EOnlineTech
REVISTA CIENTÍFICA
International Academic Research Center
Investigación sin fronteras. Conocimiento con impacto

Evaluación de las competencias digitales en docentes de matemática: un análisis basado en el modelo TPACK

Evaluation of Digital Competencies in Mathematics Teachers: An Analysis Based on the TPACK Model

Recibido: 23-02-2026
Aceptado: 28-04-2026
Publicado: 25-05-2026
DOI: https://doi.org/10.53485/ret.v5i2.745

Ingrid Rodríguez
Investigadora Independiente, República Dominicana
prof.ingridrdgz@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-1266-6689

Resumen

La integración de tecnologías digitales en la educación exige un perfil docente capaz de articular saberes disciplinares, pedagógicos y tecnológicos. Este estudio evaluó las competencias digitales de docentes de matemática en educación secundaria mediante el modelo de Conocimiento Tecnológico, Pedagógico y del Contenido (TPACK), bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y diseño no experimental transversal. Se aplicó un cuestionario de 21 ítems a una muestra no probabilística de 71 docentes en ejercicio del Distrito Nacional, Santo Domingo ($\alpha = 0.89$). Los resultados evidenciaron un nivel moderado de competencia digital docente, con una jerarquía asimétrica entre las dimensiones del modelo: el Conocimiento del Contenido (CK) obtuvo la puntuación más alta ($M = 3.08$), mientras que el Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK) registró el desempeño más bajo ($M = 2.65$). Se identificaron además debilidades en la evaluación digital y un bajo uso pedagógico de la inteligencia artificial. Se concluye que el profesorado muestra mayor seguridad en el dominio disciplinar que en la integración pedagógica de herramientas digitales, lo que sugiere la necesidad de procesos de desarrollo profesional situado orientados al fortalecimiento articulado de las dimensiones pedagógica, disciplinar y tecnológica del modelo TPACK.

Palabras clave: competencia digital docente, educación matemática, educación secundaria, evaluación digital, modelo TPACK.

Abstract

The integration of digital technologies in education demands a teaching profile capable of articulating disciplinary, pedagogical, and technological knowledge. This study evaluated the digital competencies of mathematics teachers in secondary education using the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) model, under a quantitative, descriptive, and non-experimental cross-sectional design. A 21-item questionnaire was administered to a non-probabilistic sample of 71 in-service mathematics teachers in the Distrito Nacional, Santo Domingo ($\alpha = 0.89$). Results revealed a moderate level of digital teaching competence, with an asymmetric hierarchy across the model's dimensions: Content Knowledge (CK) obtained the highest score ($M = 3.08$), while Technological Content Knowledge (TCK) recorded the lowest performance ($M = 2.65$). Weaknesses were also identified in digital assessment and low pedagogical use of artificial intelligence. It is concluded that teachers demonstrate greater confidence in their disciplinary domain than in the pedagogical integration of digital tools, suggesting the need for situated professional development processes aimed at the articulated strengthening of the pedagogical, disciplinary, and technological dimensions of the TPACK model.
Keywords: digital assessment, mathematics education, secondary education, teacher digital competence, TPACK model.

Introducción

En el contexto de la transformación digital, la integración tecnológica en educación ha pasado de ser opcional a constituirse en un pilar de las agendas pedagógicas internacionales. No obstante, la UNESCO (2023) advierte que el impacto real depende de una integración pedagógica contextualizada, señalando que, pese al mayor acceso a dispositivos, la tecnología permanece subutilizada en disciplinas críticas como las matemáticas. La evidencia sugiere que su uso suele ser periférico o instrumental, replicando modelos tradicionales en formato digital (Bayas-Jaramillo, 2026; Amemasor, 2025). El reto fundamental radica en superar las limitaciones en la formación docente y la integración curricular para transformar el acceso en innovación efectiva (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, 2023, 2025),

En educación matemática, este desafío es especialmente agudo, pues la disciplina demanda estrategias de construcción activa, exploración y visualización que difícilmente emergen cuando la tecnología se usa como sustituto digital del libro de texto o del pizarrón. Software como GeoGebra favorece la modelización y comprensión conceptual al transformar objetos abstractos en representaciones dinámicas e interactivas (Azis y Rohaeti, 2025); sin embargo, la efectividad de estas herramientas depende menos de su disponibilidad que del conocimiento pedagógico con que el docente las integra.

Revisiones sistemáticas recientes identifican como barreras persistentes en el profesorado de matemáticas la falta de confianza, la resistencia al cambio y la integración insuficiente de las tecnologías digitales con las estrategias pedagógicas disciplinares (Padilla Escorcia, 2025). Esta inseguridad metodológica en el área matemática, se agrava por tensiones estructurales: docentes que intentan incorporar herramientas digitales mientras deben cumplir currículos extensos experimentan ansiedad pedagógica, lo que los lleva a preferir métodos tradicionales que garanticen cubrir los contenidos antes de las evaluaciones nacionales (Davor et al., 2026).

La evidencia empírica refuerza esta lectura: cuando la integración tecnológica en matemáticas va acompañada de una pedagogía digital efectiva, el compromiso y el rendimiento académico mejoran; pero cuando la tecnología se introduce sin reorientar las estrategias de enseñanza, su potencial se neutraliza (Saliao y Cajandig, 2025). En ese marco, la confianza docente -más que el acceso tecnológico- emerge como variable mediadora central: el conocimiento pedagógico digital influye en el logro matemático de los estudiantes tanto de forma directa como a través de la autoeficacia, lo que subraya el papel de la confianza en la implementación efectiva de entornos tecnológicos de aprendizaje (Davor et al., 2026).

Esta competencia digital docente trasciende el dominio técnico e implica el uso crítico y ético de la tecnología para favorecer el aprendizaje (UNESCO, 2023). En este sentido, Palacios-Rodríguez et al. (2023) subrayan que el profesorado requiere capacidades reflexivas para seleccionar y adaptar herramientas según los propósitos pedagógicos y las necesidades del alumnado.

Ante este escenario, el modelo TPACK (Mishra y Koehler, 2006) sistematiza esta complejidad mediante la interacción de tres ejes: contenido (CK), pedagogía (PK) y tecnología (TK), y permite evaluar la articulación de saberes disciplinares, pedagógicos y tecnológicos. Barajas Alcalá et al. (2023) sostienen que este constructo mantiene su vigencia para el diagnóstico docente y la validación de instrumentos empíricos. Investigaciones recientes indican que, si bien los docentes poseen fortalezas en las dimensiones pedagógicas y disciplinares, enfrentan mayores dificultades en la integración tecnológica (Fabian et al., 2024). Dado que el desarrollo de estas dimensiones es desigual, es crucial promover modelos de desarrollo profesional situado que vinculen la tecnología con las demandas curriculares reales (Dogan et al., 2025).

Por ello, el análisis mediante el TPACK es un insumo clave para identificar necesidades de formación continua que respondan a los desafíos de la era digital (Barajas Alcalá et al., 2023). Esta

orientación implica que los programas de formación docente deben involucrar activamente a los docentes en el diseño de lecciones, articulando el potencial de las herramientas digitales con los objetivos de comprensión conceptual propios de cada contenido matemático (Digel y Roth, 2025). Bajo esta premisa, el presente estudio evalúa las competencias digitales de docentes de matemática de secundaria mediante el modelo TPACK, utilizando un enfoque cuantitativo descriptivo para mapear el estado actual de estos conocimientos.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, orientado a caracterizar las competencias digitales de los docentes de matemática a partir de las dimensiones del modelo TPACK. Este enfoque permite analizar fenómenos educativos mediante la recolección y el tratamiento estadístico de los datos, favoreciendo la descripción objetiva de las variables estudiadas (Hernández Sampieri y Mendoza, 2018). De esta manera, el estudio se enmarcó en un diseño no experimental, de tipo encuesta (survey) y corte transversal, debido a que los datos fueron recolectados en un único momento temporal y sin manipulación deliberada de las variables objeto de estudio.

Población y muestra

El estudio se centró en docentes de matemática en ejercicio en el nivel de educación secundaria del Distrito Nacional, Santo Domingo. La muestra estuvo conformada por 71 docentes pertenecientes a instituciones educativas urbanas del nivel secundario, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta estrategia de muestreo, si bien limita la generalización de los resultados, permitió acceder a participantes con distintos perfiles de experiencia y tipo de institución, lo que favoreció una caracterización heterogénea del profesorado estudiado.

Instrumento de recolección de datos

Para medir las competencias digitales docentes se utilizó un *cuestionario estructurado* fundamentado en el modelo TPACK (Mishra y Koehler, 2006). El instrumento fue adaptado a partir de escalas previamente validadas en la literatura sobre competencias digitales docentes (Barajas Alcalá et al., 2023), ajustando los ítems al contexto disciplinar y educativo del estudio, tal y como recomiendan los autores. El cuestionario estuvo conformado por 21 ítems orientados a explorar la percepción docente sobre el uso pedagógico de tecnologías digitales en la enseñanza de la matemática, abordando el uso de plataformas virtuales, herramientas de simulación, recursos multimedia, software matemático, inteligencia artificial, evaluación digital, aprendizaje colaborativo y diseño de actividades mediadas por tecnología.

Las respuestas se registraron mediante una escala tipo Likert de cinco niveles: Totalmente en desacuerdo (1) a Totalmente de acuerdo (5). La validez de contenido fue establecida mediante juicio de expertos, quienes valoraron la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems respecto a los objetivos del estudio. La confiabilidad se estimó mediante el coeficiente alfa de Cronbach ($\alpha = .89$), valor que indica una consistencia interna satisfactoria.

Procedimiento y consideraciones éticas

La recolección de datos se realizó de forma digital, mediante un cuestionario online. Los participantes otorgaron su consentimiento informado, fueron notificados sobre los objetivos del estudio y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias, garantizándose el anonimato y la confidencialidad de la información. Los datos fueron utilizados exclusivamente con fines académicos. Los autores declaran ausencia de conflictos de interés.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados con estadística descriptiva mediante el software R versión 4.5.1 (R Core Team, 2025). Se calcularon medias y desviaciones estándar por dimensión del modelo TPACK con el propósito de identificar los niveles de desarrollo de cada componente y las áreas que requieren fortalecimiento, permitiendo caracterizar el perfil predominante de competencia digital docente en el grupo estudiado.

Resultados

El análisis estadístico descriptivo realizado sobre la muestra de 71 docentes de educación secundaria revela un nivel de competencia digital general situado en la categoría de dominio moderado, con una media global de 2.85. Al examinar el perfil docente a través de las dimensiones del modelo TPACK, se observa una jerarquía de conocimientos asimétrica, caracterizada por una mayor autopercepción de seguridad en el dominio disciplinar específico en comparación con las dimensiones que implican la integración directa de recursos tecnológicos en el aula.

El Conocimiento del Contenido (CK) obtuvo la puntuación más elevada del perfil (M = 3.08; DE = 1.10), confirmando que el profesorado percibe una sólida base conceptual en la materia. Los ítems con mayor valoración corresponden al uso de hojas de cálculo para el análisis y la representación gráfica de datos estadísticos (M = 3.41) y al manejo de software o calculadoras gráficas para la resolución de problemas matemáticos complejos (M = 3.25). En contraste, el Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK) registró la media más baja del estudio (M = 2.65; DE = 1.30), evidenciando una debilidad relevante en la articulación entre el conocimiento matemático y las herramientas digitales, lo que limita las posibilidades de transformar los procesos de enseñanza y la representación didáctica del contenido.

Respecto al Conocimiento Tecnológico (TK), los datos reflejan una adopción de carácter funcional pero circunscrita a herramientas convencionales. Los ítems mejor valorados corresponden al uso general de herramientas tecnológicas en el aula (M = 3.45) y a la operación de plataformas LMS para la organización de materiales y actividades (M = 3.20). Sin embargo, se observa un descenso pronunciado en el uso pedagógico de tecnologías emergentes: la incorporación de inteligencia artificial en los procesos educativos (M = 2.01) y el empleo de software para edición de video (M = 2.27) obtuvieron las valoraciones más bajas de esta dimensión.

El Conocimiento Pedagógico (PK) arrojó una media de 2.91 (DE = 1.20). El ítem con mayor valoración corresponde al fomento de la colaboración estudiantil mediante plataformas digitales (M = 3.34). No obstante, el diseño de rúbricas digitales para la medición de competencias alcanzó una de las puntuaciones más bajas del instrumento (M = 2.13), lo que sugiere que los procesos de evaluación permanecen vinculados a enfoques predominantemente tradicionales.

Para facilitar la interpretación, las dimensiones del modelo TPACK fueron clasificadas en niveles de dominio (bajo, moderado y alto a partir de una distribución proporcional de la escala

Likert de cinco puntos, siguiendo criterios empleados en investigaciones sobre medición de actitudes y percepciones en ciencias sociales (Hernández et al., 2014).

La Tabla 1 presenta el resumen de los perfiles obtenidos para cada dimensión.

Tabla 1

Perfil descriptivo de competencias digitales (TPACK) de los docentes de matemática de secundaria

Dimensión TPACK	Media	DE	Nivel	Rasgos del perfil (observables)
Conocimiento tecnológico (TK)	2.73	1.10	Moderado	Uso funcional de herramientas tecnológicas generales en clase (M≈3.45). Manejo de plataformas LMS para organizar materiales y actividades (M≈3.20).
Conocimiento pedagógico (PK)	2.91	1.20	Moderado	Fomento de la colaboración con plataformas digitales (M≈3.34). Integración didáctica de tecnología y contenido (M≈3.20).
Conocimiento del contenido (CK)	3.08	1.10	Moderado	Hojas de cálculo para análisis y gráficos estadísticos (M≈3.41). Uso de software/calc. gráficas para problemas complejos (M≈3.25).
Conocimiento pedagógico del contenido (PCK)	2.88	1.20	Moderado	Evalúa y ajusta la efectividad de herramientas digitales (M≈2.99). Diseña aprendizaje activo mediado por tecnología (M≈2.93).
Conocimiento tecnológico del contenido (TCK)	2.65	1.30	Moderado	Integración de software matemático para visualizar conceptos (M≈2.82).
Conocimiento pedagógico tecnológico (TPK)	2.75	1.20	Moderado	Diseño de entornos interactivos combinando herramientas (M≈2.87).
Conocimiento integrado (TPACK)	2.91	1.30	Moderado	Reflexión sobre la integración TPACK para mejora continua (M≈3.04).

Nota. elaboración propia a partir de los resultados descriptivos del estudio (N=71). Escala 1–5. Umbrales: Alto ≥ 3.50; Moderado 2.50–3.49; Bajo ≤ 2.49.

En síntesis, los resultados evidencian que las competencias digitales de los docentes de matemática se sitúan en un nivel moderado en todas las dimensiones del modelo TPACK. Aunque el profesorado manifiesta un dominio funcional de herramientas tecnológicas y una adecuada base disciplinar, persisten limitaciones en la integración pedagógica de tecnologías digitales especializadas para la enseñanza de la matemática. Estos hallazgos sugieren que el desarrollo de competencias digitales docentes continúa siendo un proceso en construcción, particularmente en aquellas dimensiones relacionadas con la articulación entre contenido matemático, pedagogía y tecnología.

Discusión

El perfil competencial docente: dominio disciplinar frente a integración tecnodidáctica

Los resultados obtenidos evidencian que el profesorado de matemática de educación secundaria presenta una mayor autopercepción de seguridad en el dominio disciplinar que en las dimensiones relacionadas con la integración pedagógica de las tecnologías digitales. El hecho de que el Conocimiento del Contenido (CK) haya registrado la media más alta del estudio sugiere que los docentes reconocen poseer una base sólida en los saberes matemáticos necesarios para el ejercicio profesional. Este patrón es consistente con hallazgos reportados en contextos similares: Abebe y Trainin (2024) documentaron que los docentes de matemática perciben mayor competencia en CK y PK que en las dimensiones tecnológicas, mientras que Ramirez y Paragua (2025) identificaron en secundaria que el conocimiento no tecnológico supera sistemáticamente al tecnológico en las autopercepciones docentes. Ambos estudios, junto al presente, apuntan a que la formación docente inicial sigue privilegiando el dominio disciplinar por encima de la integración tecnopedagógica, tal como señalaron originalmente Mishra y Koehler (2006) y como persiste décadas después.

Sin embargo, esta fortaleza conceptual contrasta con el bajo desempeño observado en el Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK), dimensión que obtuvo la puntuación más baja del perfil. La debilidad en TCK es especialmente problemática en matemática, dado que esta dimensión es la que habilita el uso de herramientas digitales para la representación, modelización y comprensión de conceptos abstractos, precisamente las operaciones cognitivas centrales de la disciplina (Padilla-Escorcia, 2025). La integración efectiva de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas requiere que los docentes no solo dominen las herramientas digitales, sino que comprendan cómo alinearlas con el contenido matemático y las estrategias pedagógicas (Priyanda et al., 2025). Cuando esta articulación falla, la tecnología opera de forma periférica: los docentes la emplean para ilustrar o presentar contenidos sin modificar las dinámicas de construcción del conocimiento matemático, lo que reproduce el modelo transmisivo en formato digital (Bayas-Jaramillo et al., 2025). En ese sentido, los docentes experimentan dificultades concretas para crear, planificar y decidir cómo y cuándo aprovechar las posibilidades tecnológicas en actividades matemáticas de alto nivel cognitivo (Ulusoy y Girit-Yildiz, 2024), lo que explica la brecha entre disponibilidad de algún software y su uso transformador efectivo.

Los resultados también revelan que esta asimetría no es aleatoria: el perfil docente identificado (sólido en CK, débil en TCK), constituye un patrón estructural documentado en la literatura reciente. Las investigaciones actuales sobre TPACK enfatizan la naturaleza dinámica y contextual del marco, señalando que los docentes deben adaptar continuamente su conocimiento a las necesidades cambiantes del aula y a las tecnologías emergentes, y que factores como la infraestructura escolar, la diversidad estudiantil y las creencias docentes condicionan decisivamente cómo el TPACK se concreta en la práctica (Petko et al., 2025). Esta perspectiva permite comprender que la brecha observada en TCK no responde únicamente a déficits individuales de formación, sino a condiciones institucionales y culturales que sostienen modelos de enseñanza matemática poco permeables a la integración tecnológica. Por ello, el diagnóstico mediante TPACK no es un fin en sí mismo, sino un insumo para el diseño de programas de desarrollo profesional situado que partan de las fortalezas disciplinares ya consolidadas para construir, desde allí, competencias de integración tecnodidáctica (Dogan et al., 2025; Digel y Roth, 2025).

Del uso funcional de la tecnología a las limitaciones frente a herramientas emergentes

Los resultados muestran que el Conocimiento Tecnológico (TK) presenta un carácter heterogéneo: niveles moderados en herramientas de uso cotidiano (plataformas LMS y recursos de gestión del aula) contrastan con una caída pronunciada en el uso pedagógico de tecnologías emergentes, particularmente la inteligencia artificial generativa y el software de edición de video. Este patrón sugiere que los docentes han incorporado selectivamente las tecnologías que facilitan la organización y la comunicación, pero no las que transforman los procesos cognitivos de la enseñanza matemática. La aceleración digital post-pandémica expuso brechas significativas en la preparación docente, y la creciente integración de la IA exige competencias tecnológicas avanzadas y cambios sustanciales en los métodos de enseñanza tradicionales (Osorio Vanegas et al., 2025). Una investigación longitudinal con 144 docentes evidenció que las actividades centradas en el aprendizaje procedimental continúan siendo docente-céntricas, y que el uso transformador de la tecnología depende críticamente de la experiencia previa con su integración pedagógica (Pozo et al., 2024). Aunque los docentes reconocen la permanencia de la IA en la educación, muchos reportan sentirse insuficientemente preparados para integrarla pedagógicamente en sus prácticas de aula (Tripathi et al., 2025).

Esta brecha no responde a falta de acceso sino a prácticas pedagógicas arraigadas que la disponibilidad tecnológica por sí sola no modifica (García-Peñalvo, 2022). Gutiérrez (2026) señala que la madurez digital institucional requiere trascender el uso instrumental, especialmente frente a herramientas disruptivas como la IA, cuya implementación demanda nuevas competencias metodológicas. En esta línea, Dogan et al. (2025) destacan que los programas de desarrollo profesional vinculados con IA deben integrar simultáneamente dimensiones tecnológicas, pedagógicas y disciplinares desde el marco TPACK, lo que en matemática resulta especialmente relevante dado el potencial de la IA para la retroalimentación adaptativa y la modelización de problemas complejos. La persistencia de este patrón confirma que la transformación pedagógica digital requiere intervenciones formativas sostenidas ancladas en situaciones reales de enseñanza, no solo acceso a herramientas (Petko et al., 2025).

La dimensión pedagógica: colaboración digital y desafíos en la evaluación

Los resultados muestran una disposición moderada hacia el uso de estrategias pedagógicas mediadas por tecnología, con mayor valoración en el fomento de la colaboración estudiantil mediante plataformas digitales. Este hallazgo es coherente con la literatura que documenta cómo los entornos colaborativos digitales favorecen la argumentación, la resolución de problemas y la construcción colectiva del conocimiento matemático (Roschelle et al., 2016; Cancino y Manzano, 2025).

Sin embargo, el análisis revela una debilidad importante en la evaluación digital: el diseño de rúbricas digitales obtuvo una de las puntuaciones más bajas del instrumento, evidenciando que los procesos evaluativos permanecen anclados en enfoques tradicionales. Díaz Torres (2023) sostiene que la evaluación es una de las áreas más resistentes a la innovación tecnológica, debido a la complejidad metodológica que implica diseñar procesos evaluativos digitales contextualizados. La investigación actual identifica el diseño de tareas digitales y la evaluación mediada por tecnología como áreas prioritarias de desarrollo en la formación docente en matemáticas, señalando que las creencias pedagógicas y las competencias metodológicas de los docentes condicionan decisivamente sus prácticas evaluativas digitales (Rezat et al., 2024). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de fortalecer la formación docente en evaluación digital, promoviendo herramientas de retroalimentación formativa coherentes con las demandas de los entornos educativos contemporáneos (Dogan et al., 2025).

La integración del modelo TPACK y los desafíos de la competencia digital docente

Aunque los docentes manifiestan capacidad reflexiva sobre la relación entre estas dimensiones, encuentran dificultades al trasladarla a experiencias didácticas completamente integradas, lo que confirma que el desarrollo del TPACK es un proceso complejo que exige no solo conocimientos técnicos sino decisiones pedagógicas situadas (Mishra y Koehler, 2006). La integración tecnológica efectiva depende de una base sólida en conocimiento pedagógico y tecnológico, en conjunción con la autoeficacia docente (un rasgo moldeado por la experiencia, la disposición emocional y la confianza (Veyis & Ciğerci, 2025), lo que explica por qué la competencia digital no avanza únicamente con capacitación técnica sino con práctica contextualizada sostenida (Gudmundsdottir y Hatlevik, 2018). En docentes de matemática específicamente, la autoeficacia favorece el avance en la integración de herramientas digitales avanzadas, pero las creencias docentes excesivas constituyen el principal obstáculo (Xie & Luo, 2025). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de programas de formación situados que desarrollen simultáneamente las dimensiones pedagógicas, disciplinar y tecnológica, con énfasis en simulaciones dinámicas, visualización, evaluación digital e inteligencia artificial educativa (Dogan et al., 2025; Petko et al., 2025).

Conclusiones

Las conclusiones de este estudio indican que los docentes de matemática del contexto estudiado poseen un nivel de competencia digital moderado, donde el fuerte dominio del contenido disciplinar no se traduce necesariamente en una integración pedagógica efectiva de las tecnologías. Se observa un rezago en la articulación de herramientas digitales para la enseñanza de conceptos abstractos, una resistencia al uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y limitaciones en la implementación de procesos de evaluación digital. Aunque el diagnóstico es sólido, los resultados están condicionados por el tamaño reducido de la muestra y el posible sesgo de los cuestionarios de autopercepción. Por ello, se sugiere que futuras investigaciones empleen métodos mixtos que incluyan la observación directa en el aula y evalúen el impacto de programas de formación situada que integren de forma práctica las dimensiones del modelo TPACK.

Referencias

Amemasor S., Oppong S., Ghansah B, Benuwa B. and Essel D. (2025) A systematic review on the impact of teacher professional development on digital instructional integration and teaching practices. Front. Educ. 10:1541031. doi: 10.3389/feduc.2025.1541031

Azis, Y. M., & Rohaeti, E. E. (2025). *A systematic literature review on implementation of GeoGebra: Benefits and challenges in mathematics education*. *Infinity Journal, 14*(3), 655–672. https://doi.org/10.22460/infinity.v14i3.p655-672

Barajas Alcalá, S. L., García López, R. I., & Cuevas Salazar, O. (2023). *Adaptación y validación de un instrumento basado en el modelo TPACK para docentes universitarios*. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH, 14*, e1831. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v14i0.1831

Bayas-Jaramillo, C. M., Gaibor-Donoso, B. J., Parra-Barreiro, I. E., & Reza-Suárez, L. B. (2026). Tecnologías digitales con sentido pedagógico en Educación Básica: más allá del uso instrumental en contextos latinoamericanos: Digital Technologies with Pedagogical Purpose in Basic Education: Beyond Instrumental Use in Latin American Contexts. *Multidisciplinary Latin American Journal (MLAJ)*, *4*(1), 246-266. https://doi.org/10.62131/MLAJ-V4-N1-017

Cancino, M. P., y Manzano, E. C. (2025). Effectiveness of computer-supported collaborative learning approach in teaching mathematics. *Psychology and Education: A Multidisciplinary Journal, 34*(8), 902–908. https://doi.org/10.70838/pemj.340801

Davor, I., Boateng F., and Akweittey, E. (2026) Modeling the impact of teachers' digital pedagogical content knowledge (DPACK) on instructional quality and student mathematics achievement. Front. Educ. 11:1807792. doi: 10.3389/feduc.2026.1807792

Díaz Torres, J. (2023). La evaluación digital como la última frontera de la innovación docente: Retos metodológicos en la educación secundaria. *Revista de Educación Virtual y Didáctica Contemporánea*, *5*(2), 45–61.

Digel, S. and Roth, J. (2025) Professional development program to promote students' conceptual understanding through technology-enhanced teaching: a learner-centered evaluation. Front. Psychol. 16:1666808. doi: 10.3389/fpsyg.2025.1666808

Dogan, S., Nalbantoglu, U. Y., Celik, I., y Agacli Dogan, N. (2025). Artificial intelligence professional development: A systematic review of TPACK, designs, and effects for teacher learning. *Professional Development in Education, 51*(3), 519–546. https://doi.org/10.1080/19415257.2025.2454457

Fabian, K., Topping, K. J., & Barron, I. G. (2024). A systematic review of TPACK interventions in teacher education. *Computers & Education*, *210*, Artículo 104998. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104998

García-Peñalvo, F. J. (2022). La transformación digital de la educación superior tras la pandemia: Desafíos pedagógicos y el refugio en los entornos LMS. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, *23*, Artículo e28450. https://doi.org/10.14201/eks.28450

Gudmundsdottir, G. B., & Hatlevik, O. E. (2018). Newly qualified teachers' professional digital competence: Implications for their self-efficacy and real classroom practices. *European*

Journal of Teacher Education, *41*(3), 306–323. https://doi.org/10.1080/02619768.2018.1462331

Gutiérrez, Y. (2026). Análisis multimodal de la madurez digital e integración de la inteligencia artificial en la educación superior marítima panameña. Revista EOnlineTech, 5(1), 52–71.

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, *108*(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Mercader, C., & Gairín, J. (2020). Las barreras de la transformación digital educativa: Creencias pedagógicas, formación metodológica y resistencia al cambio en el profesorado. *Revista Complutense de Educación*, *31*(4), 479–489. https://doi.org/10.5209/rced.65482

Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education, 21*(5), 509–523. https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2023). *OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing . https://doi.org/10.1787/c74f03de-en

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE. (2025). *Preparing teachers for digital education: Continuing professional learning on digital skills and pedagogies* (OECD Education Policy Perspectives, No. 122). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/af442d7a-en

Osorio Vanegas, H. D., Segovia Cifuentes, Y. d. M., & Sobrino Morrás, A. (2025). Educational Technology in Teacher Training: A Systematic Review of Competencies, Skills, Models, and Methods. *Education Sciences*, *15*(8), 1036. https://doi.org/10.3390/educsci15081036

Padilla-Escorcia, I. A., García-Rodríguez, M. L., & Aguilar-González, Á. (2025). Mathematics Teachers' Knowledge for Teaching with Digital Technologies: A Systematic Review of Studies from 2010 to 2025. *Education Sciences*, *15*(12), 1598. https://doi.org/10.3390/educsci15121598

Palacios Rodríguez, A., Cabero-Almenara, J., y Barroso-Osuna, J. (2023). *Competencia digital docente según DigCompEdu: Aportes desde la investigación*. Universidad de Sevilla. Grupo de Investigación Didáctica.

Petko, D., Mishra, P., y Koehler, M. J. (2025). TPACK in context: An updated model. *Computers and Education Open*, *8*, 100244. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100244

Pozo, J., Cabellos, B, Pérez Echeverría, M. (2024) Has the educational use of digital technologies changed after the pandemic? A longitudinal study. PLoS ONE 19(12): e0311695. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311695

Priyanda R, Herman T, Amalia R and Ihsan IR (2025) Exploring teachers' pedagogical reasoning in mathematics education using the TPACK framework. Front. Educ. 10:1552760. doi: 10.3389/feduc.2025.1552760

Rezat, S., Ebers, P., Hoch, S., y Ruchniewicz, H. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. *ZDM – Mathematics Education*, *56*, 481–496. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9

Roschelle, J., Feng, M., Murphy, R. F., y Mason, C. A. (2016). Online mathematics homework increases student achievement. *AERA Open, 2*(4), 1–12. https://doi.org/10.1177/2332858416673968

Saliao, M. D., y Cajandig, A. J. S. (2025). Integration of technology in teaching mathematics: Assessing the influence of digital pedagogy on learning engagement and achievement among grade 8 students. *IJRISS,* 4476-4493, https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2025.90400320

Tripathi T, Sharma SR, Singh V, Bhargava P and Raj C (2025) Teaching and learning with AI: a qualitative study on K-12 teachers' use and engagement with artificial intelligence. Front. Educ. 10:1651217. doi: 10.3389/feduc.2025.1651217

Ulusoy, F., & Girit-Yildiz, D. (2024). The quality of prospective mathematics teachers' dynamic geometry tasks in terms of the coordination between mathematical depth levels and technological actions. Journal of Computer Assisted Learning, 40(5), 2261–2277. https://doi.org/10.1111/jcal.13029

UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education: A tool on whose terms?* UNESCO Publishing.

Veyis, F., & Ciğerci, F. (2025). The Role of Sustainable Education and Digital Competence in the Relationship Between Teachers' TPACK Levels and Performance Self-Assessments. *Sustainability*, *17*(14), 6585. https://doi.org/10.3390/su17146585

Xie, M., & Luo, L. (2025). The status quo and future of AI-TPACK for mathematics teacher education students: A case study in Chinese universities [Preprint]. *arXiv*, arXiv:2503.13533.

Zeng, M., Abdullah, Z., & Cheah, K. S. (2025). Pre-service teachers' digital competence: A systematic review of factors, frameworks, and global patterns. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *24*(8), 218–247. https://doi.org/10.26803/ijlter.24.8.10