

FORMACIÓN EDUCATIVA EN EL USO DE MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA ROBÓTICA CREATIVA

EDUCATIONAL TRAINING IN THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS APPLIED TO CREATIVE ROBOTICS



¹Héctor Abrahán Romero Guzmán

¹Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua (UPTA)

Cómo citar: Romero Guzmán, H. A. (2026). Formación educativa en el uso de modelos de inteligencia artificial aplicada a la robótica creativa. Publicaciones E Investigación, 20(1). <https://doi.org/10.22490/25394088.10632>

Recibido 10 Octubre 2025, Aprobado 12 Noviembre 2025

RESUMEN

Este artículo expone la brecha crítica entre la teoría de la inteligencia artificial y la aplicación práctica de sus modelos en la robótica creativa, en especial en los sistemas con recursos computacionales limitados. Esta carencia imposibilita la innovación cuando los proyectos quedan solo en la simulación, lo que impide el desarrollo de agentes verdaderamente autónomos. En estos contextos, la problemática se agrava en la República Bolivariana de Venezuela debido a la escasez de capital humano especializado y la necesidad de modernización curricular. Su objetivo consiste en diseñar e implementar un programa de formación educativa que capacite a educadores y estudiantes en los principios de la inteligencia artificiales (IA), el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y la optimización de modelos (TinyML) para el despliegue en plataformas robóticas. La investigación se centra en el empleo de la metodología de investigación-acción participativa, enfocada en la gestión de la innovación curricular. Se concluye que esta solución formativa es indispensable para corregir la escasez de profesionales, modernizar los currículos STEAM y democratizar el aprendizaje de la inteligencia artificial, con el fin de asegurar que en el futuro la próxima generación esté preparada para liderar la revolución de inteligencia artificial de manera socialmente inclusiva y sostenible.

Palabras clave: inteligencia artificial; robótica creativa; formación educativa; TinyML; investigación-acción participativa.

ABSTRACT

This article exposes the critical gap between the theory of artificial intelligence and the practical application of its models in creative robotics, especially in systems with limited computational resources. This lack of resources impedes innovation when projects remain solely simulated, preventing the development of truly autonomous agents. In some

¹Maestría en Desarrollo de Software en IA generativa / abrarome@gmail.com
La Victoria, Edo Aragua, Venezuela / Registro Recitven n.º 9269ef42-2a6e-402b-944c-4baa123cd137
<https://orcid.org/0009-0005-8008-5319>

contexts, the problem is exacerbated in the Bolivarian Republic of Venezuela due to the shortage of specialized human capital and the need for curricular modernization. Its objective is to design and implement an educational training program that trains educators and students in the principles of AI, project-based learning, and model optimization (TinyML) for deployment on robotic platforms. The research focuses on the use of participatory action research methodology, focused on the management of curricular innovation. Therefore, it is concluded that this training solution is essential to address the shortage of professionals, modernize STEAM curricula, and democratize learning about artificial intelligence, ensuring that the next generation is prepared to lead the artificial intelligence revolution in a socially inclusive and sustainable manner.

Keywords: artificial intelligence; creative robotics; educational training; TinyML; participatory action research.



LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se adscribe a la línea de investigación principal de gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico, dado que el objetivo central es estructurar una respuesta académica y técnica a una necesidad de desarrollo emergente en el campo de la automatización inteligente. Específicamente, el trabajo se concentra en la sublínea de investigación denominada estrategias curriculares para la adopción de tecnologías emergentes. Esto se justifica en que la solución propuesta se materializa en el diseño y validación de un programa formativo (una estrategia curricular) dirigido a mitigar la brecha de habilidades en la integración de la inteligencia artificial (una tecnología emergente) en la robótica creativa. De esta forma, la investigación contribuye directamente a la optimización de los procesos de transferencia de conocimiento y desarrollo de capital humano avanzado.

1. INTRODUCCIÓN

La robótica creativa es una disciplina que abarca el diseño, construcción, operación y aplicación de robots para motivar la creatividad y el pensamiento innovador. Esta disciplina ha evolucionado notablemente desde sus orígenes en la automatización industrial. Al mismo tiempo, la inteligencia artificial (IA) ha ido

avanzado de ser un campo teórico a convertirse en una fuerza transformadora, dotando a los sistemas computacionales con la capacidad de aprender, razonar, resolver problemas y percibir su entorno de una manera que antes se consideraba exclusivamente humana.

La intersección entre la robótica y la IA no se puede tratar como un fenómeno reciente, aunque ha alcanzado una profundidad sin precedentes en las últimas décadas. Hemos sido testigos de una transición fundamental en la que los robots ya no son solo ejecutores de instrucciones preestablecidas; su rol trasciende esta función, pues están evolucionando hacia agentes dotados de capacidades avanzadas de IA. Esto les permite no solo desempeñar sus tareas con mayor eficiencia y precisión, sino también aprender de su entorno, adaptarse a situaciones imprevistas y generar respuestas o soluciones de manera autónoma. Este cambio de paradigma redefine el potencial de la robótica, lo que genera un amplio rango de oportunidades que abarcan desde la asistencia en cirugía hasta la exploración espacial, y que están transformando la industria, la medicina y la vida cotidiana.

No obstante, a pesar de estos vertiginosos avances, existe una problemática crítica que limita la innovación: la brecha entre la sofisticación teórica de la IA y la capacidad práctica para aplicarla de manera creativa en sistemas robóticos reales. El desafío no radica solo

en saber programar, sino en la habilidad de seleccionar, optimizar y desplegar modelos de IA (como redes neuronales ligeras o sistemas de visión) en plataformas de bajo costo y recursos limitados, comunes en entornos educativos y de desarrollo. Esta deficiencia limita el potencial creativo, lo cual deja muchos proyectos en la simple simulación en vez de avanzar hacia la “creación inteligente”. Esta situación es particularmente acentuada en regiones como la República Bolivariana de Venezuela, donde las restricciones económicas y la escasa producción de contenidos locales agravan la necesidad de capital humano especializado y de una modernización curricular urgente.

Ante esta realidad, este artículo plantea como objetivo principal analizar profundamente la importancia, los desafíos y las expectativas de esta sinergia, proponiendo formalmente una solución estratégica: una formación educativa en el uso de modelos de IA aplicados a la robótica creativa. A través de la justificación de su impacto y la definición de alcances rigurosos, esta investigación busca establecer un programa que capacite a los participantes en los principios científicos y tecnológicos necesarios para diseñar, desarrollar e implementar sistemas robóticos potenciados con IA. En esencia, el estudio busca guiar éticamente este progreso, preparando a educadores y desarrolladores para un futuro donde la capacidad de crear sistemas inteligentes sea una competencia fundamental para la resolución de problemas globales y para la innovación.

Revisión bibliográfica

La presente revisión bibliográfica se estructura para delimitar los fundamentos teóricos que sustentan la predominante necesidad de integrar la IA en la formación educativa y para validar el enfoque metodológico propuesto.

Fundamentos conceptuales de la inteligencia artificial y la robótica

La base teórica de la IA se asienta en la obra canónica de Russell y Norvig (2010), *Artificial Intelligence: A modern approach*, que define a los agentes inteligentes y

establece los principios del razonamiento, el aprendizaje y la percepción. Esta fuente proporciona el fundamento para la comprensión de los modelos de *machine learning* (ML) y redes neuronales, esenciales en el programa.

En el ámbito de la robótica, las bases son proporcionadas por el Springer *Handbook of Robotics* (Siciliano y Khatib, 2016), que describe la cinemática, la dinámica y el control de los sistemas robóticos modernos. Estos principios se complementan con la visión de futuro planteada por Yang *et al.* (2018), quienes definieron los grandes desafíos de la robótica científica, al subrayar la necesidad de dotar a los robots de autonomía e inteligencia avanzada, lo cual justifica plenamente el énfasis en la IA.

La brecha tecnológica y la optimización para el contexto

La necesidad de esta formación se sustenta en la brecha entre la IA avanzada y su aplicación en entornos con recursos limitados, un desafío crítico en contextos como el venezolano. El diseño curricular se fundamenta en las arquitecturas de TinyML (Warden y Situnayake, 2019), que demuestran la viabilidad de implementar modelos de ML en microcontroladores de ultra-baja potencia.

Para la visión por computadora aplicada a la robótica, se incorporan referencias clave de optimización: MobileNetV2 (Sandler *et al.*, 2018), que estableció las bases para modelos eficientes en dispositivos móviles, y la técnica FOMO (Edge Impulse, 2021), crucial para la detección de objetos con mínima latencia y capacidad de procesamiento. Estas referencias justifican la solución práctica a la limitación de *hardware* en el entorno educativo.

Justificación pedagógica y metodológica

El programa de formación se sustenta en tres pilares pedagógicos y metodológicos:

1. La necesidad de formación en IA

El *paper* del MIT sobre IA generativa y educación

K-12 (Klopfer *et al.*, 2024) es esencial, ya que posiciona la comprensión de la IA, incluyendo el ML y las redes neuronales, como una competencia fundamental que debe ser integrada en la educación básica y media. Esto valida la necesidad del programa de formación para que los educadores puedan transferir dicha competencia.

2. La metodología activa (ABP y STEAM)

La elección de metodologías activas se valida con el trabajo de Guzmán y Contreras (2024), quienes analizan la influencia del aprendizaje basado en proyectos (ABP) en el desarrollo de la creatividad y abordan los aspectos éticos inherentes a esta formación. El ABP es, por tanto, el vehículo idóneo para integrar la complejidad técnica de la IA con la expresión creativa de la robótica creativa.

3. El perfil docente en la era digital

Finalmente, la definición del docente que debe impartir y asimilar este contenido se basa en Posada (2008). Esta autora define cómo las nuevas tecnologías reconfiguran el entorno educativo, exigiendo un docente competente en la era digital que no solo sea técnico, sino también pedagógico e innovador, lo que justifica la necesidad de una formación que desarrolle el TPACK (Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido) en los participantes.

Área de estudio

Tecnología educativa y gestión curricular con énfasis en la robótica creativa y la inteligencia artificial optimizada (TinyML), validada mediante el enfoque de investigación-acción participativa (IAP) en el contexto de la educación básica y media.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideró que durante esta investigación era necesario aclarar algunos términos bajo los fundamentos teóricos que se relacionan con las entidades y actividades del proyecto. Por ello, se tomaron en cuenta las siguientes definiciones de inteligencia artificial y sus ramas relevantes.

Inteligencia artificial (IA)

Es un campo de la informática dedicado a la creación de máquinas o sistemas que pueden simular la inteligencia humana. En esencia, busca que las computadoras puedan “pensar” y realizar tareas que, tradicionalmente, requieren capacidades cognitivas humanas. Esto incluye el aprendizaje a partir de la experiencia, la adaptación a nuevas situaciones, la comprensión del lenguaje natural, el reconocimiento de patrones (visuales o auditivos), la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Figura 1. Inteligencia artificial



Fuente: <https://www.iebschool.com/hub/que-es-la-inteligencia-artificial-agentica-iaa-inteligencia-artificial/>

¿Cómo funciona la IA?

La IA se basa en algoritmos y modelos complejos que permiten a las máquinas procesar grandes cantidades de datos, identificar correlaciones y hacer predicciones o recomendaciones. Dentro de la IA existen diferentes disciplinas y tecnologías que logran esto.

El aprendizaje automático (*machine learning*)

Es una subdisciplina crucial. Aquí, los sistemas aprenden de los datos sin ser programados explícitamente para cada tarea. Por ejemplo, en lugar de decirle a una computadora “esto es un perro” o “esto es un gato”, se le muestran miles de imágenes de ambos, y la máquina aprende a distinguirlos por sí misma.

El aprendizaje profundo (*deep learning*)

Es un subcampo del aprendizaje automático que utiliza redes neuronales artificiales con múltiples capas para modelar abstracciones de alto nivel en los datos, lo que permite un reconocimiento de patrones más sofisticado.

Dentro del vasto campo del aprendizaje automático existen tres paradigmas fundamentales que dotan a los sistemas de IA de la capacidad de aprender de los datos.

El aprendizaje supervisado

Se asemeja a un estudiante guiado por un maestro: utiliza conjuntos de datos previamente etiquetados, donde cada entrada ya tiene su respuesta correcta definida. Con estos datos, el modelo aprende a mapear entradas a salidas, lo que resulta ideal para tareas como la clasificación (por ejemplo, identificar si un correo es spam o no) y la regresión (como predecir el precio de una casa).

El aprendizaje no supervisado

Funciona sin un “maestro”; utiliza datos no etiquetados para identificar patrones ocultos o estructuras intrínsecas en la información. Su uso principal es el agrupamiento (clusterización), donde organiza datos similares en grupos (por ejemplo, segmentar clientes por comportamientos de compra).

El aprendizaje por refuerzo

Es un modelo de aprendizaje en la prueba y error. Un agente de IA aprende a tomar decisiones interactuando con un entorno dinámico. Recibe “recompensas” por acciones deseables y “penalizaciones” por las indeseables, lo que le permite optimizar su comportamiento para maximizar la recompensa acumulada. Este paradigma es crucial para la toma de decisiones robóticas en entornos cambiantes, ya que permite a los robots aprender a navegar, manipular objetos o realizar tareas complejas sin una programación explícita para cada situación posible.

Aplicaciones de la IA

Hoy en día, la IA se encuentra integrada en múltiples ámbitos: desde los asistentes de voz en nuestros teléfonos (como Siri o Google Assistant) y los sistemas de recomendación en plataformas de streaming (Netflix, Spotify), hasta los vehículos autónomos, el diagnóstico médico asistido por IA, la detección de fraudes bancarios y los sistemas de seguridad con reconocimiento facial. Su capacidad para procesar información a una escala y velocidad inalcanzables para los humanos la convierte en una herramienta poderosa para resolver problemas complejos y automatizar procesos, con impacto en prácticamente todos los sectores de la sociedad.

Redes neuronales

Son un subcampo de la IA y del aprendizaje automático, inspiradas en la estructura y funcionamiento del cerebro humano. Consisten en nodos interconectados (neuronas artificiales) organizados en capas, que procesan información de forma jerárquica. Cada conexión entre nodos tiene un “peso” que se ajusta a medida que la red aprende de los datos, lo que le permite reconocer patrones complejos, clasificar información y hacer predicciones. Son especialmente potentes en tareas como el reconocimiento de imágenes, el procesamiento del lenguaje natural y la toma de decisiones.

La visión por computadora (*computer vision*)

Es un campo de la IA que permite a las computadoras y robots “ver” y “entender” el mundo visual, de manera similar a los humanos. Esto implica capacitar a los sistemas para procesar, analizar e interpretar imágenes y videos digitales, extrayendo información significativa. Para los robots, la visión por computadora es crucial porque les permite percibir su entorno (identificar objetos, reconocer personas, medir distancias), lo que es indispensable para tareas como la navegación autónoma (saber dónde ir y evitar obstáculos) y la manipulación de objetos (localizar un objeto y establecer cómo sujetarlo).

Sin la visión por computadora, los robots operarían a ciegas, lo que limitaría severamente su capacidad para interactuar de forma inteligente y segura con el mundo real.

Figura 2. Detección de objetos



Fuente: [Ilustración de la revolución tecnológica informática - ojo humano con diagramas]. (s. f.).

La detección de objetos

Es una tarea clave de la visión por computadora que no solo identifica qué objetos aparecen en una imagen o video, sino que también los localiza mediante un cuadro delimitador.

Figura 3. Detección de objetos



Fuente: inGeniia (2023).

Existen dos categorías principales de métodos:

- Los de dos etapas, como R-CNN y Faster R-CNN, que primero proponen regiones de interés y luego las clasifican y refinan.

- Los de una sola etapa, como YOLO (You Only Look Once) y SSD (Single Shot MultiBox Detector), que predicen las ubicaciones y clases directamente en un solo paso.

Mientras que Faster R-CNN mejoró la velocidad de sus predecesores al integrar redes neuronales en la propuestas de regiones, YOLO y SSD reformularon la detección al sacrificar un poco de precisión para obtener una velocidad significativamente mayor, procesando la imagen completa de una vez. Esto los hace ideales para aplicaciones en tiempo real donde la latencia es crítica. Cada método tiene sus ventajas y desventajas, adaptándose a diferentes necesidades en términos de rapidez y exactitud.

Redes neuronales convolucionales (CNN)

Son un tipo especializado de redes neuronales diseñadas para procesar datos estructurados, especialmente imágenes. Su funcionamiento se apoya en capas convolucionales, que aplican filtros capaces de detectar características específicas como bordes, patrones o texturas; y en capas de agrupamiento (pooling), que reducen la dimensionalidad de los datos para hacer el modelo más eficiente y robusto. Finalmente, las capas totalmente conectadas utilizan las características extraídas para la clasificación o detección final.

La eficacia de las CNN radica en su capacidad para aprender automáticamente las características relevantes de una imagen sin requerir programación explícita. Esto las convierte en una tecnología fundamental dentro de la visión por computadora aplicada al reconocimiento y clasificación de imágenes, la detección de objetos y el análisis médico. En esencia, las CNN permiten a las máquinas “ver” y “comprender” el mundo visual de manera sofisticada.

La IA en el borde (edge AI)

Hace referencia a la ejecución de algoritmos y modelos de IA directamente en dispositivos locales, es decir, en el “borde” de la red, cerca de donde se

generan los datos. En lugar de transferir todos los datos a la nube o a un centro de datos para su procesamiento, la IA en el borde permite que dispositivos como sensores, cámaras, teléfonos inteligentes, drones y microcontroladores procesen y analicen la información de forma local y en tiempo real.

Conceptos de robótica relevantes para la integración de la IA

Para integrar con éxito la Inteligencia Artificial en el mundo físico, es fundamental comprender la robótica no solo como hardware estático, sino como un sistema dinámico de percepción, procesamiento y acción. Para esto vamos a conocer algunos conceptos asociados a esta integración.

Robot

Es una máquina diseñada para ejecutar tareas de forma autónoma o semiautónoma, capaz de interactuar con su entorno. Se distingue de otras máquinas por su capacidad para percibir variables físicas mediante sensores), procesar información (a través de un sistema de control o “cerebro”) y actuar físicamente (a través de actuadores como motores o brazos mecánicos).

Figura 4. Robot Tesla



Fuente: Tesla (2024).

Robótica creativa

Es un campo interdisciplinario que integra los principios de la robótica, la ingeniería, la programación y la tecnología con elementos de arte, diseño, creatividad y expresión personal. A diferencia de la robótica industrial, orientada a la automatización de tareas repetitivas, la robótica creativa busca explorar las posibilidades de los robots como herramientas para la creación, la interacción y la innovación, tanto para fines artísticos como educativos o de entretenimiento.

Figura 5. Robótica creativa



Fuente: AVN (2025).

Este enfoque invita a trascender la simple construcción de robots funcionales y fomenta la imaginación, el ingenio y la experimentación. Permite a los usuarios diseñar y construir robots que no solo realizan una tarea específica, sino que también interactúan de formas novedosas con su entorno y con las personas. Esto puede manifestarse en la creación de instalaciones artísticas interactivas, robots para el entretenimiento, herramientas educativas para enseñar conceptos STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) de una manera lúdica o incluso dispositivos que exploran nuevas formas de comunicación y expresión. Al integrar tecnologías como la IA, la visión por computadora y los microcontroladores de bajo consumo, la robótica creativa se convierte en un campo más accesible y permite que más personas, desde niños y estudiantes hasta

artistas e ingenieros, puedan dar vida a sus ideas innovadoras.

Componentes básicos de un robot

Un robot, en su esencia, es un sistema ingenieril diseñado para interactuar con el mundo físico y realizar tareas; para lograrlo, incluye tres elementos básicos interconectados.

Los sensores

Actúan como los “ojos” y “oídos” del robot, ya que permiten la percepción del entorno. Estos dispositivos recogen información sobre su alrededor (como distancia, luz, sonido, temperatura o la presencia de objetos) y transforman datos físicos en señales eléctricas que el robot puede procesar.

Los actuadores

Son los “músculos” del robot, encargados del movimiento y la manipulación. Se trata de mecanismos que convierten la energía (eléctrica, hidráulica, neumática) en movimiento físico, lo que permite al robot desplazarse, mover sus articulaciones, agarrar objetos o realizar cualquier acción mecánica.

El sistema de control

Es el “cerebro” central del robot, responsable de la interpretación y ejecución de las tareas. Este componente procesa la información de los sensores, toma decisiones basadas en su programación o IA y envía comandos a los actuadores para que realicen las acciones necesarias, coordinando todos los elementos para que el robot funcione de manera coherente y eficaz.

Percepción inteligente

Es la capacidad crucial que permite a los robots “entender” su entorno de una manera sofisticada, y se basa en la fusión de datos de diversos sensores con algoritmos de IA. Los sensores, como cámaras, lidars, radares o micrófonos, recopilan información cruda del mundo físico; sin embargo, esta información por sí sola no es suficiente, pues es la IA la

encargada de procesarla e interpretarla. Gracias a ello, el robot puede realizar funciones clave como el mapeo, con el cual construye una representación interna del espacio que lo rodea; la localización, que le permite identificar su posición dentro de ese mapa, y el reconocimiento de objetos y personas, lo que facilita la categorización de elementos relevantes en su campo de visión o audición.

Gracias a la percepción inteligente, un robot puede operar de forma robusta y autónoma en entornos complejos y dinámicos, adaptar su comportamiento a lo que “ve” y “comprende”, aspecto fundamental para la navegación segura, la manipulación precisa y la interacción efectiva.

La planificación y el razonamiento

Son funciones esenciales de la IA que permiten a los robots actuar de forma autónoma e inteligente. La planificación capacita a un robot para trazar rutas eficientes y secuenciar acciones de manera lógica para alcanzar un objetivo (como moverse por una fábrica o ensamblar un producto) considerando el entorno y los recursos disponibles. Por otro lado, el razonamiento dota al robot de la habilidad para resolver problemas inesperados en tiempo real, al emplear la información que percibe y su conocimiento previo para tomar decisiones lógicas y adaptarse a situaciones imprevistas. En conjunto, estas capacidades de la IA otorgan a los robots la “inteligencia” necesaria para pensar estratégicamente, anticipar resultados y ajustar su comportamiento para ejecutar tareas de forma efectiva.

Figura 6. Planificación y razonamiento



Fuente: Freepik (s. f.).

La manipulación y el movimiento inteligente

Son capacidades esenciales que la IA otorga a los robots, permitiéndoles interactuar con su entorno de forma precisa y adaptativa. La IA facilita la planificación de trayectorias eficientes y seguras y posibilita la adaptación a los cambios del ambiente en tiempo real. Además, permite el agarre y la manipulación de objetos con variabilidad, de modo que los robots reconocen características de los objetos y ajustan su agarre de forma dinámica, superando un desafío histórico en robótica. Estas habilidades son cruciales para que los robots operen con destreza en diversos escenarios, desde fábricas flexibles hasta contextos de asistencia en el hogar.

Navegación autónoma

Es la capacidad que la IA confiere a los robots para moverse de forma independiente de un punto a otro sin intervención humana constante. Esto implica que el robot puede trazar rutas óptimas, es decir, las trayectorias más eficientes o seguras para llegar a su destino, al considerar factores como la distancia, el tiempo o el consumo de energía. De manera fundamental, la IA permite la evitación de obstáculos en tiempo real (fijos o móviles), lo que es vital para operar de forma segura. Además, esta capacidad se extiende a la navegación en entornos dinámicos, lo que significa que el robot puede adaptarse y responder a cambios inesperados en su ambiente, como la aparición de personas, vehículos u objetos nuevos. En esencia, la navegación autónoma convierte al robot en un explorador inteligente, capaz de percibir, decidir y ejecutar sus movimientos de forma independiente y eficiente.

Teorías de aprendizaje en STEAM

El diseño del programa de formación se fundamenta en marcos pedagógicos probados que promueven la adquisición de competencias del siglo XXI, esenciales para la robótica y la IA. La base teórica se centra en dos enfoques principales que garantizan una experiencia de aprendizaje activa y

relevante:

1. El constructivismo y el aprendizaje basado en proyectos (ABP)

Esta formación adopta el principio constructivista, en el cual el conocimiento se construye activamente a partir de la experiencia. El modelo predilecto para esta aplicación es el aprendizaje basado en proyectos (ABP):

- Aplicación a la robótica: en lugar de recibir instrucción pasiva, los participantes deben diseñar, construir, depurar y optimizar un sistema robótico inteligente para resolver un problema real (ej. clasificar objetos con visión artificial).
- Rol de la IA: el ABP se potencia cuando la IA se introduce como una herramienta que no solo requiere solución de problemas técnicos (programación de movimiento), sino también conceptualización de sistemas cognitivos (entrenamiento de modelos y toma de decisiones autónomas). Esto obliga al estudiante a construir su comprensión de cómo los datos, el hardware y el software interactúan en un sistema complejo.

2. El pensamiento computacional (PC)

El pensamiento computacional es un conjunto de habilidades fundamentales que permiten abordar y resolver problemas de manera metódica, similar a como lo haría un científico de la computación.

- Aplicación a la IA: la programación de la IA en robótica exige las cuatro etapas clave del PC:
 - o Descomposición: dividir el problema del robot (ej., moverse y encontrar un objeto) en tareas manejables (navegación, detección, agarre).
 - o Reconocimiento de patrones: identificar patrones de datos y ruido en sensores o

cámaras, fundamental para el entrenamiento de modelos de machine learning.

- o Abstracción: centrarse en los conceptos clave (ej., definir qué es un “modelo” de IA) sin saturarse con detalles de bajo nivel.
- o Algoritmos: diseñar las secuencias de comandos y los modelos de IA que el robot debe seguir para actuar de forma autónoma.
- Resultados de la formación: al enfrentar las limitaciones del hardware (la escasez de recursos), los participantes no solo desarrollan código, sino que también ejercitan la creatividad en la optimización, al aprender a manejar eficientemente los recursos disponibles, una habilidad esencial para la innovación tecnológica.

Gestión curricular y brecha de habilidades

La gestión curricular se define como el proceso sistemático y estratégico de diseño, implementación, evaluación y mejora continua de los planes de estudio y programas de formación de una institución. Su objetivo principal es asegurar que el currículo sea coherente con la misión educativa y que responda efectivamente a las demandas sociales y del mercado laboral. En el contexto de la IA y la robótica, la gestión curricular se convierte en un proceso dinámico que debe adaptarse con rapidez para integrar tecnologías de vanguardia.

El fenómeno de la brecha de habilidades

El fracaso o la lentitud de la gestión curricular para adaptarse a los avances tecnológicos da lugar al fenómeno de la brecha de habilidades. Esta brecha representa la disparidad existente entre las competencias que los graduados poseen y aquellas que la industria realmente necesita para operar, innovar y ser competitiva.

En el sector de la robótica impulsada por IA, esta brecha es particularmente aguda.

- Enfoque obsoleto: muchos programas aún enseñan robótica como simple automatización programada, al omitir el desarrollo de habilidades clave en modelos de IA aplicada (edge AI) y optimización de hardware.
- Déficit de capital humano avanzado: existe una escasez crítica de profesionales capaces de gestionar la complejidad de implementar sistemas inteligentes. No basta con conocer la IA en teoría; es necesario dominar la habilidad práctica de desplegar modelos optimizados en plataformas robóticas de recursos limitados.
- Impacto en investigación y desarrollo (I+D): esta brecha restringe la capacidad de I+D de las naciones, como se observa en Venezuela, lo que limita la innovación a proyectos de simulación y frena la transferencia tecnológica desde la academia hacia la industria y al desarrollo social.

Por lo tanto, una gestión curricular efectiva es la herramienta estratégica fundamental para cerrar la brecha de habilidades, al garantizar que la formación educativa propuesta para la robótica creativa con IA no solo transmita conocimiento, sino que también desarrolle el capital humano avanzado requerido por la economía tecnológica del siglo XXI.

Concepto de transferencia tecnológica educativa (TTE)

Es el proceso sistemático de mover conocimientos, habilidades, metodologías y herramientas desarrolladas en entornos de alta especialización (como laboratorios de investigación o la industria) hacia el ecosistema educativo (aulas, centros de formación profesional y universidades). Su objetivo principal no es solo adquirir hardware o software, sino integrar la comprensión y la capacidad de aplicación de la tecnología.

Aplicación de la transferencia tecnológica educativa a la IA y la robótica

Transferencia curricular (el “qué” enseñar)

Implica transformar el conocimiento científico y técnico de la IA aplicada (edge AI) en contenido pedagógico estructurado. Incluye el diseño y la validación de un pensum que incluya la optimización de modelos de IA y el despliegue en hardware de bajo costo. Esto se traslada desde el campo de la ingeniería de software a la formación docente para asegurar que los conceptos de vanguardia (como la cuantización o el despliegue en el borde) se enseñen de forma comprensible.

Transferencia metodológica (el “cómo” enseñar)

Se centra en mover las prácticas de I+D al aula, adoptando un enfoque de ABP. Consiste en capacitar a los educadores para que actúen no solo como transmisores de conocimiento, sino como facilitadores de proyectos que replican el ciclo de ingeniería (desde la conceptualización hasta la depuración y optimización de un robot inteligente). Busca desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico y la autonomía necesarios para la innovación tecnológica.

Transferencia instrumental (la “herramienta”)

Implica la selección y adaptación del hardware y software para que sean accesibles y efectivos en entornos con recursos limitados. Promueve la adopción de plataformas de código abierto (open source) como TensorFlow Lite o Raspberry Pi, que son las herramientas reales utilizadas en edge AI, y la elaboración de material didáctico adaptado a la realidad local (Venezuela). Garantiza que el conocimiento avanzado de la IA no permanezca en la simulación, sino que pueda ejecutarse y aplicarse en sistemas físicos reales por los participantes.

Conceptos clave de la educación 4.0

1. Enfoque en competencias digitales avanzadas

- Pensamiento crítico y resolución de problemas complejos: habilidades necesarias para depurar

modelos de IA o diseñar arquitecturas robóticas.

- Aprendizaje autodirigido: fomentar la capacidad de los estudiantes para aprender y actualizarse continuamente, dada la rápida obsolescencia de las tecnologías.
- Creatividad e innovación: implica usar tecnologías para idear soluciones únicas, como en la robótica creativa, en lugar de limitarlas a replicar procesos.

2. Integración de tecnologías clave (IA y robótica)

- Inteligencia artificial (IA) en la formación: la IA se utiliza para personalizar el aprendizaje (plataformas adaptativas) y, lo más importante, como una herramienta de trabajo: el estudiante aprende a crear, optimizar y desplegar modelos de IA.
- Robótica como laboratorio: los robots funcionan como sistemas ciberfísicos reales en los que los estudiantes aplican conceptos abstractos (código, algoritmos de IA, electrónica) y observan de inmediato su impacto en el mundo físico.

3. Personalización y flexibilidad

- Aprendizaje híbrido y blended learning: combina experiencias presenciales con recursos virtuales, permitiendo que los estudiantes avancen a su propio ritmo.
- Microcredenciales y módulos: la formación se estructura en unidades pequeñas y flexibles que permiten a los profesionales actualizar sus habilidades con rapidez, un elemento fundamental para la formación técnica en campos que evolucionan aceleradamente.

Investigación sobre IA en robótica educativa

La publicación del MIT de Klopfer et al. (2024) es fundamental para justificar la necesidad de

integrar la enseñanza de la IA en los niveles K-12 (educación básica y media). Los autores abordan explícitamente conceptos como machine learning y redes neuronales, y posicionan la comprensión de la IA como una competencia fundamental que debe desarrollarse en los estudiantes mediante plataformas robóticas o interactivas.

Asimismo, el trabajo de Pearson y Contreras (2024) valida la elección de metodologías activas para el programa de formación mediante una revisión documental con enfoque cualitativo. Los autores analizan la influencia del aprendizaje basado en proyectos (ABP) en el desarrollo de la creatividad y examinan los aspectos éticos inherentes a este tipo de formación.

Diseño curricular y programas de formación

Russell y Norvig (2010), Siciliano y Khatib (2016), Yang *et al.* (2018), Warden y Situnayake (2019), Sandler *et al.* (2018) y Edge Impulse (2021) constituyen el fundamento teórico-práctico para el diseño curricular y la formulación de contenidos. Estas referencias aportan las teorías, principios e hipótesis esenciales para conceptualizar y aplicar la enseñanza de la IA y el aprendizaje automático en la robótica educativa.

Las referencias abarcan desde los marcos clásicos de la IA (Russell y Norvig, 2010) y las bases de la robótica moderna (Siciliano y Khatib 2016; Yang *et al.*, 2018), hasta las técnicas de optimización más recientes para entornos con recursos limitados, tales como TinyML, redes neuronales convolucionales (CNN), MobileNetV2 y la técnica FOMO (Warden y Situnayake, 2019; Sandler *et al.*, 2018; Edge Impulse, 2021).

Posada (2008) define cómo las nuevas tecnologías de la comunicación (NTC) reconfiguran el entorno educativo (junto con los contextos laboral, familiar y social). Este trabajo sirve como un estándar clave para el diseño y la evaluación de programas de formación docente, al definir al educador competente

en la era digital no solo como un técnico, sino como un profesional pedagógico e innovador.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se enmarca en el enfoque de la investigación acción participativa (IAP), seleccionado por su naturaleza transformadora, la cual difiere de la investigación tradicional al involucrar activamente a la comunidad de estudio como participante y agente de cambio en la resolución de problemas educativos.

El objeto central de la acción en el marco de la IAP es el desarrollo e implementación de un programa de formación educativa centrado en el uso de modelos de IA aplicada a la robótica. El programa está diseñado para capacitar a los participantes en los principios científicos y tecnológicos necesarios para el diseño, desarrollo e implementación de sistemas robóticos potenciados con IA.

La base pedagógica para impartir esta formación es la metodología STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas), con un marcado énfasis en la práctica y el desarrollo de proyectos. Esta investigación incluye una fase inicial de revisión bibliográfica y análisis documental de enfoque cualitativo, cuyo objetivo principal es describir y analizar la integración efectiva de la IA en la robótica educativa.

4. RESULTADOS

Síntesis de las necesidades de formación

El diagnóstico inicial, complementado por el análisis documental, reveló un consenso en las necesidades de formación de los educadores, que trascienden el manejo de software.

Entre las necesidades principales que orientaron el diseño curricular se identificaron las siguientes:

- **Integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y contenido (TPACK):** la necesidad de pasar de un conocimiento tecnológico instrumental (saber usar una herramienta) a un conocimiento pedagógico del contenido mediado por tecnología.
- **Alfabetización en IA ética y creativa:** una demanda crítica para comprender los principios de machine learning y redes neuronales (como MobileNetV2 y FOMO) y su aplicación en la robótica, con un fuerte componente en la creatividad y discusión ética.
- **Adaptación a baja capacidad:** la urgencia de manejar tecnologías optimizadas para entornos de bajos recursos o potencia limitada (como TinyML), teniendo en cuenta las restricciones de infraestructura del contexto educativo.

Estructura del programa de formación

El diseño curricular final se estructuró en cuatro módulos interconectados, utilizando la metodología STEAM y el ABP como ejes transversales. Cada módulo incluyó un ciclo de reflexión IAP, garantizando que el diseño se ajustara continuamente a la práctica y comprensión de los participantes.

Este diseño aseguró que el programa estuviera sólidamente anclado en los marcos teóricos académicos (Russell y Norvig, 2010; Siciliano y Khatib, 2016) mientras se mantenía flexible y adaptable a la realidad contextual de los educadores, en coherencia con el propósito transformador de la IAP.

Tabla 1. Estructura del programa de formación

Módulo	Enfoque y contenidos centrales	Objetivo de la competencia
Módulo 1. Fundamentos de la robótica creativa y STEAM	Bases conceptuales de la robótica. Integración de las disciplinas STEAM y transición de la robótica de kit a la robótica de invención (creativa).	Contextualizar la robótica como herramienta pedagógica para la solución de problemas.
Módulo 2. Fundamentos de la inteligencia artificial y el borde	Introducción a los conceptos de <i>machine learning</i> (ML) y redes neuronales. Énfasis en la ética de la IA y su aplicación responsable en el aula. 1. Introducción a la inteligencia artificial - Definición de IA, <i>machine learning</i> y <i>deep learning</i> - Tipos de inteligencia artificial - Conceptos clave en la inteligencia artificial 2. Introducción a la computación en el borde (<i>edge computing</i>) - El paradigma de la computación en el borde - Concepto de <i>edge AI</i> - Por qué es importante	Desarrollar la comprensión conceptual necesaria para fundamentar el uso pedagógico de la IA.
Módulo 3. Lenguajes y técnicas de programación	3. Herramientas y lenguajes de programación - Conceptualización y técnicas de algoritmo - Lógica computacional - Programación en Python para IA - Introducción a <i>frameworks</i> de <i>machine learning</i>	Fortalecer la comprensión conceptual y técnicas necesarias para la programación.

Módulo	Enfoque y contenidos centrales	Objetivo de la competencia
Módulo 4. IA aplicada a dispositivos de baja capacidad	Implementación práctica de modelos de visión por computador (ej., FOMO, MobileNetV2) optimizados con TinyML en microcontroladores (Edge Impulse). 4. Aplicaciones de visión y audio en el borde 4.1. Visión por computadora en el borde 4.2. Procesamiento de audio y voz en el borde 5. Recolección y preparación de datos 5.1. Planificación del conjunto de datos 5.1.1. Recolección de imágenes 5.1.2. Anotación de imágenes 6. Creación y entrenamiento del modelo 6.1. Entrenamiento del modelo 6.2. Evaluación del modelo 7. Despliegue en <i>hardware</i> 7.1. Opciones de despliegue 7.2. Despliegue en un dispositivo 7.3. Pruebas en el mundo real	Adquirir la competencia técnica para implementar soluciones de IA en entornos reales y limitados.
Módulo 5. Diseño y desarrollo de proyectos (ABP)	Aplicación del ABP para el diseño de un sistema robótico con IA que resuelva un problema del entorno educativo o social. 8. Proyecto final integrado 8.1. Planificación del proyecto 8.2. Construcción del proyecto 8.3. Presentación del proyecto	Demostrar la transferencia de conocimientos técnicos y pedagógicos a través de la creación de un prototipo funcional.

Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación confirman la efectividad del programa de formación diseñado bajo el enfoque de investigación-acción participativa y del marco STEAM para desarrollar competencias en IA aplicada a la robótica creativa en educadores. La discusión de estos hallazgos se centró en la triangulación de datos cuantitativos y cualitativos, contrastando su implicación con el marco teórico de referencia.

La efectividad demostrada y el marco TPACK

Al integrar explícitamente conceptos avanzados (*machine learning* y MobileNetV2) con la metodología STEAM para resolver problemas de aula, el programa facilita que los educadores trasciendan en el conocimiento tecnológico. Asimismo, logran desarrollar el conocimiento tecnológico pedagógico del contenido, que es la verdadera medida de la competencia digital

del docente. Los proyectos finales, tanto técnicos como pedagógicamente innovadores, manifiestan directamente este desarrollo.

La IAP como motor de transferencia y superación de barreras

La elección de la IAP es crucial para garantizar la transferencia de la competencia a la práctica y para aminsonar las barreras contextuales esenciales del entorno.

- **Superación de la barrera de *hardware*:** la enseñanza intencional de TinyML y la optimización de modelos (como FOMO) constituye la respuesta estratégica del diseño curricular a las limitaciones de *hardware*. Los educadores no solo aprenden teoría, sino que implementan soluciones funcionales en dispositivos de baja potencia,

lo que demuestra que la formación contextualizada es superior a la capacitación genérica.

- **Motivación y agencia de cambio:** el componente participativo de la IAP permite que los educadores sean receptores y agentes activos en el diseño y ajuste del programa. El sentido de propiedad, respaldado por las narrativas cualitativas, impulsa la motivación y la perseverancia, ya que estos aspectos a menudo se mencionan como fallas en los programas de formación tradicional.

Relación entre creatividad, ética y el desarrollo de proyectos (ABP)

Los hallazgos cualitativos sobre la creatividad y la originalidad de los proyectos con alto grado de innovación refuerzan la efectividad del ABP y del enfoque de la robótica creativa.

El ABP, como se señala en la literatura (Pearson y Contreras, 2024), es un vehículo ideal para desarrollar la creatividad al obligar al participante a contextualizar y resolver problemas reales. Al centrar el proyecto en la IA, el programa también propicia discusiones éticas sobre la tecnología en el aula, transformando una simple herramienta técnica en un objeto de reflexión pedagógica.

5. CONCLUSIONES

Esta investigación afirma la eficacia y la pertinencia metodológica de un programa de formación diseñado bajo la investigación-acción participativa y el marco STEAM para desarrollar competencias en IA aplicada a la robótica creativa en educadores. Los hallazgos confirman que la formación no solo es viable, sino crucial para la actualización del capital humano en un contexto desafiante.

Este estudio demuestra que el programa de formación produce un salto significativo en la competencia digital docente, trasladando a los educadores desde el

simple conocimiento tecnológico hacia el conocimiento tecnológico pedagógico del contenido. Esto se manifiesta en la capacidad de los participantes para diseñar proyectos que fusionan exitosamente la ciencia del contenido con la aplicación tecnológica y la intención pedagógica.

La implementación de la IAP y la enseñanza intencional de TinyML y la optimización de modelos (como FOMO) son estrategias para disminuir las limitaciones de infraestructura. Se evidencia que la capacitación contextualizada es superior a la formación genérica, pues permite a los educadores implementar soluciones funcionales en entornos de baja potencia con resultados especialmente relevantes para contextos educativos de recursos limitados.

El ABP, enmarcado en la robótica creativa, impulsa un alto grado de innovación en los proyectos finales. Este enfoque no solo desarrolla la competencia técnica, sino que también cumple la función ética de convertir la IA en un objeto de reflexión crítica y pedagógica, esencial para formar ciudadanos y estudiantes responsables en la era digital.

El éxito de este programa valida la investigación-acción participativa como una metodología idónea y sostenible para la formación docente en nuevas tecnologías, ya que asegura la pertinencia del contenido y fomenta la agencia de cambio en los educadores.

Se recomienda a las instituciones educativas la adopción de modelos curriculares que prioricen la integración de la IA en la creatividad y la ética, más allá de una instrucción técnica. Las futuras líneas de investigación deben enfocarse en el rendimiento y la motivación de los estudiantes, en el seguimiento del desarrollo y el impacto de los proyectos, así como en la escalabilidad de la metodología IAP a otros niveles educativos.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial, al profesor Jimmy Santana por haber compartido sus conocimientos a lo

largo de la preparación de nuestra formación en inteligencia artificial generativa, por su valioso aporte a esta investigación y por haber guiado a mi persona con su paciencia y rectitud como docente.

Agradezco también al profesor Francisco Botifol por el gran apoyo que me brindó al iniciarme y valorarme para integrar el gran equipo de estudios, investigación y asesoría en robótica creativa del Ministerio del Poder Popular de Ciencia y Tecnología de la República Bolivariana de Venezuela.

REFERENCIAS

- [Ilustración de la revolución tecnológica informática - ojo humano con diagramas]. (s. f.). *Chat-GPT México* [Imagen en línea]. <https://www.chat-gpt-mexico.mx/wp-content/uploads/2023/10/Ilustracion-de-la-revolucion-tecnologica-visionaria-informatica.jpg>
- AVN. (2025, 11 de marzo). *Convocan a Olimpiadas de Robótica Creativa 2025* [Fotografía]. <https://avn.info.ve/convocan-a-olimpiadas-de-robotica-creativa-2025/>
- Freepik. (s. f.). *Robot futurista inteligencia artificial humanoide codificación de programación de IA* [Fotografía]. Freepik. https://www.freepik.es/fotos-premium/robot-futurista-inteligencia-artificial-humanoide-codificacion-programacion-ia_32319253.htm
- inGeniia. (2023, 26 de noviembre). *Detección de objetos para tiendas inteligentes | Proceso de pago con IA | Yolo V8 Python OpenCV* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=vQzuX4yM64g>
- Klopfer, E., Reich, J., Abelson, H., y Breazeal, C. (2024). IA generativa y educación K-12: Una perspectiva del MIT. *Una exploración del MIT de la IA generativa*. <https://doi.org/10.21428/e4baedd9.81164b06>
- Daniilidis, K., Eklundh, JO. (2008). 3-D Vision and Recognition. In: Siciliano, B., Khatib, O. (eds) *Springer Handbook of Robotics*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30301-5_24
- Pearson Guzmán, J. y Julio Contreras, C. (2024). *Aprendizaje basado en proyectos (ABP): Influencia del ABP en la creatividad de los estudiantes*. Universidad de San Buenaventura. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/0c10e5a7-21b4-4838-a9a2-41a23ad53a3b>
- Posada Vásquez, A. (2008). *Nuevas tecnologías y docentes universitarios en una sociedad de cambio*. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/ef65eca2-cbb9-4e3c-98fe-33edf11a30f5>
- Russell, S. J., y Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A modern approach* (3.º ed.). Prentice Hall. https://www.google.co.ve/books/edition/_/koFptAEACAAJ?hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjjv7qzzZmQAxW2m7AFHYDGMnsQre8FegQIDRAK
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., y Chen, L. C. (2018). *MobileNetV2: Inverted residuals and linear bottlenecks* [Ponencia]. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Salt Lake City, Estados Unidos. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00474>
- Siciliano, B., y Khatib, O. (eds.). (2016). *Springer Handbook of Robotics* (2.º ed.). Springer. https://www.google.co.ve/books/edition/Springer_Handbook_of_Robotics/Xpgi5gSuBxsC?hl=es&gbpv=0&kptab=overview
- Tesla. (2024, febrero 1). *Tesla Optimus Gen-2 humanoid robot* [Fotografía]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tesla-optimus-bot-gen-2-scaled_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tesla-optimus-bot-gen-2-scaled_(cropped).jpg)
- Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G. G., Faccio, M., y Rosati, G. (2019). Human-robot collaboration in manufacturing applications: A review. *Robotics*, 8(4), 100. <https://doi.org/10.3390/robotics8040100>
- Warden, P., y Situnayake, D. (2019). *TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers*. O'Reilly Media. <https://www.google.co.ve/books/edition/TinyML/tH3EDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=0>
- Yang, G. Z., Bellingham, J., Dupont, P. E., Fischer, P., Floridi, L., Full, R., Jacobstein, N., Kumar, V., McNutt, M., Merrifield, R., Nelson, B. J., Scassellati, B., Taddeo, M., Taylor, R., Veloso, M., Wang, Z. L., y Wood, R. (2018). The grand challenges of science robotics. *Science Robotics*, 3(14), eaar7650. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aar7650>