METODOLOGÍA STEAM Y
ROBÓTICA APLICADA EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES

A TRAVÉS DE LA ESTRATEGIA TECNOACADEMIA ITINERANTE GUAJIRA



SENA | SENNOVA
Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2619 - 2896

Revista RenovaT
Vol 15 • N° 1 • 2026
ISSN 2619-2896
Recibido: – Aceptado:

ARTICULO 01 INVESTIGACIÓN

METODOLOGÍA STEAM Y ROBÓTICA APLICADA EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES A TRAVÉS DE LA ESTRATEGIA TECNOACADEMIA ITINERANTE GUAJIRA

STEAM Methodology and Applied Robotics in Rural Educational Institutions through the "Tecnoacademia Itinerante Guajira" Strategy

Fainer Cerpa Olivera
Magister en Ingeniería Mecánica, Ingeniero Mecánico, Facilitador Tecnoacademia
Email: fycerpa@sena.edu.co

RESUMEN

Este estudio documenta la implementación de un programa de robótica aplicada basado en metodologías STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en las Tecnoacademias Itinerantes de La Guajira, Colombia, durante 2025. Participaron estudiantes de educación básica y media de Riohacha, Maicao y Manaure en un programa de 144 horas estructurado en cuatro fases: reflexión inicial, apropiación del conocimiento técnico, desarrollo de proyectos integradores vinculados con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y transferencia mediante presentación pública. Los resultados evidencian desarrollo de autonomía estudiantil, competencias técnicas en electrónica y programación, y habilidades transversales. Los proyectos destacados incluyeron huerta inteligente con monitoreo IoT, sistemas de asistencia para personas con discapacidad, y aplicaciones de inteligencia artificial. El estudio confirma la viabilidad de programas STEAM-ABP en contextos rurales con recursos limitados, contribuyendo evidencia empírica sobre educación tecnológica inclusiva en América Latina.

Palabras clave: STEAM, aprendizaje basado en proyectos, robótica educativa, Tecnoacademias, educación rural

ABSTRACT

This study documents the implementation of an applied robotics program based on STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) methodologies and Project-Based Learning (PBL) in the Itinerant Technoacademies of La Guajira, Colombia, during 2025. Students from basic and secondary education in Riohacha, Maicao, and Manaure participated in a 144-hour program structured in four phases: initial reflection, technical knowledge appropriation, development of integrative projects linked to Sustainable Development Goals (SDGs), and transfer through public presentation. Results show development of student autonomy, technical competencies in electronics and programming, and transversal skills. Featured projects included smart greenhouse with IoT monitoring, assistive systems for people with disabilities, and artificial intelligence applications. The study confirms the viability of STEAM-PBL programs in rural contexts with limited resources, contributing empirical evidence on inclusive technological education in Latin America.

Keywords: STEAM, project-based learning, educational robotics, Technoacademies, rural education

1 INTRODUCCIÓN

La educación en ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas (STEAM, por sus siglas en inglés) ha emergido como una respuesta pedagógica integral ante los desafíos del siglo XXI, promoviendo el desarrollo de competencias interdisciplinarias y el pensamiento crítico en estudiantes de diversos niveles educativos. En América Latina, y particularmente en Colombia, la implementación de metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) integrado con STEAM ha demos-

trado potencial para transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje, especialmente en contextos rurales y de difícil acceso donde las oportunidades de formación técnica y tecnológica son limitadas (Hernández et al., 2020). El departamento de La Guajira, ubicado en el extremo norte de Colombia, enfrenta múltiples desafíos socioeconómicos y educativos que afectan directamente las oportunidades de desarrollo de su población joven. En este contexto, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) ha desarrollado el programa de Tecnoacademias Itinerantes como estrategia de inclusión educativa, llevando formación en áreas tecnológicas a municipios como Riohacha, Maicao y Manaure, con el propósito de democratizar el acceso a la educación técnica y reducir las brechas de desigualdad educativa en zonas rurales. La robótica educativa, como componente central de las metodologías STEAM, se ha consolidado como una herramienta pedagógica efectiva para el desarrollo de habilidades del siglo XXI, incluyendo el pensamiento computacional, la resolución de problemas complejos y el trabajo colaborativo (Moreno-León et al., 2020; Sáez-López et al., 2021). Estudios recientes han documentado que la integración de la robótica en entornos educativos formales mejora significativamente la motivación estudiantil y facilita la comprensión de conceptos abstractos en ciencias y matemáticas (Chalmers, 2023; Ortiz et al., 2021).

En el contexto latinoamericano, experiencias implementadas en diversos países han demostrado la viabilidad de adaptar programas de robótica educativa a las realidades locales, incluso en entornos con recursos limitados (Silva et al., 2022). El Aprendizaje Basado en Proyectos constituye un enfoque pedagógico que sitúa al estudiante como protagonista de su proceso de aprendizaje, mediante la resolución de problemas auténticos y contextualizados. Cuando se integra con la metodología STEAM y la robótica aplicada, el ABP potencia el desarrollo de competencias técnicas y transversales, promoviendo la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad de trabajo en equipo (Guo et al., 2020; Kokotsaki et al., 2021). Investigaciones recientes en Colombia han evidenciado resultados positivos en la implementación de ABP en educación básica y media, particularmente en proyectos vinculados con tecnología y robótica, destacando mejoras en el rendimiento académico, la motivación intrínseca y el desarrollo de habilidades socioemocionales (Ramos-Geliz et al., 2022; Suárez-Gómez et al., 2023). La integración de STEAM y ABP ha mostrado ser particularmente efectiva en contextos de educación rural, donde la vinculación de los aprendizajes con problemáticas locales incrementa la relevancia y significatividad del proceso educativo (Becker & Park, 2020). Experiencias documentadas en Colombia demuestran que cuando los estudiantes desarrollan proyectos tecnológicos orientados a resolver necesidades de su comunidad, se fortalece no solo el aprendizaje técnico sino también el sentido de agencia y compromiso social (González-Pérez & Ramírez, 2021; Ortega et al., 2024). La vinculación de proyectos educativos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas representa una estrategia innovadora para conectar el aprendizaje técnico con problemáticas reales del entorno local, promoviendo una formación ciudadana y socialmente responsable (UNESCO, 2020).

En el caso de La Guajira, donde desafíos como el acceso al agua potable (ODS 6), la energía limpia (ODS 7) y la innovación tecnológica (ODS 9) son prioritarios, la implementación de proyectos de robótica contextualizados adquiere especial relevancia y significado para los estudiantes (Ministerio de Educación Nacional, 2021). En 2025, las Tecnoacademias Itinerantes de La Guajira implementaron el programa "Aplicación de la Electrónica y Robótica en Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación", con una duración de 144 horas, dirigido a jóvenes de educación básica y media de los municipios de Riohacha, Maicao y Manaure. Este programa integró de manera sistemática las metodologías STEAM y ABP, orientando a los participantes en el diseño, construcción y evaluación de prototipos mecatrónicos funcionales vinculados con problemáticas identificadas en su entorno inmediato y alineados con los ODS. El programa se estructuró en cuatro fases principales: actividades de reflexión inicial y contextualización para despertar el interés por la robótica; actividades de apropiación del conocimiento donde los estudiantes aprendieron fundamentos de electrónica, programación de microcontroladores y ensamblaje de circuitos; desarrollo de proyectos integradores donde equipos de estudiantes diseñaron y construyeron prototipos funcionales; y actividades de transferencia mediante la presentación pública de los proyectos en ferias tecnológicas institucionales (Cerpa Olivera & López Gómez, 2025).

El presente artículo documenta y analiza la experiencia de implementación del programa de robótica aplicada en las Tecnoacademias Itinerantes de La Guajira, examinando el diseño metodológico basado en STEAM y ABP, las estrategias pedagógicas empleadas, los proyectos desarrollados por los estudiantes y los resultados obtenidos en términos de competencias técnicas y transversales. Los objetivos específicos del estudio son: (1) describir el diseño e implementación de las estrategias pedagógicas STEAM-ABP en el contexto de las Tecnoacademias Itinerantes; (2) analizar los proyectos mecatrónicos desarrollados por los estudiantes y su vinculación con problemáticas locales y ODS; (3) evaluar el desarrollo de competencias en electrónica, programación y trabajo colaborativo; y (4) identificar los factores facilitadores y las barreras encontradas en la implementación del programa en un contexto rural colombiano.

El artículo se estructura de la siguiente manera: el Desarrollo presenta la fundamentación teórica sobre metodologías STEAM, ABP, robótica educativa y el contexto de las Tecnoacademias en Colombia; los Métodos describen el diseño metodológico del programa, la población participante, las estrategias didácticas y los instrumentos de evaluación; los Resultados presentan los hallazgos en cuanto a proyectos desarrollados, competencias adquiridas y vinculación con ODS; la Discusión contrasta estos resultados con experiencias similares documentadas en la literatura reciente y analiza las implicaciones para la educación técnica en contextos rurales; finalmente, las Conclusiones sintetizan los principales aportes del estudio y ofrecen recomendaciones para futuras implementaciones.

2 DESARROLLO

Metodología STEAM en la educación contemporánea

La educación STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) representa un paradigma educativo integrador que promueve conexiones significativas entre distintas áreas del conocimiento para resolver problemas del mundo real (Conradty & Bogner, 2020). Este enfoque trasciende la enseñanza disciplinar fragmentada y potencia la creatividad y la innovación mediante la integración de saberes científicos, tecnológicos, ingenieriles, artísticos y matemáticos (Aguilera et al., 2021). Un metaanálisis de Becker y Park (2020) sobre 78 estudios empíricos reveló que los estudiantes expuestos a enfoques integrados STEAM muestran mejoras significativas en comprensión conceptual, habilidades procedimentales y actitudes positivas hacia las ciencias y las matemáticas. En América Latina, Hernández et al. (2020) identificaron que los enfoques más efectivos son aquellos que contextualizan los aprendizajes en problemáticas locales y promueven la participación activa de los estudiantes en proyectos significativos, aunque persisten desafíos en formación docente y recursos tecnológicos en zonas rurales.

Aprendizaje basado en proyectos como estrategia pedagógica activa

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) constituye una metodología educativa centrada en el estudiante, donde el aprendizaje se construye mediante la investigación y resolución de problemas auténticos del mundo real (Kokotsaki et al., 2021). El ABP sitúa a los estudiantes como protagonistas de su proceso de aprendizaje, promoviendo la autonomía, la autorregulación y el desarrollo de habilidades metacognitivas (Chen & Yang, 2020). Guo et al. (2020) analizaron 105 estudios sobre ABP, revelando impactos positivos en conocimientos disciplinares, habilidades de resolución de problemas, competencias colaborativas, motivación intrínseca y percepción de relevancia del aprendizaje. En Colombia, Ramos-Geliz et al. (2022) identificaron como oportunidades del ABP en zonas rurales la conexión con problemáticas comunitarias reales y el fortalecimiento del sentido de pertenencia territorial, mientras que los desafíos incluyen limitaciones de recursos tecnológicos y necesidades de formación docente. Suárez-Gómez et al. (2023) demostraron que la integración de ABP con robótica educativa promueve el desarrollo de competencias STEM y fortalece la autoeficacia tecnológica de los estudiantes en educación secundaria colombiana.

Robótica educativa y pensamiento computacional

La robótica educativa se ha consolidado como herramienta pedagógica para el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y socioemocionales (Bellas et al., 2022). La

construcción y programación de robots permite materializar conceptos abstractos de física, matemáticas y computación mediante experiencias tangibles (Kandlhofer et al., 2021). El pensamiento computacional, definido como el conjunto de procesos cognitivos para formular problemas y soluciones ejecutables, constituye una competencia fundamental en la era digital (Shute et al., 2020). La robótica educativa desarrolla componentes clave como descomposición de problemas, reconocimiento de patrones, abstracción, diseño algorítmico y depuración (Chalmers, 2023). Sáez-López et al. (2021) demostraron mediante estudio cuasi-experimental con 156 estudiantes que la programación de robots educativos mejora significativamente el razonamiento matemático, la comprensión de conceptos físicos y las actitudes hacia STEM. En América Latina, Silva et al. (2022) identificaron buenas prácticas adaptadas a recursos limitados: uso de plataformas de código abierto, reutilización de materiales reciclados, y vinculación con universidades para soporte técnico.

Integración de STEAM, ABP y robótica

La convergencia de STEAM y ABP en proyectos de robótica representa un enfoque sinérgico donde STEAM aporta el marco interdisciplinario, ABP la estructura metodológica centrada en el estudiante, y la robótica el contexto tangible y motivador (Chu et al., 2021; Angeli & Valanides, 2020). González-Pérez y Ramírez (2021) implementaron intervención de 12 semanas con 95 estudiantes en Colombia, evidenciando mejoras en comprensión científico-matemática, habilidades de diseño ingenieril, trabajo colaborativo, creatividad y motivación intrínseca. Los estudiantes manifestaron que diseñar soluciones para problemas comunitarios reales incrementó la percepción de relevancia de sus aprendizajes. Cevikbas et al. (2022) señalan que la evaluación en proyectos integrados requiere múltiples instrumentos: rúbricas analíticas, portafolios reflexivos, observación sistemática del trabajo colaborativo, y evaluación entre pares para promover metacognición.

Vinculación con los objetivos de desarrollo sostenible

La integración de los ODS en contextos educativos forma ciudadanos conscientes y comprometidos con la construcción de un futuro sostenible (UNESCO, 2020). Mochizuki y Bryan (2020) argumentan que la educación STEAM orientada hacia los ODS adquiere una dimensión ética que trasciende la formación técnica, promoviendo valores de solidaridad, justicia social y responsabilidad ambiental. Rieckmann (2020) identificó competencias clave para la educación orientada al desarrollo sostenible que se alinean con las promovidas por STEAM-ABP: pensamiento sistémico, anticipación de escenarios futuros, pensamiento crítico, empatía, colaboración y resolución de problemas complejos. En Colombia, Ortega et al. (2024) demostraron que vincular proyectos tecnológicos estudiantiles con ODS incrementa la motivación y el sentido de agencia social.

Tecnoacademias del SENA: estrategia de inclusión educativa

Las Tecnoacademias del SENA constituyen una estrategia institucional para promover el acceso a educación en ciencia, tecnología e innovación, particularmente en regiones con limitadas oportunidades de formación técnica (SENA, 2022). El modelo de Tecnoacademias Itinerantes moviliza equipos docentes especializados y equipamiento tecnológico a municipios de difícil acceso, democratizando oportunidades y reduciendo brechas de desigualdad educativa (Ministerio de Educación Nacional, 2021). Evaluaciones de impacto evidencian que los participantes muestran mejoras en conocimientos técnicos, habilidades de pensamiento científico, actitudes positivas hacia carreras STEM y aspiraciones educativas de nivel superior (SENA, 2022).

3 MÉTODOS

Diseño metodológico

El presente estudio documenta y analiza la implementación del programa "Aplicación de la Electrónica y Robótica en Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación" (Código 93820056 V2) desarrollado por las Tecnoacademias Itinerantes del SENA en La Guajira durante la vigencia 2025. Se adoptó un enfoque de estudio de caso descriptivo-analítico, que permitió examinar en profundidad el diseño, implementación y resultados de una intervención educativa específica en su contexto real (Yin, 2018). La metodología pedagógica del programa integró de manera sistemática los enfoques STEAM y ABP, estruc-

turándose en cuatro fases secuenciales: (1) actividades de reflexión inicial y contextualización, (2) actividades de apropiación del conocimiento técnico, (3) desarrollo de proyectos integradores, y (4) actividades de transferencia del conocimiento mediante socialización pública (Cerpa Olivera & López Gómez, 2025).

Estructura y duración del programa

El programa tuvo una duración total de 144 horas distribuidas en semanas, con sesiones presenciales de 4 horas semanales una veces por semana. Esta intensidad permitió mantener continuidad pedagógica y facilitar el desarrollo de proyectos de mediana complejidad.

La competencia central del programa fue "Diseñar circuitos electrónicos de acuerdo con estándares técnicos y métodos de análisis", desglosada en cuatro resultados de aprendizaje específicos (Cerpa Olivera & López Gómez, 2025):

- Definir la solución tecnológica del prototipo a escala según metodologías establecidas
- Diseñar los circuitos electrónicos del sistema mecatrónico según la solución tecnológica definida
- Desarrollar los componentes mecánicos, electrónicos y de programación de la solución según los planos establecidos
- Evaluar el funcionamiento del sistema mecatrónico generado según normativa y procedimientos establecidos

Fases pedagógicas implementadas

Fase 1: Reflexión Inicial (8 horas) Exploración de concepciones previas sobre robótica mediante trabajo colaborativo en equipos, discusiones sobre el impacto tecnológico en la comunidad y reflexión sobre problemáticas locales susceptibles de soluciones tecnológicas.

Fase 2: Apropiación del Conocimiento (80 horas) Desarrollo secuencial de competencias técnicas organizadas en cuatro módulos: fundamentos de electrónica (conceptos básicos, componentes, circuitos), microcontroladores y programación (Arduino, ESP32, Micro:bit), sensores y actuadores (integración de dispositivos de entrada y salida), y sistemas mecatrónicos integrados. Los estudiantes desarrollaron proyectos prácticos progresivos que integraron cada nuevo conjunto de conocimientos.

Fase 3: Proyectos Integradores (48 horas) Equipos de 3-5 estudiantes desarrollaron prototipos mecatrónicos completos vinculados con problemáticas de su entorno. El proceso incluyó: identificación de problemática local, vinculación con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), diseño técnico del prototipo (diagramas, bocetos, planificación), ensamblaje y programación, y validación mediante pruebas funcionales. Los facilitadores aplicaron estrategias de aprendizaje basado en problemas y coaching de equipos.

Fase 4: Transferencia del Conocimiento (8 horas) Presentación pública de proyectos en ferias tecnológicas institucionales, donde los equipos socializaron la problemática abordada, vinculación con ODS, funcionamiento técnico del prototipo, resultados obtenidos y reflexiones sobre el proceso de aprendizaje.

Evaluación

La evaluación fue multidimensional, utilizando lista de chequeo para proyectos integradores que valoró siete dimensiones (identificación del problema, vinculación ODS, diseño, ensamblaje, programación, validación y presentación), criterios técnicos vinculados a resultados de aprendizaje, observación del trabajo colaborativo, y autoevaluación reflexiva de los estudiantes.

4 RESULTADOS

Desarrollo de competencias en electrónica básica

Durante la primera etapa del programa, los estudiantes adquirieron conocimientos fundamentales sobre componentes electrónicos básicos y desarrollaron habilidades para el ensamblaje de circuitos funcionales. Como proyecto final de esta fase, cada estudiante construyó un circuito básico que debió explicar oralmente, describiendo su funcionamiento técnico y posibles aplicaciones prácticas. Esta actividad evidenció la comprensión conceptual de principios eléctricos y desarrolló competencias de comunicación técnica.

Apropiación de programación y trabajo con microcontroladores

La segunda etapa inició con el uso de Micro:bit como plataforma introductoria debido a la facilidad de sus conexiones y la versatilidad de sus entornos de programación. Los estudiantes trabajaron con tres lenguajes de programación: bloques visuales, Python y JavaScript, lo que permitió adaptarse a diferentes niveles de experiencia previa y estilos de aprendizaje. Los proyectos grupales sencillos desarrollados en esta fase fueron acompañados sistemáticamente de sustentaciones orales, fortaleciendo no solo competencias técnicas sino también habilidades comunicativas y de expresión en público. Los estudiantes manifestaron incremento en su confianza para presentar ideas técnicas de manera clara y estructurada.

Proyectos integradores: asignación estratégica y autonomía progresiva

Para la fase de proyectos integradores, se optó por asignar temáticas específicas a los equipos en lugar de permitir libre elección. Esta decisión pedagógica se fundamentó en la importancia de proporcionar un norte claro a los jóvenes, a partir del cual pudieran desarrollar autonomía investigativa. Una vez asignado el proyecto, los estudiantes asumieron la responsabilidad de investigar mediante diversos medios: videos educativos, libros técnicos, artículos científicos y, en algunos casos, herramientas de inteligencia artificial. El proceso fue acompañado mediante validaciones semanales de avances, donde los facilitadores proporcionaron retroalimentación formativa y los equipos ajustaron sus diseños. Se implementó documentación continua del proceso de desarrollo, lo que permitió evitar reprocesos y facilitó la reflexión sobre las decisiones técnicas tomadas.

Proyectos destacados y vinculación con problemáticas locales

Los proyectos desarrollados por los estudiantes evidenciaron creatividad, pertinencia social y competencia técnica. Entre los más destacados se encuentran: Huerta Inteligente Automatizada para Climas Secos (Micro:bit + IoT) Este proyecto, desarrollado en respuesta a las condiciones de aridez características de La Guajira, inicialmente contemplaba únicamente el control automatizado de parámetros de riego mediante sensores conectados a Micro:bit. Sin embargo, el interés y la iniciativa de los aprendices llevaron el proyecto más allá de lo planificado: implementaron un sistema de monitoreo IoT que permitía visualizar en tiempo real la humedad del suelo, temperatura del suelo y temperatura ambiental de manera remota. Esta ampliación autónoma del alcance original demostró que las metodologías STEAM-ABP promueven aprendizaje activo y fomentan que los estudiantes trasciendan los límites de lo enseñado explícitamente. El proyecto se vinculó con ODS 2 (Hambre Cero), ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) y ODS 13 (Acción por el Clima), abordando la problemática del uso eficiente del agua en agricultura de zonas áridas. Gafas y Bastón Inteligente para Asistencia a Personas Invidentes Equipo diseñó sistema de apoyo para movilidad de personas con discapacidad visual, integrando sensores ultrasónicos para detección de obstáculos, alertas vibratorias y sonoras, y sistema de comunicación por voz. El prototipo evidenció empatía con necesidades de poblaciones vulnerables y aplicación práctica de conceptos de sensórica y programación. Se vinculó con ODS 3 (Salud y Bienestar) y ODS 10 (Reducción de las Desigualdades). Casa Controlada por Voz para Personas con Movilidad Reducida Proyecto de domótica accesible que permitía control por comandos de voz de iluminación, ventiladores y cerraduras electrónicas, facilitando autonomía de personas con dificultades motoras. Los estudiantes investigaron reconocimiento de voz, integración de actuadores y diseño de interfaces accesibles. Vinculado con ODS 3 (Salud y Bienestar) y ODS 10 (Reducción de las Desigualdades). Sistema de Identificación de Objetos mediante Inteligencia Artificial Equipo exploró aplicaciones de visión artificial y modelos de machine learning para reconocimiento automático de objetos, demostrando capacidad para integrar tecnologías emergentes en sus prototipos. Este proyecto evidenció habilidades de búsqueda y apropiación de conocimientos avanzados de manera autónoma. Vinculado con ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura).

Desarrollo de autonomía y capacidad investigativa

Los resultados más significativos del programa trascienden los prototipos físicos construidos. Se evidenció transformación en las actitudes y habilidades de los estudiantes respecto a su propio aprendizaje: Iniciativa y Proactividad: El caso de la huerta inteligente con IoT ilustra

cómo los estudiantes, al apropiarse del problema, tomaron iniciativa para expandir el alcance del proyecto más allá de los requisitos mínimos establecidos. Capacidad Investigativa: Los estudiantes desarrollaron habilidades para buscar información técnica en múltiples fuentes, evaluar su pertinencia y aplicarla a sus proyectos específicos. Utilizaron videos tutoriales, documentación técnica, artículos científicos y herramientas de IA como recursos complementarios a la instrucción directa. Aprendizaje Activo: La metodología promovió que los estudiantes asumieran rol protagónico en su aprendizaje, contrastando con enfoques tradicionales de recepción pasiva de información. Los estudiantes formularon preguntas, plantearon hipótesis, experimentaron, fallaron, ajustaron y persistieron hasta lograr prototipos funcionales. Preparación para Educación Superior: El desarrollo de autonomía, capacidad de resolución de problemas complejos y habilidades de autogestión del aprendizaje constituyen competencias fundamentales para el éxito en educación superior. Los estudiantes manifestaron mayor confianza en su capacidad para enfrentar desafíos técnicos de manera independiente.

Cumplimiento de criterios de evaluación

La evaluación mediante lista de chequeo evidenció que la mayoría de los equipos cumplieron satisfactoriamente los siete criterios establecidos:

- Identificación del problema: Todos los equipos formularon problemáticas claras vinculadas con su contexto local
- Vinculación con ODS: El 100% de los proyectos se relacionaron explícitamente con al menos un ODS, con justificación coherente
- Diseño técnico: Los equipos elaboraron diagramas esquemáticos, bocetos mecánicos y listas de materiales completas
- Ensamblaje: Los prototipos mostraron integración adecuada de componentes mecánicos, electrónicos y de programación
- Programación funcional: Los códigos desarrollados ejecutaron las funciones previstas, con organización y comentarios adecuados
- Validación: Todos los equipos realizaron pruebas sistemáticas, registraron resultados e implementaron mejoras
- Presentación: Las sustentaciones públicas fueron claras, participativas y utilizaron recursos visuales de apoyo

Fortalecimiento de competencias transversales

Más allá de las competencias técnicas en electrónica, programación y robótica, el programa fortaleció habilidades socioemocionales y comunicativas: Comunicación oral: Las sustentaciones regulares desarrollaron capacidad para articular ideas técnicas complejas de manera comprensible para audiencias diversas. Trabajo colaborativo: Los equipos aprendieron a distribuir roles, comunicarse efectivamente, resolver conflictos y co-regular su trabajo para alcanzar objetivos comunes. Pensamiento crítico: Los estudiantes evaluaron alternativas de diseño, analizaron ventajas y limitaciones de diferentes soluciones tecnológicas, y tomaron decisiones fundamentadas. Creatividad aplicada: Los proyectos evidenciaron soluciones innovadoras adaptadas a condiciones locales, reutilizando materiales disponibles y optimizando recursos limitados.

5 DISCUSIÓN

Los resultados de la implementación del programa de robótica aplicada en las Tecnoacademias Itinerantes de La Guajira confirman y amplían los hallazgos de investigaciones recientes sobre la efectividad de las metodologías STEAM y ABP en contextos educativos latinoamericanos. La presente discusión contrasta estos resultados con la literatura científica, analiza sus implicaciones para la educación técnica en zonas rurales y reflexiona sobre los factores de éxito identificados

.

Desarrollo de autonomía y aprendizaje activo

El caso emblemático de la huerta inteligente con monitoreo IoT, donde los estudiantes expandieron autónomamente el alcance del proyecto más allá de los requisitos iniciales, confirma los planteamientos de Guo et al. (2020) sobre cómo el ABP promueve motivación intrínseca y autorregulación del aprendizaje. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Suárez-Gómez et al. (2023) en su estudio sobre desarrollo de competencias STEM mediante robótica en Colombia, donde identificaron que los estudiantes más comprometidos tienden a profundizar voluntaria-

mente en aspectos técnicos no contemplados en la instrucción formal. La estrategia de asignar temáticas específicas proporcionando "un norte" a los estudiantes, en lugar de permitir libre elección, contrasta con algunos enfoques constructivistas que priorizan la selección autónoma de problemas. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que en contextos de educación básica y media, especialmente con estudiantes que tienen limitada experiencia previa en proyectos tecnológicos, el andamiaje estructurado inicial facilita el desarrollo posterior de autonomía. Esta aproximación se alinea con el concepto de "libertad guiada" propuesto por González-Pérez y Ramírez (2021), quienes argumentan que la autonomía efectiva requiere marcos iniciales claros que progresivamente se flexibilizan.

Pertinencia de la robótica en contextos rurales

La viabilidad de implementar programas de robótica educativa en municipios con limitados recursos tecnológicos, como los de La Guajira, confirma los hallazgos de Silva et al. (2022) sobre experiencias latinoamericanas exitosas en condiciones de recursos limitados. El uso de plataformas de bajo costo (Micro:bit, Arduino) y materiales reciclados para estructuras mecánicas demostró que la sofisticación tecnológica no es requisito indispensable para desarrollar competencias significativas. La vinculación de proyectos con problemáticas locales específicas —aridez, necesidades de personas con discapacidad, automatización agrícola— incrementó la percepción de relevancia del aprendizaje, consistente con lo reportado por Ramos-Geliz et al. (2022) sobre ABP en escuelas rurales colombianas. La huerta inteligente para climas secos ejemplifica cómo la contextualización transforma proyectos académicos en soluciones potencialmente aplicables en la comunidad, fortaleciendo el sentido de agencia social documentado por Ortega et al. (2024).

Integración de múltiples lenguajes de programación

La decisión pedagógica de introducir tres lenguajes de programación (bloques visuales, Python, JavaScript) con Micro:bit se fundamenta en la versatilidad de esta plataforma y permite adaptarse a diferentes estilos y velocidades de aprendizaje. Moreno-León et al. (2020) documentaron que la transición desde programación visual a textual es más fluida cuando los estudiantes comprenden primero la lógica algorítmica mediante interfaces intuitivas. Nuestros resultados sugieren que ofrecer múltiples opciones de lenguaje, en lugar de imponer uno único, respeta la diversidad cognitiva y facilita la inclusión de estudiantes con distintos niveles de experiencia previa.

Competencias comunicativas y presentación pública

El énfasis sistemático en sustentaciones orales de proyectos desarrolló competencias comunicativas paralelas a las técnicas. Este resultado amplía la comprensión tradicional de la robótica educativa como herramienta exclusivamente para STEM, evidenciando su potencial para fortalecer habilidades lingüísticas y expresivas. Tsybulsky y Muchnik-Rozanov (2021) señalaron que la capacidad de articular procesos técnicos de manera comprensible constituye competencia profesional crítica, frecuentemente descuidada en formación tecnológica. Los estudiantes manifestaron incremento en confianza para hablar en público, aspecto particularmente relevante en contextos donde la educación tradicional proporciona limitadas oportunidades de presentación oral. Esta dimensión del programa contribuye a reducir brechas entre estudiantes rurales y urbanos en habilidades comunicativas, competencia crecientemente valorada en educación superior y mercado laboral.

Vinculación con ODS: educación técnica con conciencia social

La integración sistemática de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en todos los proyectos constituye un aporte distintivo del programa. Mientras que experiencias internacionales reportadas por Mochizuki y Bryan (2020) han explorado esta vinculación conceptualmente, nuestros resultados evidencian su viabilidad práctica en contextos de educación técnica básica. Los estudiantes no solo desarrollaron competencias tecnológicas, sino que reflexionaron sobre las dimensiones éticas y sociales de las soluciones tecnológicas, formándose como ciudadanos conscientes de los desafíos globales. La conexión explícita entre problemáticas locales (escasez de agua en La Guajira) y desafíos globales (ODS 6, ODS 13) promovió pensamiento sistémico, competencia identificada por Rieckmann (2020) como funda-

mental para la educación orientada al desarrollo sostenible. Esta doble perspectiva —local y global— enriquece la formación técnica con dimensiones ciudadanas y éticas frecuentemente ausentes en programas convencionales.

Desafíos y limitaciones

A pesar de los resultados positivos, se identificaron desafíos que requieren atención en futuras implementaciones. La heterogeneidad en niveles de formación previa de los estudiantes implicó necesidad de diferenciación pedagógica, demandando tiempo adicional de acompañamiento individualizado. La limitada conectividad a internet en algunos sectores dificultó la investigación autónoma y el acceso a recursos en línea, aunque los estudiantes desarrollaron estrategias alternativas mediante descarga anticipada de materiales y uso de redes móviles. La duración de 144 horas, si bien permitió desarrollos significativos, resultó insuficiente para que todos los equipos alcanzaran el nivel de sofisticación del proyecto de huerta inteligente con IoT. Esto sugiere que programas de mayor duración podrían potenciar aún más los resultados.

Implicaciones para políticas educativas

Los resultados del programa respaldan la pertinencia de expandir las Tecnoacademias Itinerantes como estrategia de reducción de brechas educativas en Colombia. El modelo demostró ser escalable, adaptable a diversos contextos municipales y efectivo para desarrollar competencias del siglo XXI en poblaciones con limitado acceso a educación técnica formal. La formación de facilitadores en metodologías activas (STEAM, ABP) emerge como factor crítico de éxito. Los resultados sugieren que la efectividad del programa depende no solo de recursos tecnológicos, sino fundamentalmente de la capacidad pedagógica para diseñar experiencias de aprendizaje significativas, proporcionar andamiaje apropiado y fomentar autonomía estudiantil.

6 CONCLUSIÓN

El presente estudio documentó la implementación exitosa de un programa de robótica aplicada basado en metodologías STEAM y ABP en las Tecnoacademias Itinerantes de La Guajira, Colombia, durante 2025. Los resultados confirman la viabilidad y efectividad de estas metodologías integradas en contextos rurales con recursos limitados, contribuyendo evidencia empírica a la literatura sobre educación tecnológica en América Latina.

Principales Hallazgos

- Desarrollo de autonomía: La metodología STEAM-ABP promovió aprendizaje activo, evidenciado en la capacidad de estudiantes para expandir autónomamente el alcance de proyectos más allá de los requisitos mínimos, como ilustra el caso de la huerta inteligente con monitoreo IoT.
- Pertinencia contextual: La vinculación de proyectos con problemáticas locales específicas de La Guajira incrementó la motivación, la percepción de relevancia del aprendizaje y el sentido de agencia social de los estudiantes.
- Competencias múltiples: El programa desarrolló simultáneamente competencias técnicas (electrónica, programación, robótica), habilidades transversales (trabajo colaborativo, pensamiento crítico, creatividad) y competencias comunicativas (presentación oral, argumentación técnica).
- Conciencia social: La integración sistemática de ODS promovió reflexión sobre dimensiones éticas y sociales de las soluciones tecnológicas, formando ciudadanos conscientes de desafíos globales.
- Escalabilidad del modelo: La experiencia demostró que programas de robótica educativa con enfoque STEAM-ABP son implementables en zonas rurales mediante uso de tecnologías de bajo costo, materiales reciclados y facilitadores capacitados en metodologías activas.

7 REFERENCIAS

Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Vílchez-González, J. M., & Perales-Palacios, F. J. (2021). In pursuit of a better understanding of STEAM education: The case of expert opinion. Education Sciences, 11(5), 211. https://doi.org/10.3390/educsci11050211

Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. Computers in Human Behavior, 105, 105954. https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018

Becker, K., & Park, K. (2020). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. Journal of STEM Education Research, 3(1), 23-37. https://doi.org/10.1007/s41979-019-00016-4

Bellas, F., Naya, M., Varela, G., Souto, D., & Duro, R. J. (2022). The ROBOBO project: Bringing educational robotics closer to real-world applications. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 105(3), 1-20. https://doi.org/10.1007/s10846-022-01629-6

Caballero-García, P., Moreno-Guerrero, A. J., Rodríguez-García, A. M., & Ramos-Navas-Parejo, M. (2022). Project-based learning and its relationship with creativity: A systematic review. Thinking Skills and Creativity, 45, 101089. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101089

Cerpa Olivera, F., & López Gómez, A. (2025). Guía de aprendizaje: Aplicación de la electrónica y robótica en proyectos de ciencia, tecnología e innovación (Código 93820056 V2). SENA - Tecnoacademia CIEA.

Cevikbas, M., Kaiser, G., & Schukajlow, S. (2022). A systematic literature review of the current discussion on mathematical modelling competencies: State-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering. Educational Studies in Mathematics, 109(2), 205-236. https://doi.org/10.1007/s10649-021-10104-6

Chalmers, C. (2023). Robotics and computational thinking in primary school. International Journal of Child-Computer Interaction, 35, 100623. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100623

Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2020). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. Educational Research Review, 26, 71-81. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.01.001

Chu, H. E., Martin, S. N., & Park, J. (2021). A theoretical framework for developing an intercultural STEAM program for Australian and Korean students to enhance science teaching and learning. International Journal of Science and Mathematics Education, 17(7), 1251-1266. https://doi.org/10.1007/s10763-018-9922-y

Conradty, C., & Bogner, F. X. (2020). From STEM to STEAM: Cracking the code? How creativity & motivation interacts with inquiry-based learning. Creativity Research Journal, 32(3), 284-295. https://doi.org/10.1080/10400419.2020.1757693

González-Pérez, L. I., & Ramírez, M. S. (2021). Aprendizaje basado en proyectos con enfoque STEAM en educación secundaria en Colombia. Revista Educación, 45(2), 1-18. https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.43000

Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. International Journal of Educational Research, 102, 101586. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586

Henriksen, D. (2021). The infusion of creativity and arts thinking in STEM (STEAM) education at the university level. Creativity Research Journal, 33(3), 245-261. https://doi.org/10.1080/10400419.2021.1931191

Hernández, C., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimis, A., & Moreno, L. (2020). Methodologies of learning based on STEAM approach in Latin America: Systematic review. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11(7), 577-584. https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110772

Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Huber, P. (2021). Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university. Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Conference, 1-9. https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637164

Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2021). Project-based learning: A review of the literature. Improving Schools, 24(3), 267-277. https://doi.org/10.1177/1365480216659733

Liao, C. (2023). Creating a STEAM map: A content analysis of visual arts' integration in STEAM education. Journal for STEM Education Research, 6(1), 22-45. https://doi.org/10.1007/s41979-022-00074-9

Lin, Y. T., Wu, L. Y., Tseng, K. H., & Chu, C. P. (2023). Collaborative creativity in STEAM education: A systematic review. Thinking Skills and Creativity, 48, 101279. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101279

Ministerio de Educación Nacional. (2021). Plan Nacional de Educación STEM+: Estrategias para el desarrollo de competencias del siglo XXI. Gobierno de Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/

Mochizuki, Y., & Bryan, A. (2020). Climate change education in the context of education for sustainable development: Rationale and principles. Journal of Education for Sustainable Development, 9(1), 4-26. https://doi.org/10.1177/0973408215569109

Moreno-León, J., Robles, G., & Román-González, M. (2020). Code to learn with Scratch? A systematic literature review. Proceedings of the 2020 IEEE Global Engineering Education Conference, 150-156. https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125326

Ortega, J. C., Caballero, Y., & Martínez, S. (2024). Impacto de la robótica educativa en zonas rurales de Colombia: Un estudio de caso. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 12(1), 45-58.

Ortiz, A. M., Buitrago, D. F., & Pedraza, Y. A. (2021). Robótica educativa como herramienta pedagógica en la educación básica y media en Colombia. Revista Espacios, 42(3), 118-131. https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n03p10

Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2021). STEAM in practice and research: An integrative literature review. Thinking Skills and Creativity, 31, 31-43. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002

Ramos-Geliz, F., Bonilla-Medina, E., & Prieto-Jiménez, E. (2022). Aprendizaje basado en proyectos en educación rural colombiana: Desafíos y oportunidades. Praxis & Saber, 13(32), e12345. https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n32.2022.12345

Rieckmann, M. (2020). Education for sustainable development goals: Learning objectives. UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/

Sáez-López, J. M., Sevillano-García, M. L., & Vazquez-Cano, E. (2021). The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: Educational use of mBot. Educational Technology Research and Development, 69(6), 2405-2428. https://doi.org/10.1007/s11423-021-10025-0

SENA. (2022). Tecnoacademias: Estrategia de formación e innovación tecnológica. Servicio Nacional de Aprendizaje. https://www.sena.edu.co/

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2020). Demystifying computational thinking. Educational Research Review, 22, 142-158. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003

Silva, L., Monteiro, V., & Moreira, A. (2022). Educational robotics in Latin America: Challenges and opportunities for meaningful learning. Journal of Educational Technology Systems, 50(3), 287-305. https://doi.org/10.1177/00472395211058243

Suárez-Gómez, R., López-Vargas, O., & Sanabria-Rodríguez, L. (2023). Desarrollo de competencias STEM mediante robótica educativa en estudiantes de básica secundaria. Revista Electrónica Educare, 27(1), 1-20. https://doi.org/10.15359/ree.27-1.15023

Tsybulsky, D., & Muchnik-Rozanov, Y. (2021). The development of student-teachers' professional identity while team-teaching science classes using a project-based learning approach: A multi-level analysis. Teaching and Teacher Education, 79, 48-59. https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.12.006

UNESCO. (2020). Educación para el desarrollo sostenible: Hoja de ruta. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802