teniendo como variable independiente los retos de robótica y como variable dependiente el pensamiento creativo. La intervención consistió en la aplicación de dos retos de robótica, desarrolladas con base en las dos áreas de la economía con mayor incidencia en el departamento de Boyacá, según el Producto Interno Bruto Regional: Hotelería y Administración pública de recursos (MINCOMERCIO, 2023).

Procedimiento

Se obtuvo la autorización de la institución y la firma de consentimiento informado de los padres. Posteriormente, se aplicaron los instrumentos CREA y PIC-J a los participantes en un salón donde no se generaron presiones de tiempo ni interrupciones, conforme lo indica el manual de aplicación, tomando un tiempo aproximado de dos horas. Posteriormente, para construir cada robot los participantes del grupo experimental contaron con 24 horas de clase, distribuidas en 4 semanas con sesiones de 2 horas los lunes, martes y jueves. Mientras tanto, el grupo control seguía en clases convencionales de taller de electrónica.

Para presentar a los estudiantes los retos se construyó una imagen mediante la inteligencia artificial Dall-E que representó un paisaje futurista y contextualizado al tipo de robot que había que construirse, y se incluyó una narrativa de storytelling para plantear el problema a resolver. El reto 1 consistía en diseñar y construir un robot MAZE (seguidor de laberinto) que debía recorrer un laberinto, encontrando cinco flores y dos fuentes de agua en el proceso. Se conformaron equipos de cuatro estudiantes que debían desarrollar el robot con sistema de sensor ultrasónico SFR05 capaz de medir distancias entre 4 y 20 cm; controlado

mediante la tarjeta electrónica Arduino UNO, con 14 pines de entradas/salidas digitales y 5 entradas/salidas analógicas; un driver L293 D para control de motores de hasta 34V y un chasis diseñado y construido con tecnología de corte laser o de impresión 3D en las máquinas Ender 3V2 o Anycubic Predator.

El reto 2 consistió en diseñar y construir un robot usando la plataforma VEX IQ segunda generación, para competir en la pista del reto de Hotelería y Turismo. En la etapa autónoma de 30 segundos, el robot debía desplazar dos maletas impresas en 3D, sin que se abriera, hasta los cajones ubicados en un costado de la pista, y en la etapa teleoperada de 2 minutos, debía manipular siete cubos de colores colocados en diferentes lugares de la pista y ubicarlos en los cajones centrales de 3 pisos, cada piso con una valoración especial.

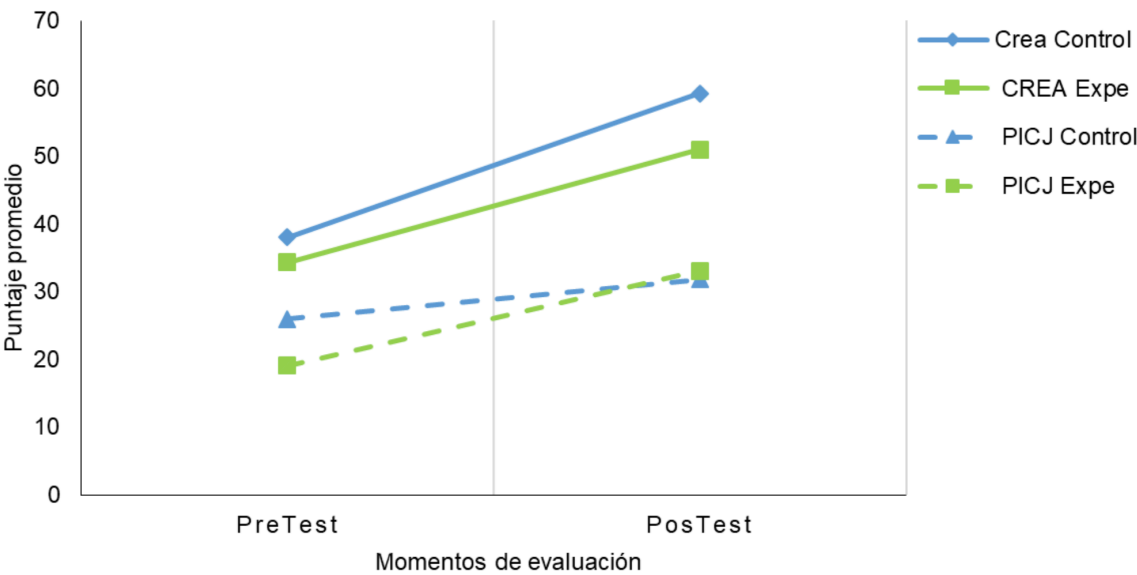
La ejecución de los robots durante la exposición al reto fue evaluada por dos docentes practicantes empleando la parrilla de evaluación de desempeño en retos de robótica, evaluando de forma independiente cada ejecución. Finalmente, se aplicó la evaluación Post Test y los datos fueron analizados en SPSS.

Resultados

Considerando que la medición de la creatividad en ambos grupos se realiza con las pruebas CREA y PIC-J, mientras que la evaluación de los retos de robótica es exclusiva del grupo experimental, se decide presentar los resultados en ese orden, para dar cuenta de las comparaciones y luego detallar los productos creados por los participantes en el grupo experimental.

Al analizar los datos del pretest de la prueba CREA, ambos grupos mostraron un nivel de creatividad medio. Conforme al instrumento, esto implica un nivel de creatividad que no destaca por su innovación ni búsqueda de soluciones a problemas, sin disposición para plantear imaginarios que los motiven a cambiar. Respecto a la Prueba PIC-J, los estudiantes de ambos grupos mostraron pensamiento creativo de nivel básico en el pretest, con puntajes alrededor de los 20 puntos, lo que indica que los participantes contaban una capacidad baja para hacer combinaciones o asociaciones entre elementos mentales, limitando la creación de soluciones novedosas y los procesos de creación (ver Figura 1). Por su parte, los resultados de la prueba CREA en el Post-Test mostraron aumentos de cerca de 30, mientras que en la prueba PIC-J el grupo control presentó una media de 31.80 (DE=27.20) contra una media de 33.03 (DE=28.50) del grupo experimental.

Figura 1
Media del nivel de creatividad grupos control y experimental en las dos evaluaciones realizadas



Nota. Control= Grupo control, Expe= Grupo experimental.

Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, la cual mostró que los datos no presentan una distribución normal, por lo que los análisis comparativos se realizaron con pruebas no paramétricas. Al comparar los puntajes de los participantes del grupo control y experimental en las evaluaciones, los resultados de la prueba U de Mann-Whitney mostraron que no se presentaron diferencia significativa entre los grupos control y experimental (Tabla 1). Estos resultados sugieren que los resultados del grupo control y experimental fueron similares en ambas evaluaciones.

Tabla 1
Resultados de la comparación entre grupos experimental y control en el pre-post

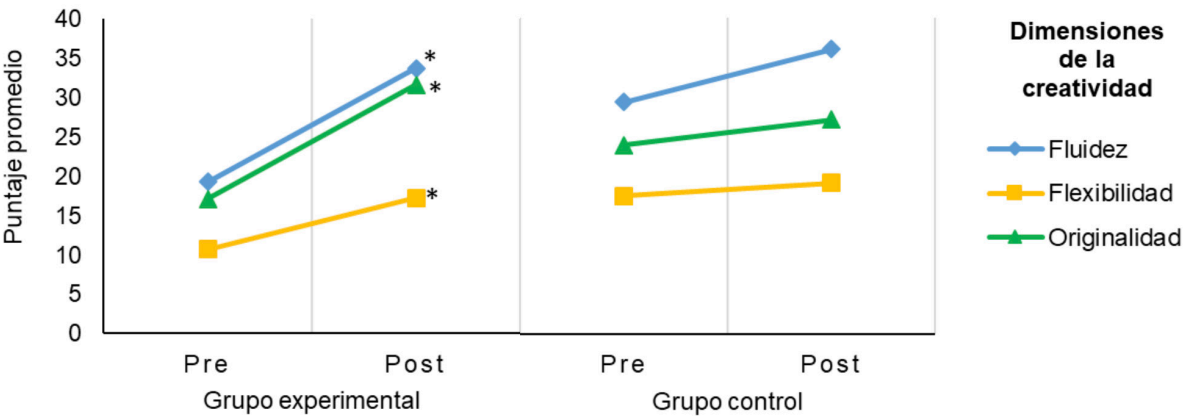
Momento de evaluación	Instrumento	U de Mann-Whitney	p
Pretest	Crea	304	0.69
	PICJ	275	0.343
Posttest	Crea	255	0.187
	PICJ	314	0.843

A fin de analizar los cambios en los participantes, se aplicó la prueba Wilcoxon, lo cual mostró que ambos grupos mejoran los puntajes en pensamiento creativo; para el instrumento CREA en el grupo control el resultado de la prueba fue $w=4, p<0.001, r=-.96$, para el grupo experimental el resultado fue $w=21, p<0.001, r=-.83$, lo que indica que el nivel de creatividad fue significativamente mayor en el post-test, con un tamaño de efecto grande, de acuerdo al resultado del análisis Correlación biserial de rangos. El comparativo pre-post de los datos del instrumento PIC-J, utilizando también la prueba Wilcoxon, no mostró cambios significativos en el grupo control, $w=65, p=0.08$,

pero sí en el caso del grupo experimental, donde el nivel de creatividad fue significativamente mayor en el posttest, $w=42, p<0.001, r=-.74$, confirmando que la intervención incidió positivamente en la mejora de la creatividad.

Las dimensiones que conforman el instrumento PIC-J, Fluidez, Flexibilidad y Originalidad, se ven reflejadas en las tareas de solución de problemas y construcción de prototipos de robótica, por lo que se realizó un análisis de dichas dimensiones en el comparativo pre-post, identificando aumentos significativos únicamente en el grupo experimental en las tres dimensiones ($p<0.001$). La Figura 2 presenta los promedios de ambos grupos.

Figura 2
Promedio de los puntajes obtenidos en las tres dimensiones de la Creatividad del instrumento PIC-J en las evaluaciones pre-post para ambos grupos



Nota. * $p<0.001$

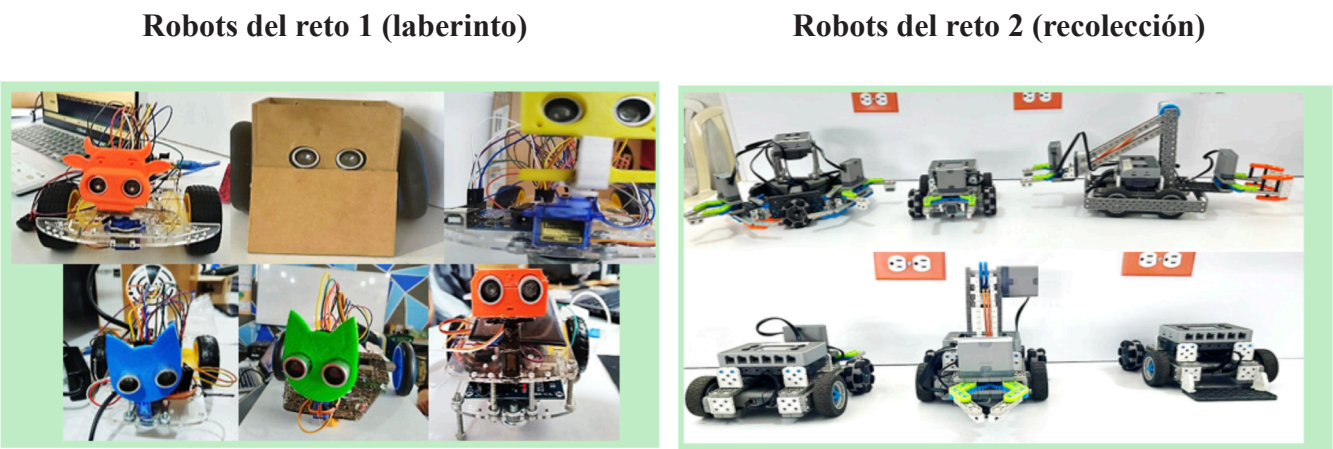
El mayor aumento de la creatividad se observa principalmente en las dimensiones Fluidez y Originalidad, donde el promedio aumentó 15 puntos, mientras que en la dimensión de Flexibilidad el aumento fue de 5 puntos, no obstante, todos los cambios fueron significativos. Los resultados del comparativo pre-post para el grupo control y experimental se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1
Análisis de los cambios de las dimensiones de la creatividad del instrumento PIC-J del grupo experimental

Dimensiones de la creatividad	Promedio Pretest	Promedio Posttest	Wilcoxon	Valor de p	Correlación biseriada de rangos
Fluidez	19.3	33.8	24	0.002	-0.79
Flexibilidad	10.7	17.3	53	0.006	-0.65
Originalidad	17.1	31.6	54	0.011	-0.61

Para el caso del grupo Experimental el producto divergente fue considerado a partir de los prototipos que construyó cada equipo, usando la metodología Design Thinking. Se analizaron los retos y según la tecnología asignada (para el reto uno Arduino y para el reto dos VEX IQ), cada equipo diseñó y construyó los robots para resolver los retos planteados. La Figura 3 muestra los prototipos robóticos construidos en cada reto.

Figura 3
Robots desarrollados por cada uno de los seis equipos en la condición experimental para resolver los retos de robótica



La evaluación del diseño y ejecución de los Robots se realizó a través de la Parrilla de registro, la cual pudo aplicarse exclusivamente en el grupo experimental, debido a que la aplicación solo era factible en la realización de los retos. Los ítems valorados se agruparon en las cuatro dimensiones de la creatividad evaluadas: Originalidad, Fluidez, Flexibilidad y Actitudinal. La Tabla 2 muestra los resultados de los 6 equipos. A nivel individual, puede observarse un claro aumento en los puntajes finales de cada equipo, entre los dos retos, siendo el equipo 2 el que presentó mayores cambios.

Tabla 2
Resultados de la valoración de la ejecución de los robots en los retos de robótica de cada equipo

		Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4	Equipo 5	Equipo 6	Promedio	DE
RETO 1	Originalidad y producción divergente	4	3	4	3	3	3	3.3	0.52
	Fluidez y elaboración	3	1	4	2	2	2	2.3	1.03
	Flexibilidad y detalles especiales	2	2	3	2	2	2	2.1	0.41
	Actitudinal	3	2	4	3	3	3	3	0.63
	Promedio reto 1	3	2	3.8	2.5	2.5	2.5	2.7	0.62
RETO 2	Originalidad y producción divergente	3	4	3	3	3	3	3.1	0.41
	Fluidez y elaboración	3	4	3	4	4	3	3.5	0.55
	Flexibilidad y detalles especiales	3	3	3	3	3	3	3	0
	Actitudinal	4	4	4	4	4	4	4	0
	Promedio reto 2	3.3	3.8	3.3	3.5	3.5	3.3	3.4	0.20

Al comparar los promedios generales de las dimensiones de los dos retos se evidenció que la dimensión Fluidez fue la que más creció, mientras que la dimensión que menos variación presentó entre los retos fue la Originalidad. Por su parte, la dimensión de originalidad presentó un promedio ligeramente menor entre los retos. A modo de conclusión, se identifica que la prueba CREA mide algunos patrones de la creatividad que naturalmente pueden ser desarrollados en las clases de la técnica en electrónica y mediante la implementación de retos de robótica, mientras que la prueba PIC-J es un instrumento especializado para la medición de la creatividad en jóvenes que analiza las dimensiones de fluidez, flexibilidad y originalidad, que permite una mejor precisión de en la evaluación. El análisis de los resultados evidenció que el pensamiento creativo se estimuló en ambos grupos, no obstante, el grupo experimental logra un desarrollo más complejo de la creatividad, lo cual se refleja en que las mejoras identificadas en ambos instrumentos.

Discusión

Los hallazgos obtenidos en este estudio evidencian la mejora del pensamiento creativo en los estudiantes de media técnica expuestos a condiciones de aprendizaje sobre robótica. Además, al participar en retos de robótica los participantes lograron un desarrollaron significativo en las dimensiones de fluidez, flexibilidad y originalidad. Esto no solo se refleja en el aumento de la actividad práctica del grupo experimental sobre el grupo control, pues ambas condiciones de aprendizaje (aula tradicional y metodología de aprendizaje STEAM+Design Thinking) desarrollan la creatividad, la diferencia se asocia a las condiciones de aprendizaje del reto de robótica, centradas en solucionar problemáticas mediante el diseño, la codificación y construcción de

robots, integrando tecnologías disruptivas, gestando un propósito definido y socialmente relevante.

A partir de los resultados obtenidos, se genera nueva evidencia empírica que fortalece los resultados reportados por Azcaray (2019) quien integró un proceso curricular STEAM usando el Design Thinking, tecnologías de robótica educativa y Arduino, demostrando mejoras en las competencias transversales creatividad y experimentación, siendo el plus del presente estudio la identificación puntual de las dimensiones con mayor desarrollo, evaluadas a través de un proceso integral que considera el uso de instrumentos de evaluación de la creatividad y con la creación de un instrumento para la evaluación de la creatividad en el desarrollo y ejecución de robots durante la aplicación de retos de robótica.

La robótica educativa es un potenciador del aprendizaje STEAM porque logra que los estudiantes aprendan de forma transversal y divertida, facilitando el desarrollo del pensamiento lógico y estimulando el pensamiento creativo, además de familiarizar a los alumnos con el funcionamiento de objetos programables (Plaza, 2019), reafirmado en los resultados del presente estudio. Por ello, se consideró fundamental el desarrollo de los robots aplicados a condiciones contextualizadas, tomando como base dos de las situaciones de mayor relevancia para el Producto Interno Bruto Regional, retomando el formato de history telling futurista que generara un elemento atractivo y futurista propio del contexto profesional en el que los conocimientos de los estudiantes serán requeridos.

Los resultados obtenidos evidenciaron cómo las tres dimensiones de la creatividad (Fluidez, Flexibilidad y Originalidad) mejoraron

en los estudiantes que participaron de los retos de robótica, sin embargo, no se desarrollan en igual medida. La complejidad del contexto y la capacidad del estudiante de apropiarse de los conocimientos en un escenario novedoso, pero a la vez contextualizado demuestran que el desarrollo cognitivo es factible a través de los retos de robótica (Rosero Calderón, 2024). Aunque el supuesto de que el estudiante es activo en su aprendizaje es clave en modelos teóricos constructivistas, es un hecho que el contexto juega un papel importante al motivar el interés y motivación individual, es decir, esa acción activa debe detonarse a través de la creación de ambientes propicios para el aprendizaje (González et al., 2021).

La relación entre la exposición a los Retos de Robótica Educativa y la creatividad se planteó como cuestionamiento central de esta investigación y los resultados permiten afirmar que los Retos de Robótica Educativa desarrollan el pensamiento creativo, dado que los resultados de las pruebas estadísticas mostraron que la media del grupo experimental tuvo una diferencia significativa en todas las dimensiones de la prueba PIC-J, en el comparativo antes y después de la intervención, mientras que el grupo control no mostró tales cambios. De esta manera, cuando los estudiantes de media técnica en electrónica participaron en los Retos de Robótica Educativa, fueron capaces de solucionar problemas usando codificación, herramientas electrónicas, impresoras 3D, kits de robótica VEX, y en consecuencia estimularon e incrementaron su índice general de creatividad. No obstante, las diferencias entre los participantes del grupo control y experimental solo se verifican en la prueba PIC-J, por lo que es posible suponer que la

mejora en la creatividad general de los estudiantes puede apreciarse de manera clara en la prueba CREA, y la prueba PIC-J es sensible a cambios específicos del pensamiento creativo.

Usando los manuales de interpretación de resultados de las pruebas de medición de la creatividad CREA y PIC-J (Corbalán et al., 2015), el diagnóstico ubicó el promedio de los estudiantes de ambos grupos en el nivel de creatividad básico o intermedio al inicio del estudio, lo que implica que los estudiantes presentaban dificultad de asociar información, gráficas, datos y procesos mentales para materializarlos en propuestas novedosas (Artola et al., 2022). Esto resalta la relevancia de seguir desarrollando estrategias que mejoren el pensamiento creativo de manera adecuada (Ramírez Barraza y Quiroz Bermúdez, 2025), como ocurre con el uso de retos de robótica planteados en el presente estudio.

Al contrastar los diseños resultantes en los dos retos de robótica se visualiza una estética más compleja en los prototipos construidos del segundo reto como se observó en la Figura 3, esto apoya el estudio de Vega (2018) que indica que solo usar kits de robótica en clase genera una deficiencia en los procesos pedagógicos en la educación media, pero que al usar plataformas de robótica con una intención clara, usando un marco educacional definido y un propósito claro, lograr buenas prácticas pedagógicas, en este caso, la inclusión del Design Thinking permitió que los estudiantes analizaran mecánica y funcionalmente los diseños base del kit VEX IQ 2da. generación y proyectaran la creación de robots para fines específicos, incitando las bases para el desarrollo de procesos de pensamiento e ideación estructurados.

El uso de diferentes tecnologías en la solución de los retos, el área de trabajo y el modelo de aprendizaje STEAM permitieron que se abordaran los elementos de la creatividad (Individuo creativo, proceso creativo, entorno creativo y producto creativo) propuestos por Huidobro (2004). Estos fueron un aporte fundamental en el diseño metodológico y selección pedagógica para el desarrollo de esta investigación, donde la intervención gestó el entorno creativo al proporcionar los materiales, la tarea y los elementos visuales adecuados para la puesta en marcha del pensamiento creativo de los estudiantes (Villamizar, 2016), asumiendo un proceso de equipo que permitió la unión de las fortalezas individuales para la creación de robots capaces de desarrollar la misma función, con un diseño que sumaba los aportes creativos de cada integrante del equipo para generar un producto creativo, el robot que atendería a la problemática social planteada.

La valoración de la Rejilla de Evaluación representó un aporte metodológico adicional, al permitir identificar directamente cómo la exposición a los Retos de Robótica Educativa desarrolló progresivamente el pensamiento creativo entre el primer y segundo reto. Estudios previos han mostrado que los juegos tradicionales de robótica al tener normas muy estrictas no desarrollan el pensamiento creativo, mientras que presentar retos de robótica que recrean situaciones problema generados por los estudiantes estimulan el pensamiento creativo (Evripidou et al., 2020; Reyes, 2025). No obstante, se reconoce la necesidad de generar investigaciones adicionales para evaluar los efectos y cambios logrados con una mayor

cantidad de retos de robótica, es decir, con una mayor exposición a la variable independiente, pues los puntajes designados a los equipos no lograron en ningún caso el puntaje máximo, lo que implica que aún hay mucho potencial de desarrollo en la creatividad de los participantes.

Adicionalmente, los resultados de la parrilla de observación podrían indicar que se logran mejores resultados trabajando con la tecnología VEX que con la plataforma Arduino, por lo que nuevos estudios podrían enfocarse a la comparación de los efectos de retos de robótica en tecnología VEX o la plataforma Arduino, así como en posibles efectos de orden que no fueron evaluados en el presente estudio debido a las características del diseño y el tamaño de la muestra. Incluir experiencias de aprendizaje usando el modelo STEAM permitió desarrollar diversas competencias del siglo XXI como la solución de problemas, pensamiento crítico, pensamiento computacional y pensamiento creativo, logrando prácticas innovadoras en los estudiantes (Almerich et. al, 2018; Monroy & Villamil, 2023). Como menciona Kit (2021), el aprendizaje STEAM mantiene un enfoque transversal entre las ciencias más adecuado para adquirir competencias del siglo XXI (Monroy & Villamil, 2023). Este estudio valida que el currículo STEAM, diseñado por la universidad Carnegie Mellon para la plataforma Robótica VEX, puede ser utilizado para desarrollar el pensamiento creativo usando situaciones planteadas por el docente y resueltas por el estudiante mediante el kit VEX IQ, lo que refuerza lo encontrado en estudios previos (Ma y Zhang, 2023; Avello et al., 2020).

Realizando la medición de los cambios

producidos a través de la ejecución de los robots durante la exposición a los retos, fue posible dar cuenta de la eficacia y magnitud que genera dicha exposición (Azcaray, 2019; Avello et al., 2020); también se evidencia en los prototipos robóticos desarrollados por los equipos de estudiantes, que para el reto 1, 5 de los 6 prototipos siguen patrones muy similares con ligeros cambios en el sistema de alimentación, en el código de programación y en el chasis, solo el prototipo 2 presentó diferencias, tanto en el sistema de locomoción, medición y la estructura del chasis. Sin embargo, para el reto 2, el proceso de diseño y modificación de los modelos base fue más complejo, incluyendo elementos de sujeción, mejoras estructurales, adaptaciones de locomoción, para resolver de forma más eficiente el reto planteado. Esto puede explicar por qué la dimensión de la creatividad que más se desarrolló fue la Fluidez, que es la aptitud del estudiante para producir un gran número de ideas al presentarse un estímulo (Artola et al., 2022), lo que indica que la solución de retos de robótica educativa permite que el sujeto sea capaz de elaborar más soluciones o proponer muchas alternativas tecnológicas para resolver problemas dentro de su contexto. Es necesario realizar investigaciones adicionales que permitan analizar el grado en que el desarrollo de las tres dimensiones de la creatividad está ligadas al diseño de los retos de robótica o al proceso pedagógico específico que se utilizó, STEAM+Design Thinking.

Investigaciones posteriores pueden desarrollarse utilizando 4 retos de robótica y diferentes tecnologías y kits de robótica, con niveles de complejidad incremental para medir de manera más precisa el desarrollo del pensamiento

creativo, por ejemplo, utilizando el espiral del pensamiento creativo de Mitchel Resnik (CTS) en donde se usan los pasos de Imaginar, Crear, Jugar, Compartir y Reflexionar (Kit, 2021). Tener más retos de robótica enfatizaría el último paso, la reflexión, que podría ser un espacio de mejoramiento y perfeccionamiento del prototipo de cara a la solución de siguientes retos de robótica. Estudios posteriores requieren realizar una aplicación con contrabalanceo para verificar si en efecto la dimensión de la fluidez se desarrolla en ambas actividades o si simplemente se desarrolla más en la primera y se mantiene en la segunda. Al invertir el orden de los Retos se puede demostrar de forma muy precisa el grado en que se estimula y compararse entre el Reto con Arduino versus el Reto con VEX. También puede hacerse el estudio con todas las dimensiones para determinar de forma más efectiva qué reto estimula más el pensamiento creativo.

Los objetivos de esta investigación se enfocaron en la evaluación del pensamiento creativo, no obstante, es importante que en futuras investigaciones se incluya la evaluación del pensamiento computacional, considerando que todos los modelos robóticos requieren un desarrollo de programación. Además, sería posible analizar cambios en el pensamiento crítico, generando espacios para reflexionar sobre la situación actual y futura de la sociedad y el papel de la Inteligencia Artificial, la Robótica y la tecnología. Como indican en su investigación González et al. (2021), el proceso de aprendizaje mediante STEAM permite desarrollar habilidades creativas, autonomía, emprendimiento, colaboración, comunicación, conocimiento y uso de la tecnología, innovación,

diseño y desarrollo, fabricación de productos, resolución de problemas y pensamiento crítico.

Los Retos de Robótica que existen alrededor del mundo, como la First Lego League, el VEX Robotics Competition, Make Starter X y otras en los que se valora la construcción y el desempeño del proyecto (Usart et al., 2019), hacen que los estudiantes desarrollen competencias del siglo XXI mediante la experiencia, con carácter social, comunicativo, creativo y de solución de problemas. La presente investigación ejemplifica las ventajas de adaptar los retos de Robótica Educativa en aula para retomar las bondades de dichas competencias en un contexto cotidiano, favoreciendo que los estudiantes estimulen su pensamiento creativo y habilidad de solución de problemas (Casado y Checa, 2020).

Los resultados de la presente investigación plantean una base sólida para el cumplimiento del proyecto Educación 2030 de la UNESCO que busca aumentar la importancia de la creatividad en el proceso educativo (Nieves-Bustamante, 2021). El uso de kits de robótica permite el cumplimiento de los objetivos de clase (Avello et al., 2020), y se extiende este alcance al vincular prácticas educativas novedosas y contextualizadas a problemas presentes en Boyacá, para que los estudiantes de técnico en electrónica aumenten la sensibilidad a los problemas de su entorno, reforzando el quehacer social del educando y del educador. Esta inclusión es novedosa y su aplicación puede extenderse a otras problemáticas y materias que permitan establecer diversas rutas de acción para atender los problemas del entorno social.

Referencias

- Almerich, G., Suárez-Rodríguez, J., Díaz-García, I., y Orellana, N. (2018). Estructura de las competencias del siglo XXI en alumnado del ámbito educativo. Factores personales influyentes. RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa, 23(1), 45-74. <https://doi.org/10.7203/relieve.24.1.12548>
- Angulo Ealo, P. (2020). Países creativos: midiendo manifestaciones de creatividad artística y científica en 88 países. Universidad de los Andes. <https://hdl.handle.net/1992/49408>
- Artola, T. Barraca, J. Martín, C. Mosteiro, P. Ancillo, I. y Poveda, B. (2022). PIC-J Prueba de Imaginación Creativa PIC (2da. Ed.). TEA Ediciones.
- Avello, R., Lavonen, J. y Zapata-Ros, M. (2020). Coding and Educational robotics and their relationship with computational and creative thinking. A compressive review. Revista de Educación a Distancia. 20(63), 1-21. <http://dx.doi.org/10.6018/red.413021>
- Azcaray, J. (2019). Metodología para Integrar el Diseño en un Proceso curricular STEAM a través del uso de nuevas tecnologías Creativas [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia.
- Campbell, D. y Stanley, J. (1995). Diseños Experimentales y Cuasiexperimentales en la Investigación Social. Amorrortu Ediciones.
- Casado, R. y Checa, M. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las Aulas de Educación Primaria. Píxel-BIT Revista de Medios y Educación. 58, 51-59. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Corbalán, J. Martínez, F. Donolo, D. Alonso, C. Tejerina, M. y Limiñana, R. (2015). CREA. Inteligencia Creativa. Una medida cognitiva de la creatividad. MANUAL (3ra. Ed.). TEA Ediciones.
- Evripidou, S. Georgieu, K. Doitsidis, L. Amanatiadis, A. Zinonos, Z. y Chatzichristofis, S. (2020). Educational Robotics: Platforms, Competitions and Expected Learning Outcomes. IEEE Access, 8, 219534-219562. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042555>
- González, M. Florez, Y. y Muñoz, C. (2021). Panorama de la Robótica Educativa a Favor del Aprendizaje STEAM. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18(2), 230101-230119. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301
- Huidobro, T. (2004). Una Definición de la Creatividad a Través del Estudio de 24 Autores Seleccionados. [Tesis Doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/55206>
- Kit, L. (2021). Application of Creative Thinking Skills (CTS) in STEAM-based Activities in Hong Kong School: Instrument adopted, Attitudes changed and Principles Derived. [Tesis Doctoral]. University of Hong Kong. <http://libdr1.eduhk.hk/pubdata/img00/arch00/link/archive/1/instarh/4908.pdf>
- Kristiansen, K. (28 de mayo de 2025). What's First LEGO League?. First Lego League. <https://www.firstlegoleague.org/about>
- Ma, F. y Zhang, Z. (2023). The Case of Study on VEX Robotics Curriculum System of VEX Academy based on STEAM Education. INTED2023 Proceedings, 3610-3615. <http://dx.doi.org/10.21125/inted.2023.0974>
- Macias, L. N. O., Guamushig, A. L. L., Landa, F. S. P., & Teran, O. S. R. (2025). Integración de la educación STEM para fortalecer el pensamiento científico y la creatividad en el aula. Polo del Conocimiento, 10(10), 46-66. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i10.10519>
- Mayorga Aguirre, A. S. M., Peñaherrera Larenas, M. F. P., Castro López, G. A. C., & Touma Faytong, M. A. T. (2024). Educación STEM: Fomentando el pensamiento crítico y la innovación en las aulas. Polo del Conocimiento, 9(10), 1414-1429. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i10.8182>
- MinComercio (20 de diciembre de 2023). Perfiles Económicos por Departamentos. Oficina de Estudios Económicos. <https://www.mincit.gov.co/estudios-economicos/perfiles-economicos-por-departamentos>
- Monroy, N. E. C., & Villamil, Y. P. R. (2023). Competencias del siglo XXI en educación: una revisión sistemática durante el periodo 2014-2023. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(4), 219-249. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6869>
- Mujib, M., & Mardiyah, M. (2025). Evaluación de actitudes hacia la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) para fomentar la creatividad en la educación secundaria. Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación, (72), 39-69. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.109760>
- Nieves-Bustamante, E. (2021). Creatividad en las Universidades Aplicando Aprendizaje Basado en el Pensamiento. LabDATAM, Educación y Sociedad. 12-19. http://labdatam.com/revista/2021/LabDATAM_Sem2_2021.pdf
- Plaza, P. (2019). Laboratorio Dual de Robótica Educativa [Tesis Doctoral]. UNED.
- Ramírez Barraza, A y Quiroz Bermúdez, G. (2025). Herramienta robótica para el aprendizaje de competencias STEM en niños entre los 7 y 10 años. Corporación Universidad de la Costa. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11323/14543>
- Reyes, L. (2025). Robótica educativa en la formación integral: Indicadores de competencias y creatividad. Revista Innovación y Gerencia, 11(1 Periodo Enero - Junio), 89-98. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16950803>
- Rivera, E. (2020). Desarrollo de la Creatividad en Docentes por Medio de Taller [Tesis Doctoral]. Universidad de Cuauhtémoc.
- Rosero Calderón, O. A. (2024). Fundamentos teóricos del uso de la Robótica Educativa. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(1), 6364-6375. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9979
- Usart, M. Schina, D. Esteve-Gonzalez, V. y Gisbert, M. (2019). Are 21st Century Skills Evaluated in Robot Competitions? The Case of First Lego League Competition. Universidad de Rovira. <http://dx.doi.org/10.5220/0007757404450452>
- Vega, J. (2018). Educational Framework using Robots with vision for Constructivist

Teaching Robotics to Pre-University Students [Tesis doctoral]. Universidad de Alicante.

VEX (2023). Our Story. Recuperado el 20 de diciembre de 2023 de <https://www.vexrobotics.com/support/about-vex>

Villamizar Acevedo, G. (2016). La Creatividad desde la Perspectiva de Estudiantes Universitarios. REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 10(2). <https://doi.org/10.15366/reice2012.10.2.014>

Zuleta, N. y Zuleta, C. (2018). La creatividad en 7 verbos. Editorial Intermedio.