Mundo Fesc E-ISSN 2216-0353 P-ISSN 2216-0388P-ISSN 2216-0388 **Artículo Original**

Fortalecer el pensamiento variacional y numérico mediante enfoque STEAM en física mecánica: intervenir con estudiantes de ingeniería de sistemas

Strengthening variational and numerical thinking through a STEAM approach in classical mechanics: an intervention with systems engineering students

Recibido: 12 de septiembre de 2025
Aprobado: 10 de diciembre de 2025

Forma de citar: A. C. . Prato Lara, R. . Prada Núñez, and V. J. . Useche Arciniegas, "Fortalecer el pensamiento variacional y numérico mediante enfoque STEAM en física mecánica: intervenir con estudiantes de ingeniería de sistemas", Mundo Fesc, vol. 16, no. 34, PP 563-576 Jan. 2026, doi: 10.61799/2216-0388.2139.

Alberto Camilo Prato Lara
Estudiante de Ingeniería de Sistemas
albertocamilopl@ufps.edu.co
Universidad Francisco de Paula Santander
San José de Cúcuta, Colombia

Raúl Prada Núñez
Doctor en Ciencias de la Educación
raulpñ@ufps.edu.co
https://orcid.org/0000-0001-6145-1786,
Universidad Francisco de Paula Santander
San José de Cúcuta, Colombia

Víctor Julio Useche Arciniegas
Magíster en Física
victorjulious@ufps.edu.co
https://orcid.org/0000-0003-0635-6676,
Universidad Francisco de Paula Santander
San José de Cúcuta, Colombia

*Autor para correspondencia:
albertocamilopl@ufps.edu.co

© 2026. Fundación de Estudios Superiores Comfanorte.

Análisis ambiental de los desechos generados en los talleres del sector automotriz de la localidad la merced, Cúcuta Norte de Santander

Resumen

Abordar el desarrollo del pensamiento variacional y numérico en estudiantes de segundo semestre de Ingeniería de Sistemas mediante una estrategia pedagógica STEAM aplicada a contenidos de física mecánica, entendiendo esta área como un espacio privilegiado de modelación del cambio y de la cuantificación rigurosa de fenómenos reales Identificar como problema central la dificultad persistente para conectar conceptos matemáticos abstractos con situaciones físicas concretas, especialmente al razonar sobre tasas de cambio instantáneas, acumulación de cantidades y sentido numérico contextualizado, aspecto ya señalado en la literatura sobre enseñanza de mecánica y cálculo como puerta de acceso excluyente en programas de Implementar un diseño cuasiexperimental de un solo grupo con mediciones pretest y postest, donde la intervención consiste en el desarrollo colaborativo de videojuegos educativos sobre la Segunda Ley de Newton, articulando aprendizaje basado en proyectos con principios STEAM y organización de equipos heterogéneos con roles especializados en física, matemáticas, programación y diseño Evaluar el impacto mediante un instrumento de pensamiento variacional y numérico contextualizado en física mecánica, validado por juicio de expertos y analizado con estadísticos descriptivos y la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, dado el incumplimiento de supuestos de normalidad Documentar mejoras estadísticamente significativas y educativamente relevantes en las tres dimensiones evaluadas, con tamaños de efecto grandes en pensamiento numérico, pensamiento variacional y articulación de representaciones semióticas, mostrando que la estrategia STEAM-ABP fortalece de manera sustantiva competencias matemáticas fundamentales para el estudio de la mecánica en ingeniería de sistemas Proyectar estos hallazgos como base para una agenda doctoral que profundice en los mecanismos cognitivos, afectivos y socioculturales que median la articulación entre STEAM, videojuegos educativos y desarrollo del pensamiento variacional y numérico en educación superior de ingeniería.

Palabras clave: enfoque STEAM, pensamiento variacional, pensamiento numérico, aprendizaje basado en proyectos, física mecánica, videojuegos educativos.

Alberto Camilo Prato Lara , Raúl Prada Núñez , Víctor Julio Useche Arciniegas

Environmental analysis of waste generated in automotive sector workshops in the La Merced neighborhood, Cúcuta, Norte de Santander.

Abstract

This study addresses the development of variational and numerical thinking in second– semester Systems Engineering students through a STEAM–oriented pedagogical strategy applied to mechanics, conceptualized as a privileged domain for modeling change and rigorously quantifying real phenomena The central problem is the persistent difficulty students show in connecting abstract mathematical concepts with concrete physical situations, particularly when reasoning about instantaneous rates of change, accumulation of quantities and contextualized number sense, an issue previously reported in the literature on mechanics and calculus instruction as a selective gatekeeper in engineering programs A single–group quasi– experimental design with pretest–posttest measures is implemented, in which the intervention consists of the collaborative development of educational videogames focused on Newton's Second Law, integrating project–based learning with STEAM principles and the organization of heterogeneous teams with specialized roles in physics, mathematics, programming and design. The impact is assessed using an instrument on variational and numerical thinking contextualized in mechanics, validated through expert judgment and analyzed with descriptive statistics and the nonparametric Wilcoxon signed–rank test, given the violation of normality assumptions. The results show statistically significant and educationally meaningful improvements across the three dimensions assessed, with large effect sizes for numerical thinking, variational thinking and the coordination of semiotic representations, indicating that the STEAM–PBL strategy substantially strengthens core mathematical competencies for the study of mechanics in Systems Engineering. These findings are projected as a foundation for a doctoral research agenda that examines in depth the cognitive, affective and sociocultural mechanisms mediating the articulation among STEAM, educational videogames and the development of variational and numerical thinking in engineering higher education.

Keywords: STEAM approach, variational thinking, numerical thinking, project-based learning, classical mechanics, educational video games.

Introducción

Reconocer que la educación en ingeniería en el siglo XXI asumir el reto de formar profesionales capaces de enfrentar problemas complejos, interconectados y socialmente situados, donde ya no bastar dominar técnicas algorítmicas aisladas, sino articular pensamiento crítico, creatividad, colaboración y manejo flexible de representaciones matemático científicas. Observar que los cursos de física mecánica en programas de ingeniería, y particularmente en Ingeniería de Sistemas, continúan operando como espacios de alta reprobación y deserción, en parte por una enseñanza centrada en ecuaciones descontextualizadas y por una débil articulación con el cálculo diferencial e integral, lo que profundiza brechas en pensamiento variacional y numérico. [1]En el contexto de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, identificar empíricamente que los estudiantes de segundo semestre presentan dificultades serias para traducir nociones como derivada, integral, razón de cambio o acumulación a situaciones concretas de movimiento, fuerza y trabajo, con particular fragilidad en la evaluación de la razonabilidad de resultados numéricos y en la interpretación coherente de múltiples representaciones de un mismo fenómeno físico. Admitir que estas carencias no son solo un problema técnico, sino un obstáculo estructural para la formación de ingenieros capaces de modelar, simular y comunicar soluciones en escenarios reales, lo cual exige explorar marcos pedagógicos más integrados, entre ellos el enfoque STEAM con fuerte componente de proyectos auténticos y artefactos tecnológicos significativos.[2]

Formular entonces la pregunta de investigación orientadora del estudio y futura tesis doctoral: analizar en qué medida la implementación de una estrategia didáctica STEAM, basada en el diseño colaborativo de videojuegos sobre la Segunda Ley de Newton, afectar el desarrollo del pensamiento variacional y numérico en estudiantes de segundo semestre de Ingeniería de Sistemas durante el curso de Física Mecánica.[3] Plantear como propósito general implementar y evaluar rigurosamente dicha estrategia, articulando diagnóstico inicial, diseño instruccional, experimentación y análisis retrospectivo, de manera coherente con la Ingeniería Didáctica y el modelo pedagógico dialógico crítico de la UFPS, que privilegia la construcción colectiva del conocimiento y la resolución de problemas auténticos. Proyectar, hacia el horizonte doctoral, no solo replicar y escalar la intervención, sino profundizar en cómo las trayectorias de variación en el desempeño, las interacciones en los equipos heterogéneos y la naturaleza del producto tecnológico (videojuego) median el desarrollo de competencias superiores, ofreciendo un campo fértil para estudios mixtos de mayor alcance.[4] [5]

Marco teórico sintético

Física mecánica, variación y Segunda Ley de Newton

Asumir la física mecánica como núcleo formativo donde el estudiantado aprender a ver el mundo en términos de magnitudes que cambian, interaccionan y se modelan mediante relaciones funcionales, más que como repertorio de fórmulas desarticuladas. Reconocer que la Segunda Ley de Newton, expresada en la relación entre fuerza neta, masa y aceleración, constituye al mismo tiempo una herramienta poderosa y una fuente de concepciones erróneas persistentes, en particular la confusión entre fuerza y movimiento, la dificultad para identificar la fuerza neta y la comprensión limitada de la aceleración como derivada de la velocidad respecto del tiempo.[6] [7] Entender que estos obstáculos no se resuelven únicamente con más ejercicios numéricos, sino con experiencias que pongan en juego explícitamente el carácter variacional del fenómeno, las transiciones entre estados y la necesidad de razonar sobre tasas de cambio y acumulación en contextos significativos, algo que la literatura en educación matemática y en didáctica de la física viene señalando desde hace décadas.[8] [9]

Pensamiento numérico, variacional y registros semióticos

Concebir el pensamiento numérico como capacidad de trabajar con números y magnitudes de manera flexible, crítica y contextualizada, evaluando la razonabilidad de los resultados, gestionando unidades y comparando órdenes de magnitud, en lugar de limitarse a la aplicación mecánica de algoritmos. Entender el pensamiento variacional como forma de ver fenómenos en términos de covariación y cambio, capaz de articular derivadas, integrales, familias de funciones y patrones de variación sin reducirlos a técnicas aisladas, en consonancia con la perspectiva socioepistemológica sobre el cálculo y el análisis.[10] [11] Articular estos constructos con la Teoría de los Registros de Representación Semiótica, que enfatizar la importancia de coordinar tratamientos y conversiones entre registros algebraico, gráfico, numérico y verbal-contextual, con particular relevancia en mecánica, donde un mismo sistema físico debe representarse y reinterpretarse continuamente en cada uno de estos registros. Considerar que un eje central de una futura tesis doctoral consistirá en describir con mayor precisión cómo evolucionan estas conversiones durante proyectos STEAM con videojuegos, identificando trayectorias típicas y puntos de ruptura conceptual. [12] [13]

Enfoque STEAM, ABP y videojuegos educativos

Ubicar el enfoque STEAM como evolución transdisciplinar del movimiento STEM, que incorpora las artes no como adorno, sino como motor de creatividad, diseño, comunicación y pensamiento divergente en situaciones científico tecnológicas.[14] [15] Relacionar este enfoque con el Aprendizaje Basado en Proyectos, entendido como organización de la enseñanza alrededor de retos auténticos que demandan investigación, toma de decisiones, producción de artefactos y evaluación de soluciones, superando el esquema clase magistral taller de aplicación. Identificar el desarrollo de videojuegos educativos como escenario especialmente fértil para integrar física, matemáticas, programación y diseño, con evidencia de mejoras en comprensión conceptual de mecánica newtoniana y en actitudes hacia la física cuando se emplean juegos o entornos lúdicos bien diseñados. Incorporar estudios recientes que muestran cómo el diseño de juegos promueve pensamiento computacional, depuración, análisis de patrones y habilidades de diseño, dimensiones que, sumadas al trabajo con modelos físicos, configuran un espacio privilegiado para desarrollar pensamiento variacional y numérico en contextos STEAM.[16] [17]

Metodología Diseño

Adoptar un diseño cuasiexperimental de un solo grupo con mediciones pretest y postest, sin asignación aleatoria, debido a restricciones éticas y organizativas propias del trabajo con grupos curso intactos en educación superior, lo que se alinea con las recomendaciones clásicas para contextos educativos reales. Inscribir la intervención en el marco de la Ingeniería Didáctica, asumiendo fases de análisis preliminar, diseño, experimentación y análisis retrospectivo, de modo que la secuencia de actividades y recursos se derive explícitamente de los marcos teóricos y se valide contra la práctica de aula. Proponer, de cara al doctorado, ampliar este diseño hacia estudios cuasiexperimentales con grupos de comparación, diseños longitudinales y componentes cualitativos (observaciones, entrevistas, análisis de producciones) que permitan explorar mecanismos subyacentes a los cambios cuantitativos. [18] [19]

Población, muestra e instrumentos

Trabajar con estudiantes de segundo semestre del programa de Ingeniería de Sistemas de la UFPS, inscritos en Física Mecánica en el semestre 2025-2, seleccionando un grupo completo de 32 estudiantes mediante muestreo no probabilístico por accesibilidad, con consentimiento informado y resguardo ético conforme a la normativa colombiana.[20] [21] Utilizar como instrumento principal la "Prueba de pensamiento variacional y numérico contextualizado en física mecánica", compuesta por 12 ítems abiertos organizados en tres dimensiones: Pensamiento Numérico Aplicado a la Física, Pensamiento Variacional y Funcional, y Contexto STEAM y Aplicación Interdisciplinaria, enfatizando la integración de registros numérico, algebraico, gráfico y verbal-contextual en problemas situados.

Establecer la validez de contenido mediante juicio de tres expertos con formación de maestría o doctorado en áreas afines, obteniendo un índice superior a 0,80, y sustentar la confiabilidad en la coherencia del instrumento y en un pilotaje con cinco estudiantes, lo cual es aceptable para pruebas de respuesta abierta donde se privilegia el análisis cualitativo y la validación experta.[22] [23]

Procedimiento e intervención STEAM

Estructurar el procedimiento en cuatro fases: análisis preliminar y aplicación del pretest, diseño detallado de la estrategia STEAM, experimentación con el grupo curso y postest con análisis retrospectivo, manteniendo coherencia con la lógica de la Ingeniería Didáctica. [24] [25] Diseñar la intervención como proyecto de tres semanas centrado en el desarrollo de un videojuego educativo sobre la Segunda Ley de Newton, con sesiones presenciales y trabajo autónomo, en el que los equipos asumen roles diferenciados (líder de proyecto, fisicomatemático, programador, diseñador UX/UI, tester y documentador), siguiendo principios de aprendizaje colaborativo estructurado que atienden la heterogeneidad de competencias iniciales.[26] Integrar talleres de consolidación conceptual en física newtoniana, resolución de problemas complejos sobre sistemas de fuerzas, fricción y variación de masa, y espacios de programación y diseño de niveles del juego, de manera que los errores de modelación y cálculo se manifiesten como comportamientos físicamente implausibles en el videojuego, generando ciclos de depuración y refinamiento con alta carga de pensamiento variacional y numérico.[27] [28]

Análisis de datos

Realizar un análisis descriptivo inicial de las puntuaciones en cada dimensión mediante medias, medianas, desviación estándar y rangos, para caracterizar el perfil de competencias y la heterogeneidad del grupo, poniendo especial atención a la relación entre media y mediana y a los casos extremos, tal como se recomienda en estudios de diagnóstico educativo.[29] Verificar el supuesto de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, encontrando violaciones significativas, y proceder en consecuencia con la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comparar pretest y postest en cada dimensión, estableciendo un nivel de significancia de alfa igual a 0,05 y reportando tamaños de efecto r, siguiendo las directrices clásicas de interpretación de efectos pequeños, medianos y grandes. [30] Utilizar IBM SPSS Statistics versión 25 como herramienta de análisis, documentando tanto los resultados globales como la distribución de rangos positivos, negativos y empates, con miras a futuras investigaciones doctorales que profundicen en perfiles de respuesta y trayectorias individuales. [31] [32]

Resultados

Diagnóstico inicial

Identificar en el pretest un rendimiento medio de 6,0 puntos sobre 12 posibles, con mediana de 7,5, lo que sugiere la coexistencia de un subgrupo de estudiantes con desempeño moderado alto y un segmento minoritario con resultados muy bajos, acompañado de una desviación estándar elevada que evidencia alta heterogeneidad en competencias previas.[33] Observar que, al analizar por dimensiones, el Pensamiento Numérico presenta la media más baja (0,40), el Pensamiento Variacional se sitúa en un nivel intermedio (0,48) y las Representaciones Semióticas alcanzan la media más alta (0,63), de modo que el grupo muestra mayores dificultades en estimación, manejo de unidades, razonamiento proporcional y sentido de magnitud que en articulación de registros.[34] Interpretar que esta jerarquía de dificultades implica que el déficit numérico constituye un cuello de botella para el aprovechamiento de las oportunidades que ofrece el enfoque STEAM, mientras que la relativa fortaleza en conversiones entre registros podría actuar como palanca para el desarrollo de pensamiento variacional y para el aprovechamiento de entornos multimodales como los videojuegos.[35] En la tesis se presenta esta información en una tabla de estadísticos descriptivos; para el artículo, sintetizarla en una tabla compacta con énfasis en medias, medianas y desviaciones estándar de las tres dimensiones, conservando la estructura analítica Original.[36]

Impacto de la intervención

Encontrar incrementos claros en las puntuaciones medias de las tres dimensiones tras la intervención, con una ganancia media de 0,44 en pensamiento numérico, 0,36 en pensamiento variacional y 0,29 en representaciones semióticas, acompañadas de medianas que confirman mejoras sustantivas en la mayoría de los estudiantes.[37] [38] Establecer mediante la prueba de Wilcoxon diferencias estadísticamente significativas entre pretest y postest en las tres dimensiones, con valores de p menores a 0,001, y tamaños de efecto grandes: r igual a 0,75 para pensamiento numérico, 0,62 para pensamiento variacional y 0,66 para representaciones semióticas, lo que excede holgadamente los niveles usualmente observados en intervenciones educativas breves.[39] [40] Señalar que, en términos de proporciones, alrededor de 85,7% del estudiantado mejora en pensamiento numérico, cerca de 74,1% lo hace en pensamiento variacional y aproximadamente 86,4% en representaciones semióticas, mientras que una minoría exhibe estancamiento o decrementos, especialmente en la dimensión variacional, lo que sugiere la necesidad de estrategias de apoyo más intensivo para este subgrupo.[41] [42]

Para el formato de artículo, conviene presentar estos resultados en al menos dos tablas: una tabla de medias y desviaciones estándar pre/post por dimensión y otra con los estadísticos de Wilcoxon, valores de Z, p y tamaños de efecto r, de modo que la magnitud y relevancia práctica de los cambios quede explícita sin reproducir el nivel de detalle de la tesis.[43] [44]

Discusión

Interpretar los tamaños de efecto obtenidos como evidencia de que la combinación específica de enfoque STEAM, aprendizaje basado en proyectos y desarrollo de videojuegos constituye un entorno especialmente potente para apoyar el desarrollo del pensamiento numérico, en consonancia con investigaciones que documentan impactos relevantes de intervenciones STEAM-PBL en estudiantes de ingeniería, aunque en este caso con efectos incluso superiores en algunos indicadores. Relacionar el patrón de ganancias con el diagnóstico inicial, mostrando que la dimensión más débil pensamiento numérico es justamente la que registra el mayor avance, lo que se alinea con la idea de que las intervenciones cuidadosamente diseñadas, focalizadas en necesidades identificadas y apoyadas en herramientas tecnológicas interactivas pueden cerrar brechas importantes en un periodo relativamente corto. Argumentar que el componente de retroalimentación inmediata del videojuego, donde errores numéricos o de modelación se traducen en comportamientos físicamente imposibles, podría ser una de las claves que explican la magnitud del efecto, hipótesis que amerita exploración específica en una investigación doctoral mediante diseño de estudios de caso y análisis fino de episodios de depuración.[45] [46]

Reconocer, sin embargo, que el subgrupo de estudiantes que no mejora en pensamiento variacional, e incluso experimenta ligeros decrementos, apunta a la complejidad de esta competencia, más resistente al cambio que el razonamiento numérico cuando se dispone de tiempos de intervención tan acotados.[47] [48] Sugerir que la futura tesis doctoral deberá explorar secuencias de más larga duración, con énfasis explícito en conceptualización de covariación, análisis cualitativo de funciones y traducciones sistemáticas entre registros, además de indagar en factores personales y contextuales que puedan explicar la persistencia de dificultades en este núcleo conceptual.[49][50] Discutir las limitaciones del diseño sin grupo control, la muestra no probabilística y la corta duración, reconociendo la imposibilidad de atribuir causalidad fuerte, pero destacando que la coherencia entre diagnóstico, diseño, implementación y resultados ofrece una base sólida para plantear estudios de mayor alcance en el marco de un proyecto doctoral.[51] [52]

Conclusiones

Sintetizar que la intervención STEAM basada en videojuegos sobre la Segunda Ley de Newton permitió fortalecer de manera significativa el pensamiento numérico, el pensamiento variacional y la articulación de registros de representación en estudiantes de Ingeniería de Sistemas, evidenciando la factibilidad y el potencial de integrar física, matemáticas, programación y diseño en un proyecto auténtico coherente con el modelo pedagógico dialógico crítico de la UFPS. Resaltar que, más allá del impacto localizado, los resultados se inscriben en un vacío identificado en la literatura: la escasa evidencia empírica sobre implementación de STEAM en educación superior de ingeniería en contextos latinoamericanos, particularmente en cursos de física mecánica, lo que otorga pertinencia y originalidad a una eventual tesis doctoral que profundice en este campo. Proponer que la agenda doctoral derive de este estudio tres líneas articuladas: ampliar el diseño cuasiexperimental a estudios con grupos de comparación y seguimiento longitudinal, investigar procesos cognitivos y discursivos que acompañan la resolución de tareas variacionales y numéricas en entornos de programación de videojuegos, y analizar las condiciones institucionales y formativas requeridas para consolidar prácticas STEAM sostenibles en programas de ingeniería.

En definitiva, asumir la intención investigativa doctoral no solo como extensión cuantitativa de la muestra o de la duración de la intervención, sino como un esfuerzo por comprender más profundamente cómo, por qué y para quién funciona este tipo de estrategias, articulando los marcos de pensamiento variacional, pensamiento numérico, registros semióticos y STEAM en una propuesta robusta de investigación en educación matemática y en educación en ingeniería.

Referencias

[1] D. Aguilera y J. Ortiz-Revilla, "Educación STEM vs. STEAM y creatividad estudiantil: Una revisión sistemática de la literatura," Education Sciences, vol. 11, no. 7, p. 331, 2021. doi: 10.3390/educsci11070331.

[2] N. Aksoy y D. Richardson, "Pensamiento computacional con diseño de juegos: Un estudio de investigación-acción con estudiantes de secundaria," Education and Information Technologies, 2024. doi: 10.1007/s10639-024-13010-5.

[3] C. Z. Albarracín-Villamizar, C. A. Hernández-Suárez y R. Prada-Núñez, "Objetos de aprendizaje y desarrollo de habilidades del pensamiento numérico: Análisis mediante un diseño cuasiexperimental," AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería, vol. 8, no. 3, pp. 63–70, 2020. doi: 10.15649/2346030X.831.

[4] M. Artigue, "Ingeniería didáctica," en Ingeniería didáctica en educación matemática: Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, M. Artigue, R. Douady, L. Moreno y P. Gómez, Eds. Grupo Editorial Iberoamérica, 1995, pp. 33–59.

[5] H. S. Barrows, "Aprendizaje basado en problemas en medicina y más allá: Una breve visión general," en New Directions for Teaching and Learning: Bringing Problem-Based Learning to Higher Education, L. Wilkerson y W. H. Gijselaers, Eds. Jossey-Bass, 1996, pp. 3–12.

[6] S. Belbase, B. R. Mainali, W. Kasemsukpipat, H. Tairab, M. Gochoo y A. Jarrah, "At the dawn of science, technology, engineering, arts and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes and problems," International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, vol. 53, no. 11, pp. 2919–2955, 2022. doi: 10.1080/0020739X.2021.1922943.

[7] J. D. Bransford, A. L. Brown y R. Cocking, How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School. National Academy Press, 2000.

[8] D. Bressoud, "Decades later, problematic role of calculus as gatekeeper to opportunity persists," Charles A. Dana Center, University of Texas at Austin, 2021.

[9] D. T. Campbell y J. C. Stanley, Diseños experimentales y cuasi-experimentales en la investigación social, 9.ª ed. Amorrortu, 2010.

[10] R. Cantoral, Pensamiento y lenguaje variacional. CINVESTAV-IPN, 2020.

[11] R. Cantoral, G. Montiel y D. Reyes-Gasperini, "El programa socioepistemológico de investigación en matemática educativa: El caso del cálculo y análisis," Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, vol. 21, no. 1, pp. 7–32, 2018. doi: 10.12802/relime.18.2111.

[12] Y. Chen, C. Tsai, P. Wanglang, C. Huang y T. Liu, "Integrando el pensamiento computacional, el diseño de juegos y el pensamiento de diseño: Una revisión de alcance," Humanities and Social Sciences Communications, vol. 12, p. 106, 2025. doi: 10.1057/s41599-025-04502-x.

[13] E. G. Cohen y R. A. Lotan, Designing Groupwork: Strategies for the Heterogeneous Classroom, 3rd ed. Teachers College Press, 2014.

[14] J. Cohen, Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, 2nd ed. Lawrence Erlbaum, 1988.

[15] Y. Corral, "Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos," Revista Ciencias de la Educación, vol. 19, no. 33, pp. 228–247, 2009.

[16] J. De Zubiría, El modelo pedagógico dialogante: Hacia una educación centrada en el desarrollo humano. Fundación Alberto Merani, 2006.

[17] R. Duval, "A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics," Educational Studies in Mathematics, vol. 61, nos. 1–2, pp. 103–131, 2006.

[18] R. Duval, Understanding the Mathematical Way of Thinking: The Registers of Semiotic Representations. Springer, 2017.

[19] J. Escobar-Pérez y Á. Cuervo-Martínez, "Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización," Avances en Medición, vol. 6, pp. 27–36, 2008.

[20] M. Furqon y M. Muslim, "Investigating the ability of multiple representations and scientific consistency of high school students on Newton's laws," Journal of Physics: Conference Series, vol. 1157, p. 042077, 2019.

[21] J. Gallardo-Pérez, "El modelo pedagógico dialógico crítico en la educación," Revista Respuestas, vol. 19, no. 1, pp. 52–64, 2014.

[22] J. D. Godino, C. Batanero y V. Font, The Onto-Semiotic Approach to Research in Mathematics Education. Springer, 2017.

[23] R. Hernández-Sampieri y C. Mendoza, Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill, 2018.

[24] D. Hestenes, M. Wells y G. Swackhamer, "Force Concept Inventory," The Physics Teacher, vol. 30, no. 3, pp. 141–158, 1992.

[25] P. Hewitt, Física conceptual, 12.ª ed. Pearson, 2015.

[26] N. Kanika et al., "[Referencia completa según tu tesis]," 2023.

[27] M. A. Kraft, "Interpreting effect sizes of education interventions," Educational Researcher, vol. 49, no. 4, pp. 241–253, 2020.

[28] M. Land, "STEAM education for the next generation," en STEAM Education: Theory and Practice, M. Land, Ed., 2019.

[29] E. Mazur, Peer Instruction: A User's Manual. Prentice Hall, 2014.

[30] A. McIntosh, B. Reys y R. Reys, Number Sense: Simple Effective Number Activities for Children. Hawker Brownlow, 2017.

[31] A. Meza et al., "[Referencia completa según tu tesis]," 2024.

[32] D. Meltzer, "[Referencia completa según tu tesis]," 2020.

[33] Ministerio de Salud de Colombia, Resolución 8430 de 1993, 1993.

[34] J. Ortiz et al., "[Referencia completa según tu tesis]," 2021.

[35] E. Perignat y J. Katz-Buonincontro, "STEAM in practice and research: An integrative literature review," Thinking Skills and Creativity, vol. 31, pp. 31–43, 2019.

[36] I. Planchard et al., "[Referencia completa según tu tesis]," 2019.

[37] R. Prada-Núñez et al., "[Referencia completa según tu tesis]," 2024.

[38] C. F. Quigley y D. Herro, An Educator's Guide to STEAM. Teachers College Press, 2019.

[39] N. Radziwill, R. Benton y C. Moellers, Gamify STEM: A Design Framework, 2019.

[40] N. Sangwaranatee et al., "[Referencia completa según tu tesis]," 2025.

[41] J. Van der Linden et al., "[Referencia completa según tu tesis]," 2019.

[42] Y. Wang y S. Somasundram, "[Referencia completa según tu tesis]," 2025.

[43] P. Wouters et al., "A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games," Journal of Educational Psychology, vol. 105, no. 2, pp. 249–265, 2013.

[44] G. Yakman, "STEAM education: An overview of creating a model of integrative education," en ASET Conference Proceedings, 2008.

[45] R. P. Núñez, M. E. P. Tarazona y F. J. R. Moreno, "The STEAM educational approach in the pedagogical practice of early childhood teachers: Reality or utopia?," Journal of Ecohumanism, vol. 4, no. 1, pp. 4593–4607, 2025.

[46] C. A. Hernández Suárez, J. K. Guevara Jiménez y J. Rodríguez Moreno, "Desigualdades en la educación superior en tiempos de COVID-19," Revista Perspectivas, vol. 8, no. S1, pp. 361–373, 2023. doi: 10.22463/25909215.4153.

[47] G. Ramírez-Ayala y R. Prada Núñez, "Pedagogía crítica en la formación ciudadana: Caso Universidad de Pamplona," Revista Perspectivas, vol. 6, no. 1, pp. 85–100, 2021. doi: 10.22463/25909215.3012.

[48] K. C. Puerto López, F. J. Lozano Cárdenas, and B. Medina Delgado, "Enseñanza y aprendizaje en ingeniería desde la teoría del aprendizaje experiencial: revisión Actual", Mundo Fesc, vol. 13, no. 26, pp. 74–95, May 2023, doi: 10.61799/2216-0388.1319.

[49]O. M. . Vega-Angarita and D. S. González-Escobar, "La diversidad académica en perspectiva de los estilos de enseñanza y de aprendizaje en el ámbito universitario", Mundo Fesc, vol. 11, no. 22, pp. 121–134, Jul. 2021, doi: 10.61799/2216-0388.1044.

[50] R. P. Núñez, M. E. P. Tarazona, and F. J. R. Moreno, "The Steam Educational Approach in the Pedagogical Practice of Early Childhood Teachers: Reality or Utopia?," Journal of Ecohumanism, vol. 4, no. 1, pp. 4593–4607, 2025.

[51] C. A. Hernández Suárez, J. K. Guevara Jiménez, and J. Rodríguez Moreno, "Desigualdades en la educación superior en tiempos de COVID-19," Revista Perspectivas, vol. 8, no. S1, pp. 361–373, 2023, doi: 10.22463/25909215.4153.

[52] G. Ramírez-Ayala and R. Prada Núñez, "Pedagogía crítica en la formación ciudadana: caso Universidad de Pamplona," Revista Perspectivas, vol. 6, no. 1, pp. 85–100, 2021, doi: 10.22463/25909215.3012.