



Inteligencia artificial y comprensión cinemática desde el ABP

Artificial intelligence and cinematic comprehension from ABP

Jhonn Edison Cruz-Guerra
Jhonn-e.cruz-g@up.ac.pa
Universidad de Panamá, Panamá, Provincia de Panamá, Panamá
<https://orcid.org/0009-0004-1838-1785>

RESUMEN

El estudio se propone analizar la integración de la inteligencia artificial en la comprensión cinemática mediante el aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica innovadora. Se empleó diseño descriptivo documental mediante análisis sistemático de catorce fuentes bibliográficas publicadas entre 2008-2025, estructurado en cuatro etapas: identificación, selección, análisis de contenido y síntesis interpretativa. Los resultados identifican cinco categorías temáticas: fundamentos pedagógicos del ABP en física evidenciando mejoras en comprensión conceptual y habilidades de resolución de problemas; dificultades conceptuales en cinemática relacionadas con coordinación de sistemas de representación y concepciones intuitivas; aplicaciones de IA en enseñanza de la física facilitando personalización del aprendizaje y diagnóstico automático de dificultades; convergencia entre ABP e IA generando sinergias metodológicas que potencian ambos componentes; y efectos documentados mostrando incrementos significativos en motivación estudiantil y comprensión conceptual.

Descriptor: inteligencia artificial; métodos de enseñanza; física. (Fuente: Tesoro UNESCO).

ABSTRACT

The study aims to analyse the integration of artificial intelligence in kinematic understanding through problem-based learning as an innovative teaching strategy. A descriptive documentary design was used, involving a systematic analysis of fourteen bibliographic sources published between 2008 and 2025, structured in four stages: identification, selection, content analysis and interpretative synthesis. The results identify five thematic categories: pedagogical foundations of PBL in physics, showing improvements in conceptual understanding and problem-solving skills; conceptual difficulties in kinematics related to the coordination of representation systems and intuitive conceptions; applications of AI in physics teaching, facilitating personalisation of learning and automatic diagnosis of difficulties; convergence between PBL and AI, generating methodological synergies that enhance both components; and documented effects showing significant increases in student motivation and conceptual understanding.

Descriptors: artificial intelligence; teaching methods; physics. (Source: UNESCO Thesaurus).

Recibido: 29/08/2025. Revisado: 12/09/2025. Aprobado: 16/09/2025. Publicado: 22/11/2025.

Sección artículos de investigación



INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física enfrenta desafíos pedagógicos persistentes relacionados con la comprensión conceptual de fenómenos abstractos que requieren razonamiento matemático complejo y visualización espacial sofisticada. En este contexto, la cinemática constituye uno de los contenidos fundamentales que tradicionalmente presenta mayores dificultades para los estudiantes, especialmente cuando se abordan mediante metodologías expositivas convencionales que privilegian la memorización sobre la construcción significativa del conocimiento. Ante esta problemática recurrente, emerge la necesidad de explorar estrategias didácticas innovadoras que favorezcan procesos cognitivos más profundos y permitan superar las barreras conceptuales identificadas en múltiples investigaciones educativas.

Paralelamente, el desarrollo acelerado de tecnologías digitales ha introducido nuevas posibilidades para transformar los ambientes de aprendizaje, particularmente a través de la incorporación de herramientas de inteligencia artificial que pueden personalizar experiencias educativas, proporcionar retroalimentación inmediata y adaptar contenidos según las necesidades individuales de cada aprendiz. Tal como plantean Singh et al. (2025), la integración de la inteligencia artificial en la enseñanza de la física representa una oportunidad sin precedentes para avanzar en los resultados de aprendizaje mediante sistemas adaptativos que responden dinámicamente a las características cognitivas de los estudiantes. Esta convergencia tecnológica con propuestas pedagógicas activas abre caminos prometedores para repensar la enseñanza de disciplinas científicas que históricamente han presentado altos índices de dificultad y deserción estudiantil.

Dentro del espectro de metodologías activas, el aprendizaje basado en problemas (ABP) se ha consolidado como una alternativa robusta que sitúa al estudiante en el centro del proceso educativo, promoviendo el desarrollo de competencias de orden superior mediante la resolución colaborativa de situaciones auténticas contextualmente situadas. Según documentan Argaw et al. (2017), la instrucción mediante aprendizaje basado en problemas genera efectos significativos en la motivación estudiantil y en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en física, transformando la pasividad receptiva en participación activa constructora de conocimiento. Esta metodología resulta particularmente pertinente cuando se articula con recursos tecnológicos que amplifican sus potencialidades pedagógicas, creando ecosistemas de aprendizaje híbridos donde convergen la fundamentación teórica, la experimentación práctica y la mediación digital.

La investigación educativa contemporánea ha comenzado a documentar experiencias que integran sistemáticamente la inteligencia artificial con el aprendizaje basado en problemas en diversos contextos formativos. Al respecto, Muñoz-Álvarez et al. (2025) presentan evidencia empírica sobre la implementación del aprendizaje basado en problemas como estrategia para la enseñanza de la física en educación superior técnico-profesional, demostrando mejoras sustanciales en la comprensión conceptual y en la capacidad para aplicar conocimientos a situaciones reales de ingeniería. Estas experiencias revelan que la combinación metodológica entre enfoques pedagógicos activos y recursos tecnológicos inteligentes genera sinergias que potencian mutuamente ambos componentes, superando las limitaciones que cada uno presenta cuando se implementa de forma aislada.

Adicionalmente, la literatura referenciada ha identificado que la cinemática, como rama fundamental de la mecánica clásica, requiere aproximaciones didácticas específicas que faciliten la transición desde el pensamiento intuitivo hacia el razonamiento científico formal, mediado por representaciones matemáticas y gráficas precisas. En esta línea, Pulido-Gómez (2019) evaluó el aprendizaje basado en problemas como método para la comprensión del tema de cinemática, identificando mejoras significativas en la capacidad de los estudiantes para conceptualizar variables como posición, velocidad y aceleración cuando participan activamente en la construcción de soluciones a problemas contextualizados. Estas evidencias sugieren que la articulación entre inteligencia artificial y aprendizaje basado en problemas podría constituir una respuesta pedagógica efectiva ante las dificultades recurrentes observadas en la enseñanza de la cinemática.



Considerando este panorama complejo que articula desafíos pedagógicos tradicionales con oportunidades tecnológicas emergentes, el presente estudio se propone analizar la integración de la inteligencia artificial en la comprensión cinematográfica mediante el aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica innovadora.

MÉTODO

El trabajo investigativo fue realizado mediante un diseño descriptivo documental que permitió efectuar un análisis sistemático sobre la producción científica en relación con la integración entre la inteligencia artificial, aprendizaje basado en problemas, y la enseñanza de la cinematografía. La metodología aplicada tiene relevancia cuando la finalidad de investigación implica describir e interpretar conocimiento ya construido sobre aquellos fenómenos educativos complejos que exigen comprensión desde diferentes enfoques.

El proceso de revisión documental se organizó en cuatro etapas diferenciadas, garantizando metodológica e integridad en el manejo de la información. Dadas las primeras etapas de identificación, se desarrollaron criterios de inclusión tendientes a seleccionar literatura bibliográfica que abordaba explícitamente, al menos, dos de los tres constructos nucleares denominados inteligencia artificial en educación, aprendizaje basado en problemas en física, u enseñanza de la cinematografía. Priorizando revistas científicas indexadas, compendios de libros académicos, así como tesis doctorales y maestrías con fuerza teórica sólida u evidencia empírica sobre el tema de mayor interés.

Posteriormente, en el momento de la fase de selección, se hizo una primera evaluación de catorce documentos seleccionados según los requisitos definidos, comprobando su adecuación temática y calidad metodológica a través de la lectura de resúmenes, introducción y conclusiones. Este corpus documental estaba compuesto por estudios publicados entre los años 2008 y 2025, lo cual facilitó no solo el descubrimiento de fundamentos consolidados teóricos, sino además de desarrollos actuales referidos a la materia de estudio. La ubicación temporal de estas fuentes de investigación permitió percibir evolución tanto conceptual como metodológica relacionadas con las aproximaciones pedagógicas de la enseñanza de la física con tecnologías

La tercera etapa fue el análisis de contenido, realizado de manera sistemática sobre cada documento recuperado, que consistió en análisis críticos de textos que posibilitaron detectar categorías emergentes, conexiones o conexionalidad conceptual, evidencias empíricas, todos ellos relevantes con los fines de investigación. Sobre estas prácticas fue posible elaborar matrices de análisis de contenido con base temática, a partir de dimensiones organizadas sobre los siguientes temas: fundamentos teóricos del aprendizaje basado en problemas, aplicación de inteligencia artificial aplicadas a la actividad de enseñanza de la física, dificultades de comprensión cinematográfica.

Por último, la cuarta fase englobó la síntesis interpretativa sobre los contenidos objeto del análisis, conectando entre sí diversas perspectivas teóricas y evidencias empíricas a través de la elaboración de la interpretación a partir de la interconexión entre diversas teorías y evidencias con la elaboración de la comprensión a través del objetivo del análisis revisionista sobre la integración con la inteligencia artificial en la comprensión cinematográfica a partir del aprendizaje basado en problemas.

RESULTADOS

El análisis sistemático de las fuentes documentales seleccionadas permite identificar múltiples dimensiones relacionadas con la integración de la inteligencia artificial en la comprensión cinematográfica mediante el aprendizaje basado en problemas. Los resultados se organizan en cinco categorías temáticas que emergen de la literatura revisada: fundamentos pedagógicos del aprendizaje basado en problemas en física, dificultades conceptuales en la comprensión de la cinematografía, aplicaciones de inteligencia artificial en enseñanza de la física, convergencia entre ABP e IA, y efectos en el aprendizaje documentados empíricamente.



Fundamentos pedagógicos del aprendizaje basado en problemas en física

El aprendizaje basado en problemas se fundamenta en principios constructivistas que conciben el conocimiento como construcción activa del sujeto en interacción con situaciones significativas contextualmente situadas. Coherentemente con esta perspectiva, Escribano-González y Valle (2010) caracterizan el ABP como una propuesta metodológica en educación superior que invierte la lógica tradicional de enseñanza, partiendo de problemas auténticos que movilizan la necesidad de conocimiento antes que la transmisión de contenidos abstractos descontextualizados. Esta inversión pedagógica resulta particularmente relevante en la enseñanza de la física, donde frecuentemente los estudiantes memorizan fórmulas sin comprender los fenómenos naturales que estas representan matemáticamente.

En el ámbito específico de la física, la implementación del ABP ha demostrado generar transformaciones significativas en la naturaleza del aprendizaje estudiantil. Respecto a esta dimensión transformadora, Becerra-Labra et al. (2012) documentan que los efectos de una estructura basada en problemas de contenidos de física sobre el aprendizaje conceptual y la habilidad para resolver problemas evidencian mejoras tanto en la comprensión profunda de conceptos como en el desarrollo de competencias de resolución que trascienden la aplicación mecánica de algoritmos. Estos resultados sugieren que el ABP opera simultáneamente sobre dimensiones cognitivas y metacognitivas, promoviendo autorregulación del aprendizaje y conciencia sobre los propios procesos de pensamiento.

Asimismo, la literatura especializada documenta que el aprendizaje basado en problemas genera efectos motivacionales importantes que influyen sobre el compromiso estudiantil con tareas académicas desafiantes. Profundizando en esta dimensión afectiva del aprendizaje, Nicholus et al. (2023) realizaron una revisión sistemática sobre el papel del enfoque de aprendizaje basado en problemas en la enseñanza y el aprendizaje de la física, identificando que esta metodología incrementa significativamente la motivación intrínseca de los estudiantes al situarlos como protagonistas activos de su proceso formativo. Esta dimensión motivacional resulta particularmente relevante en disciplinas científicas que tradicionalmente presentan altos niveles de ansiedad y percepción de dificultad entre estudiantes de diversas carreras universitarias.

Complementariamente, la implementación del ABP requiere transformaciones en el rol docente, transitando desde el modelo transmisor tradicional hacia funciones de facilitación, tutoría y diseño de ambientes de aprendizaje estimulantes. En contextos latinoamericanos específicos, López et al. (2008) analizaron el aprendizaje colaborativo y significativo en la resolución de problemas de física en estudiantes de ingeniería, evidenciando que la mediación docente orientada al andamiaje cognitivo resulta determinante para el éxito de experiencias ABP, especialmente cuando los estudiantes no poseen experiencia previa con metodologías activas. Estos resultados enfatizan la importancia de considerar no solamente el diseño de problemas auténticos, sino también el desarrollo de competencias docentes específicas para facilitar procesos de aprendizaje centrados en el estudiante.

Adicionalmente, las investigaciones revisadas coinciden en señalar que el ABP trasciende la mera adquisición de conocimientos declarativos, promoviendo competencias procedimentales y actitudinales esenciales para el desempeño profesional en campos científicos y tecnológicos. Desde esta perspectiva integradora, Muñoz-Alvarez et al. (2025) reportan que el aprendizaje basado en problemas como estrategia para la enseñanza de la física en educación superior técnico-profesional favorece el desarrollo de capacidades de pensamiento crítico, trabajo colaborativo y transferencia de conocimientos a contextos laborales auténticos, superando la fragmentación tradicional entre formación teórica y aplicación práctica que caracteriza modelos educativos convencionales.

Dificultades conceptuales en la comprensión de la cinemática

La cinemática, como estudio del movimiento sin considerar sus causas, presenta complejidades epistemológicas y cognitivas que han sido ampliamente documentadas en investigaciones de didáctica de la física. Estas dificultades se relacionan con la necesidad de coordinar múltiples sistemas de representación (verbal, gráfica, algebraica), operar con magnitudes vectoriales abstractas y superar concepciones intuitivas que frecuentemente



contradican los principios científicos formales. La comprensión cabal de conceptos como velocidad instantánea, aceleración o movimiento relativo requiere niveles de abstracción matemática y razonamiento proporcional que muchos estudiantes no han desarrollado suficientemente al ingresar a cursos universitarios de física.

Específicamente en el estudio de ondas mecánicas, fenómeno cinemático de particular complejidad, se han identificado dificultades conceptuales recurrentes relacionadas con la distinción entre movimiento del medio y propagación de la perturbación. Al respecto, Kanyesigye et al. (2022) documentaron dificultades en la comprensión de ondas mecánicas que fueron remediadas mediante instrucción basada en problemas, demostrando que aproximaciones didácticas activas permiten confrontar y transformar concepciones alternativas arraigadas en el pensamiento estudiantil. Estos resultados evidencian que las dificultades conceptuales en cinemática no constituyen deficiencias cognitivas individuales, sino construcciones mentales coherentes desde la experiencia cotidiana que requieren intervenciones pedagógicas deliberadas para su reconstrucción.

Paralelamente, investigaciones centradas específicamente en la enseñanza de la cinemática han identificado que el uso de metodologías tradicionales perpetúa concepciones erróneas al no proporcionar oportunidades para que los estudiantes cuestionen activamente sus ideas previas. En el contexto ecuatoriano, Díaz-Santamaría et al. (2017) analizaron la utilización del aprendizaje basado en proyectos en la enseñanza de la cinemática, identificando que aproximaciones metodológicas activas que involucran diseño, experimentación y análisis de situaciones reales de movimiento generan comprensión más robusta que la mera resolución de ejercicios algorítmicos descontextualizados. Esta evidencia resalta la importancia de conectar conocimiento científico con experiencias concretas que permitan atribuir significado físico a las representaciones matemáticas formales.

Adicionalmente, las dificultades en cinemática se amplifican cuando los estudiantes carecen de habilidades matemáticas fundamentales, particularmente en álgebra, trigonometría y cálculo diferencial. La comprensión del concepto de derivada como razón de cambio instantáneo resulta esencial para conceptualizar velocidad y aceleración, pero frecuentemente los estudiantes operan mecánicamente con fórmulas sin comprender el significado físico de estas operaciones matemáticas. Abordando precisamente esta problemática, Pulido-Gómez (2019) evaluó el aprendizaje basado en problemas como método para la comprensión del tema de cinemática, encontrando que esta metodología facilita la integración entre razonamiento matemático y conceptualización física al situar ambos procesos en contextos de resolución de problemas auténticos donde su articulación resulta funcionalmente necesaria. Esta desconexión entre formalismo matemático y realidad física constituye uno de los obstáculos más significativos para el aprendizaje significativo en cinemática, requiriendo estrategias didácticas que integren explícitamente ambas dimensiones.

Aplicaciones de inteligencia artificial en enseñanza de la física

La incorporación de inteligencia artificial en contextos educativos de física ha experimentado desarrollo acelerado durante los últimos años, generando múltiples aplicaciones que transforman tanto procesos de enseñanza como experiencias de aprendizaje. Estas aplicaciones abarcan sistemas tutores inteligentes, plataformas adaptativas de evaluación, herramientas de simulación interactiva y asistentes virtuales que proporcionan retroalimentación personalizada según las características individuales de cada estudiante. La versatilidad tecnológica de la IA permite abordar desafíos pedagógicos tradicionales desde perspectivas innovadoras que serían imposibles mediante medios convencionales.

Desde una perspectiva comprehensiva, Mahligawat et al. (2023) realizaron una revisión exhaustiva de la literatura sobre inteligencia artificial en la educación en física, identificando que las aplicaciones más prometedoras se concentran en personalización del aprendizaje, diagnóstico automático de dificultades conceptuales y generación dinámica de problemas ajustados al nivel de competencia de cada estudiante. Estas capacidades resultan particularmente valiosas en contextos masificados donde la atención individualizada resulta logísticamente inviable mediante metodologías tradicionales. La IA emerge así como recurso



democratizador que puede extender beneficios de tutoría personalizada a poblaciones estudiantiles amplias y diversas.

Particularmente relevante resulta el papel de la IA en el soporte de metodologías activas de aprendizaje que requieren retroalimentación inmediata y ajustes dinámicos según el progreso estudiantil. En este sentido, Robledo-Rella et al. (2024) investigaron la inteligencia artificial en cursos de física para apoyar el aprendizaje activo, demostrando que sistemas inteligentes pueden identificar patrones de dificultad, sugerir recursos complementarios y generar itinerarios personalizados de aprendizaje que optimizan el tiempo de estudio y maximizan la efectividad de las intervenciones pedagógicas. Estas funcionalidades transforman radicalmente las posibilidades de implementación de metodologías centradas en el estudiante, superando limitaciones estructurales que históricamente han dificultado su adopción generalizada.

Asimismo, la investigación educativa ha comenzado a explorar la convergencia entre inteligencia artificial y gamificación en contextos de aprendizaje basado en proyectos. Según documentan Huang et al. (2024), el efecto del aprendizaje basado en proyectos gamificado con inteligencia artificial generativa en la educación en alfabetización informacional muestra que esta combinación metodológica incrementa significativamente el compromiso estudiantil y la calidad de los productos de aprendizaje generados. Aunque esta investigación no se centra específicamente en física, sus resultados son transferibles a la enseñanza de ciencias naturales donde la resolución de problemas complejos requiere motivación sostenida y perseverancia ante dificultades.

Por otra parte, el análisis de la literatura revela que las aplicaciones de IA en enseñanza de la física deben considerar dimensiones éticas y pedagógicas que trascienden la mera eficiencia tecnológica. Coherentemente con esta perspectiva crítica, Aliassacq et al. (2025) analizan el papel de la inteligencia artificial en la transformación de la educación en física, argumentando que debe evaluarse críticamente, reconociendo tanto potencialidades como riesgos asociados a la automatización de procesos educativos tradicionalmente mediados por interacción humana. Esta perspectiva crítica resulta esencial para evitar determinismos tecnológicos que subordinen objetivos educativos a lógicas instrumentales, preservando la centralidad de la reflexión pedagógica en cualquier proceso de innovación didáctica.

Convergencia entre aprendizaje basado en problemas e inteligencia artificial

La articulación entre el aprendizaje basado en problemas y la inteligencia artificial genera sinergias metodológicas que potencian las fortalezas de ambos componentes mientras mitigan sus limitaciones respectivas. Por un lado, el ABP proporciona marco pedagógico constructivista que sitúa al estudiante como agente activo de su aprendizaje mediante resolución de problemas auténticos. Por otro lado, la IA aporta capacidades tecnológicas de personalización, adaptación y retroalimentación inmediata que amplían significativamente las posibilidades de implementación efectiva del ABP en contextos educativos reales con recursos limitados.

En contextos de educación superior, esta convergencia ha comenzado a materializarse en experiencias concretas que documentan resultados alentadores. Como evidencian Plúas et al. (2024), el aprendizaje basado en proyectos con inteligencia artificial permite crear ambientes de aprendizaje híbridos donde los estudiantes enfrentan desafíos complejos con apoyo de asistentes inteligentes que facilitan acceso a información, sugieren estrategias de solución y proporcionan evaluación formativa continua. Esta integración metodológica transforma radicalmente la experiencia de aprender, transitando desde modelos de transmisión pasiva hacia ecosistemas interactivos que estimulan la autonomía, creatividad y pensamiento crítico.

Específicamente en la enseñanza de la física mediante ABP, la incorporación de herramientas de IA puede resolver obstáculos prácticos que históricamente han limitado la adopción generalizada de esta metodología. Entre estos obstáculos se encuentran la dificultad para proporcionar retroalimentación individualizada en grupos numerosos, la necesidad de diseñar problemas apropiadamente desafiantes para estudiantes con niveles heterogéneos de conocimiento previo, y la complejidad de facilitar procesos colaborativos productivos. Atendiendo precisamente a estas limitaciones prácticas, Robledo-Rella et al. (2024) demuestran que sistemas inteligentes pueden asumir parcialmente estas funciones, liberando



al docente para concentrarse en mediación pedagógica de alto nivel que requiere juicio profesional experto.

Adicionalmente, la integración de IA en contextos ABP permite generar escenarios de aprendizaje adaptativos que ajustan automáticamente nivel de complejidad, tipo de andamiaje y recursos disponibles según el desempeño observado en tiempo real. Esta adaptabilidad resulta particularmente valiosa en la enseñanza de la cinemática, donde estudiantes con diferentes trayectorias formativas presentan necesidades de aprendizaje altamente diversificadas. Un sistema inteligente puede identificar automáticamente si un estudiante requiere reforzamiento en conceptos matemáticos previos, visualización gráfica de fenómenos o práctica adicional en interpretación de problemas, proporcionando experiencias personalizadas imposibles de lograr mediante intervenciones uniformes.

No obstante, la convergencia entre ABP e IA también plantea desafíos importantes que deben considerarse cuidadosamente. Entre estos se encuentra el riesgo de tecnificación excesiva que subordine objetivos pedagógicos a lógicas algorítmicas, la necesidad de desarrollar competencias digitales docentes y estudiantiles suficientes para aprovechar herramientas complejas, y la importancia de preservar dimensiones sociales del aprendizaje que podrían verse comprometidas por mediación tecnológica intensiva. Reflexionando críticamente sobre estas tensiones, Aliassacq et al. (2025) advierten que la transformación de la educación en física mediante inteligencia artificial requiere equilibrio cuidadoso entre innovación tecnológica y preservación de valores pedagógicos fundamentales centrados en el desarrollo integral de los estudiantes. Estos desafíos requieren atención deliberada en el diseño de intervenciones educativas que aspiren a integrar ABP e IA de manera equilibrada y pedagógicamente fundamentada.

Efectos documentados sobre el aprendizaje

La evidencia empírica acumulada documenta efectos positivos consistentes de la integración entre aprendizaje basado en problemas e inteligencia artificial sobre múltiples dimensiones del aprendizaje en física. Estos efectos abarcan no solamente mejoras en comprensión conceptual y desempeño en evaluaciones estandarizadas, sino también desarrollo de competencias transversales como trabajo colaborativo, autorregulación del aprendizaje y motivación intrínseca hacia el estudio de disciplinas científicas.

En relación con la motivación estudiantil, variable determinante para el compromiso sostenido con tareas académicas desafiantes, la investigación muestra resultados concluyentes. Según reportan Argaw et al. (2017), el efecto de la instrucción de aprendizaje basado en problemas en la motivación de los estudiantes y las habilidades de resolución de problemas de física evidencia incrementos significativos en múltiples dimensiones motivacionales, incluyendo percepción de competencia, valoración de la tarea y expectativas de éxito. Estos efectos motivacionales resultan especialmente importantes en poblaciones estudiantiles que históricamente han experimentado ansiedad y frustración en cursos de física, generando círculos virtuosos donde mayor motivación conduce a mayor esfuerzo y mejores resultados de aprendizaje.

Respecto a la comprensión conceptual, dimensión central de cualquier evaluación de efectividad pedagógica, las investigaciones documentan mejoras sustanciales cuando se implementa ABP con soporte tecnológico inteligente. Al analizar efectos de una estructura basada en problemas de contenidos de física, Becerra-Labra et al. (2012) identificaron que estudiantes expuestos a esta metodología desarrollan comprensión más profunda y duradera que aquellos que reciben instrucción tradicional, manifestando mayor capacidad para transferir conocimientos a contextos novedosos y explicar fenómenos físicos en términos conceptuales rigurosos. Estos resultados sugieren que el ABP opera transformaciones cognitivas cualitativas que trascienden el aprendizaje superficial de procedimientos algorítmicos.

Particularmente relevante para los propósitos del presente estudio resulta la evidencia específica sobre comprensión de la cinemática. Como ya se mencionó, Pulido-Gómez (2019) evaluó el aprendizaje basado en problemas como método para la comprensión del tema de cinemática, documentando que estudiantes que participaron en secuencias didácticas estructuradas según principios ABP demostraron mejor capacidad para conceptualizar



relaciones entre posición, velocidad y aceleración, interpretar gráficas cinemáticas y resolver problemas que requieren razonamiento proporcional complejo. Estos resultados confirman que el ABP constituye alternativa metodológica efectiva para abordar las dificultades conceptuales históricamente asociadas a la enseñanza de la cinemática.

Asimismo, investigaciones recientes comienzan a documentar efectos específicos de la incorporación de IA en contextos de aprendizaje activo en física. Singh et al. (2025) reportan que el avance en los resultados de aprendizaje en la educación en física a través de la integración de inteligencia artificial se manifiesta en múltiples indicadores, incluyendo tasas de aprobación, calificaciones promedio y nivel de satisfacción estudiantil con experiencias de aprendizaje. Estos efectos positivos se atribuyen principalmente a la capacidad de sistemas inteligentes para proporcionar retroalimentación inmediata, ajustar nivel de dificultad dinámicamente y ofrecer múltiples representaciones de conceptos abstractos.

Complementariamente, estudios sobre metodologías híbridas que combinan proyectos y tecnología muestran resultados prometedores. Huang et al. (2024) documentan que el aprendizaje basado en proyectos gamificado con inteligencia artificial generativa incrementa significativamente el compromiso estudiantil y la calidad de productos de aprendizaje, sugiriendo que combinaciones metodológicas innovadoras pueden potenciar efectos más allá de lo que cada componente generaría aisladamente.

Por tanto; cabe señalar que los efectos documentados no se distribuyen homogéneamente entre todos los estudiantes, identificándose diferencias según características como conocimiento previo, autorregulación del aprendizaje y experiencia con tecnologías digitales. Reconociendo esta variabilidad, Nicholus et al. (2023) señalan en su revisión sistemática que el ABP beneficia especialmente a estudiantes con menor rendimiento inicial, sugiriendo potencial compensatorio de esta metodología para reducir brechas de aprendizaje. Esta heterogeneidad de efectos sugiere la necesidad de considerar cuidadosamente aspectos de equidad educativa al diseñar intervenciones que integren ABP e IA, asegurando que estos recursos beneficien especialmente a estudiantes que más los necesitan y no solamente a aquellos que ya poseen ventajas académicas o socioeconómicas.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados revelan un panorama complejo y prometedor respecto a la integración de la inteligencia artificial en la comprensión cinematográfica mediante el aprendizaje basado en problemas. La evidencia analizada sugiere que esta convergencia metodológica representa mucho más que la simple adición de herramientas tecnológicas a prácticas pedagógicas establecidas, constituyendo una reconfiguración fundamental de las relaciones entre enseñanza, aprendizaje y mediación tecnológica en contextos de educación media y básica.

Desde una perspectiva pedagógica, la articulación entre ABP e IA materializa principios constructivistas que durante décadas han permanecido como aspiraciones teóricas difícilmente concretables en prácticas educativas masivas. Coherentemente con esta interpretación, Singh et al. (2025) argumentan que la integración de inteligencia artificial en la enseñanza de la física posibilita avanzar significativamente en resultados de aprendizaje mediante sistemas que personalizan experiencias educativas según perfiles cognitivos individuales. La personalización del aprendizaje, frecuentemente proclamada como ideal pedagógico, se torna técnicamente viable mediante sistemas inteligentes capaces de adaptar contenidos, ritmos y andamiajes según las necesidades individuales detectadas algorítmicamente. Esta viabilidad técnica no garantiza automáticamente calidad pedagógica, pero sí expande significativamente el espacio de posibilidades para diseñar experiencias educativas genuinamente centradas en el estudiante.

En el ámbito específico de la cinemática, las dificultades conceptuales documentadas durante décadas en investigaciones didácticas encuentran en la convergencia ABP-IA una respuesta potencialmente efectiva. La naturaleza abstracta de magnitudes como velocidad instantánea o aceleración vectorial requiere múltiples representaciones, manipulación simbólica y conexión entre formalismo matemático y fenómenos físicos observables. Abordando precisamente estas complejidades epistemológicas, Kanyesigye et al. (2022) demuestran que la instrucción basada



en problemas permite remediar dificultades conceptuales profundamente arraigadas en ondas mecánicas, sugiriendo que aproximaciones similares podrían resultar efectivas para otros contenidos cinemáticos. Sistemas inteligentes pueden proporcionar simulaciones interactivas, visualizaciones dinámicas y problemas contextualizados que faciliten estas conexiones cognitivas complejas, mientras que el marco ABP asegura que estas herramientas se integren en procesos de indagación auténtica orientados por preguntas significativas.

No obstante, la implementación efectiva de esta convergencia metodológica enfrenta desafíos sustanciales que trascienden aspectos puramente técnicos. Entre estos desafíos destacan la necesidad de desarrollar competencias docentes para diseñar, facilitar y evaluar experiencias de aprendizaje que integren ABP e IA de manera pedagógicamente fundamentada. Reconociendo esta dimensión formativa, López et al. (2008) evidencian que la mediación docente constituye factor determinante para el éxito de experiencias ABP, sugiriendo que la incorporación de IA no elimina sino que transforma el papel del profesor hacia funciones de mayor complejidad pedagógica. Los profesores de física, frecuentemente formados en tradiciones disciplinares con énfasis conceptual y matemático, requieren oportunidades de desarrollo profesional que les permitan apropiarse tanto fundamentos del aprendizaje basado en problemas como posibilidades y limitaciones de herramientas de inteligencia artificial disponibles.

Paralelamente, la integración de IA en educación plantea cuestiones éticas que merecen atención cuidadosa. La recopilación y análisis de datos estudiantiles mediante sistemas inteligentes genera interrogantes sobre privacidad, consentimiento informado y uso apropiado de información personal con fines educativos. Alertando sobre estos riesgos potenciales, Aliassacq et al. (2025) argumentan que la transformación de la educación en física mediante inteligencia artificial debe evaluarse críticamente, reconociendo tanto oportunidades como amenazas asociadas a la automatización de procesos tradicionalmente mediados por relaciones humanas. Estas preocupaciones se amplifican cuando consideramos poblaciones estudiantiles vulnerables o contextos institucionales con recursos limitados para implementar salvaguardas éticas robustas. La comunidad educativa debe desarrollar marcos normativos que equilibren innovación tecnológica con protección de derechos fundamentales de los estudiantes.

Adicionalmente, persisten incertidumbres respecto a la sostenibilidad de innovaciones que dependen de infraestructura tecnológica sofisticada en contextos educativos caracterizados por recursos limitados y desigualdades estructurales. Mientras que instituciones universitarias de élite pueden implementar sistemas de IA avanzados para personalizar aprendizaje de física, instituciones con menor presupuesto podrían verse excluidas de estas posibilidades, ampliando brechas educativas existentes. Profundizando en esta problemática contextual, Díaz-Santamaría et al. (2017) documentan experiencias de aprendizaje basado en proyectos en la enseñanza de la cinemática implementadas en contextos ecuatorianos con recursos limitados, demostrando que metodologías activas pueden generar efectos positivos incluso sin tecnología sofisticada. Esta consideración resalta la importancia de desarrollar soluciones tecnológicas accesibles, de código abierto y culturalmente pertinentes que puedan democratizar beneficios de la convergencia ABP-IA.

Desde una perspectiva epistemológica, la integración de IA en la enseñanza de la física plantea interrogantes sobre la naturaleza del conocimiento científico y los propósitos de la educación universitaria. Si sistemas inteligentes pueden resolver automáticamente problemas de cinemática, generar explicaciones conceptuales y evaluar comprensión estudiantil, ¿cuáles son las competencias humanas específicas que la educación debe cultivar? Esta pregunta nos invita a repensar los objetivos formativos en ciencias, enfatizando capacidades de orden superior como pensamiento crítico, creatividad científica, razonamiento ético y colaboración interdisciplinaria que difícilmente pueden ser automatizadas completamente.

Los resultados también sugieren que la efectividad del ABP integrado con IA depende críticamente de la calidad del diseño instruccional, más que de la sofisticación tecnológica per se. Problemas auténticos, contextualmente situados y apropiadamente desafiantes constituyen el núcleo de experiencias ABP exitosas, independientemente de las herramientas tecnológicas disponibles. Consistentemente con esta interpretación, Escribano-González y Valle (2010)



enfatan que el ABP como propuesta metodológica requiere fundamentación pedagógica rigurosa centrada en la naturaleza de los problemas seleccionados y los procesos de mediación docente. La IA debe concebirse como recurso que amplifica posibilidades pedagógicas del ABP, no como sustituto de fundamentación didáctica rigurosa y comprensión profunda de procesos de aprendizaje en física.

Mirando hacia el futuro, la investigación educativa requiere estudios empíricos más robustos que documenten efectos longitudinales de la integración ABP-IA sobre aprendizaje en física, empleando diseños experimentales o cuasi-experimentales que permitan establecer relaciones causales con mayor confianza. Reconociendo esta necesidad de evidencia más sólida, Nicholus et al. (2023) señalan en su revisión sistemática que muchos estudios sobre ABP en física presentan limitaciones metodológicas que dificultan conclusiones definitivas, sugiriendo direcciones para investigación futura. La mayor parte de la evidencia disponible proviene de estudios descriptivos, correlacionales o investigaciones-acción con muestras limitadas, dificultando generalizaciones. Investigaciones futuras deberían también explorar mecanismos cognitivos mediante los cuales la convergencia ABP-IA genera efectos sobre comprensión conceptual, utilizando metodologías como análisis de protocolos verbales, seguimiento ocular o neuroimagen funcional.

Adicionalmente, resulta imperativo investigar condiciones contextuales que moderan efectividad de esta integración metodológica, considerando variables como cultura institucional, nivel socioeconómico estudiantil y disponibilidad de recursos tecnológicos. Atendiendo a estas particularidades contextuales, Muñoz-Alvarez et al. (2025) documentan que el aprendizaje basado en problemas en educación superior técnico-profesional chilena genera resultados diferenciados según características institucionales y estudiantiles, evidenciando la importancia de considerar especificidades locales al diseñar intervenciones educativas.

CONCLUSION

La integración de la inteligencia artificial en la comprensión cinemática mediante el aprendizaje basado en problemas constituye una convergencia metodológica que materializa principios constructivistas históricamente difíciles de implementar en contextos educativos masivos, generando transformaciones simultáneas en dimensiones cognitivas, motivacionales y metacognitivas del aprendizaje de la física. Esta articulación opera a través de tres mecanismos complementarios: el ABP proporciona marco pedagógico que sitúa al estudiante como constructor activo de conocimiento mediante resolución de problemas auténticos contextualizados; la IA aporta capacidades de personalización, retroalimentación inmediata y adaptación dinámica según perfiles individuales de aprendizaje; y su convergencia genera experiencias híbridas donde sistemas inteligentes facilitan múltiples representaciones de conceptos abstractos, ajustan nivel de complejidad según desempeño observado y proporcionan andamiaje cognitivo diferenciado para abordar las dificultades conceptuales específicas de la cinemática relacionadas con magnitudes vectoriales, razonamiento proporcional y coordinación entre formalismos matemáticos y fenómenos físicos.

FINANCIAMIENTO

No monetario

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes de ciencias.

REFERENCIAS

Aliassacq, I., Greca, I. M., & Muñoz-Alvarez, G. (2025). The role of artificial intelligence (AI) in transforming physics education: A narrative review [El papel de la inteligencia artificial (IA) en la transformación de la educación en física: Una revisión narrativa]. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(2), 200–215.



- Argaw, A. S., Haile, B. B., Ayalew, B. T., & Kuma, S. G. (2017). The effect of problem based learning (PBL) instruction on students' motivation and problem solving skills of physics [El efecto de la instrucción de aprendizaje basado en problemas (ABP) en la motivación de los estudiantes y las habilidades de resolución de problemas de física]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(3), 857–871. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00647a>
- Becerra-Labra, C., Gras-Martí, A., & Martínez-Torregrosa, J. (2012). Effects of a problem-based structure of physics contents on conceptual learning and the ability to solve problems [Efectos de una estructura basada en problemas de contenidos de física en el aprendizaje conceptual y la habilidad para resolver problemas]. *International Journal of Science Education*, 34(8), 1235–1253. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.619210>
- Díaz-Santamaría, J. O., Abril-Neira, A. M., Díaz-Santamaría, L. S., & Bravo-Faytong, F. A. (2017). La utilización del aprendizaje basado en proyectos en la enseñanza de la cinemática [The use of project-based learning in the teaching of kinematics]. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 2(7), 1–15. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2017/07/aprendizaje-cinematica.html>
- Escribano-González, A., & Valle, Á. (2010). *Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una propuesta metodológica en educación superior* [Problem-based learning (PBL): A methodological proposal in higher education]. Narcea Ediciones. <https://elibro.net/es/ereader/uguayaquil/102005>
- Huang, W., Wang, T., & Tong, Y. (2024). The effect of gamified project-based learning with AIGC in information literacy education [El efecto del aprendizaje basado en proyectos gamificado con AIGC en la educación en alfabetización informacional]. *Innovations in Education & Teaching International*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2423012>
- Kanyesigye, S. T., Uwamahoro, J., & Kemeza, I. (2022). Difficulties in understanding mechanical waves: Remediated by problem-based instruction [Dificultades en la comprensión de ondas mecánicas: Remediadas mediante instrucción basada en problemas]. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 010140. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010140>
- López, E., Castillo, C., & Véliz, J. (2008). Aprendizaje colaborativo y significativo en la resolución de problemas de física en estudiantes de ingeniería [Collaborative and meaningful learning in physics problem solving in engineering students]. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25(1), 55–76. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165973>
- Mahligawat, F., Allanas, E., Butarbutar, M. H., & Nordin, N. A. N. (2023). Artificial intelligence in physics education: A comprehensive literature review [Inteligencia artificial en la educación en física: Una revisión exhaustiva de la literatura]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2596, 012080. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2596/1/012080>
- Muñoz-Alvarez, G., Greca, I. M., & Arriasecq, I. (2025). Problem-based learning as a strategy for teaching physics in technical–professional higher education: A case study in Chile [Aprendizaje basado en problemas como estrategia para la enseñanza de la física en la educación superior técnico-profesional: Un estudio de caso en Chile]. *Education Sciences*, 15(8), 941. <https://doi.org/10.3390/educsci15080941>
- Nicholus, G., Muwonge, C. M., & Joseph, N. (2023). The role of problem-based learning approach in teaching and learning physics: A systematic literature review [El papel del enfoque de aprendizaje basado en problemas en la enseñanza y el aprendizaje de la física: Una revisión sistemática de la literatura]. *F1000Research*, 12, 951. <https://doi.org/10.12688/f1000research.136339.2>
- Plúas, L., Coloma, T., Landívar, J., & Arce, J. (2024). Aprendizaje basado en proyectos con inteligencia artificial [Project-based learning with artificial intelligence]. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 8(55), 59–68. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol8iss55.2024pp59-68>



- Pulido-Gómez, D. A. (2019). *Evaluación del aprendizaje basado en problemas como un método para la comprensión del tema de cinemática* [Evaluation of problem-based learning as a method for understanding the topic of kinematics] [Tesis de maestría, Universidad Externado de Colombia]. Repositorio Digital. <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/1577>
- Robledo-Rella, V., Gonzalez-Nucamendi, A., Neri, L., García-Castelán, R. M. G., & Noguez, J. (2024). Artificial intelligence in physics courses to support active learning [Inteligencia artificial en cursos de física para apoyar el aprendizaje activo]. *Proceedings of the 2024 10th International Conference on e-Society, e-Learning and e-Technologies (ICSLT)*, 125–130. <https://doi.org/10.1145/3678610.3678631>
- Singh, P., Kumar, R., & Sharma, M. (2025). Advancing learning outcomes in physics education through artificial intelligence integration [Avanzando los resultados de aprendizaje en la educación en física a través de la integración de inteligencia artificial]. *European Journal of Education and Pedagogy*, 6(3), 45–59. <https://europeanopensci.org/index.php/ejedu/article/view/30996>

Derechos de autor: 2025 Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>