

Un marco estratégico para la integración ética y didáctica de la inteligencia artificial generativa en la enseñanza con enfoque STEAM

Mario Di Blasi Regner

mdibiasi@red.frgp.utn.edu.ar

Universidad Tecnológica Nacional FRGP, General Pacheco, República Argentina.

Resumen

El artículo evalúa la idoneidad del marco del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) para la integración de la inteligencia artificial generativa (IAG) en la educación. Se sostiene que TPACK es un modelo conceptual indispensable, actuando como una "lente regulatoria" que vincula la tecnología con los objetivos pedagógicos (PK) y de contenido (CK). No obstante, su formulación tradicional es insuficiente para abordar los desafíos sistémicos y éticos únicos de la IAG, descrita como proteica, opaca e inestable. La integración de la IAG en el contexto STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas), que promueve la interdisciplinariedad y la resolución de problemas auténticos, es crucial para guiar una aplicación responsable. El artículo propone una adaptación urgente que incluye: la reconfiguración del conocimiento pedagógico tecnológico (TPK) para integrar la ingeniería de prompts (PE) como estrategia didáctica avanzada (ej. Chain-of-Thought prompting), la expansión del conocimiento tecnológico del contenido (TCK) para incorporar la alfabetización crítica de contenido generado (curación y detección de sesgos), y la expansión obligatoria de un conocimiento contextual extendido (XK) para que las instituciones gestionen la gobernanza ética y el impacto social a largo plazo de la IAG.

Palabras clave: Inteligencia Artificial Generativa, TPACK, Educación STEAM, Ética, Educación Superior.

A strategic framework for the ethical and didactic integration of generative artificial intelligence in STEAM-focused teaching

Abstract

This article analyzes the suitability of the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework for modeling and designing the integration of Generative Artificial Intelligence (GAI) in higher education. It is argued that TPACK is a necessary conceptual model, as it ensures that technology is integrated for pedagogical and disciplinary purposes (CK/PK), preventing technological determinism. However, in its traditional formulation, TPACK is insufficient to address the unique ethical, cognitive, and social challenges posed by GAI. GAI, being opaque, unstable, and socially disruptive, requires a reconfiguration of the TPK domains (requiring advanced prompt engineering as a pedagogical competency) and TCK (incorporating critical generated content literacy to mitigate biases). Furthermore, the mandatory expansion of extended contextual knowledge (XK) is proposed so that institutions address ethical governance and long-term social impact, ensuring that GAI serves as an amplifier of critical thinking and not as a substitute for cognitive effort.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, TPACK, STEAM Education, Ethics, Higher Education.

Un cadre stratégique pour l'intégration éthique et didactique de l'intelligence artificielle générative dans l'enseignement axé sur les STEAM

Résumé

Cet article analyse la pertinence du cadre de la Connaissance Technologique Pédagogique du Contenu (TPACK) pour modéliser et concevoir l'intégration de l'Intelligence Artificielle Générative (IAG) dans l'enseignement supérieur. Il est soutenu que le TPACK est un modèle conceptuel nécessaire, car il garantit que la technologie est intégrée à des fins pédagogiques et disciplinaires, évitant ainsi le déterminisme technologique. Cependant, dans sa formulation traditionnelle, le TPACK est insuffisant pour relever les défis éthiques, cognitifs et sociaux uniques posés par l'IAG. L'IAG, étant opaque, instable et socialement perturbatrice, nécessite une reconfiguration des domaines TPK (exigeant une ingénierie de prompt avancée comme compétence pédagogique) et TCK (intégrant une littératie critique du contenu généré pour atténuer les biais). De plus, l'expansion obligatoire vers une connaissance contextuelle étendue (XK) est proposée pour que les institutions abordent la gouvernance éthique et l'impact sociétal à long terme, garantissant que l'IAG serve d'amplificateur de la pensée critique et non de substitut à l'effort cognitif.

Mots clés: Intelligence Artificielle Générative, TPACK, Éducation STEAM, Éthique, Enseignement Supérieur.

Uma estrutura estratégica para a integração ética e didática da inteligência artificial generativa no ensino com foco em STEAM

Resumo

Este artigo avalia a adequação da estrutura do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK) para a integração da inteligência artificial generativa (IAG) na educação. Argumenta-se que o TPACK é um modelo conceitual indispensável, atuando como uma "lente reguladora" que conecta a tecnologia aos objetivos pedagógicos (PK) e de conteúdo (CK). No entanto, sua formulação tradicional é insuficiente para abordar os desafios sistêmicos e éticos singulares da IAG, que é descrita como proteiforme, opaca e instável. Integrar a IAG ao contexto STEAM (ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática), que promove a interdisciplinaridade e a resolução de problemas autênticos, é crucial para orientar sua aplicação responsável. Este artigo propõe uma adaptação urgente que inclui: a reconfiguração do conhecimento tecnológico pedagógico (TPACK) para integrar a engenharia de estímulos (PE) como uma estratégia didática avançada (por exemplo, estímulos de raciocínio lógico), a expansão do conhecimento tecnológico de conteúdo (TCK) para incorporar a alfabetização crítica do conteúdo gerado (curadoria e detecção de vieses) e a expansão obrigatória do conhecimento contextual estendido (XK) para que as instituições possam gerenciar a governança ética e o impacto social a longo prazo da Inteligência Artificial Generativa (IAG).

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa, TPACK, Educação STEAM, Ética, Ensino Superior.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El fenómeno de la IAG y la necesidad de marcos reguladores.

La irrupción de la inteligencia artificial generativa (IAG), materializada en modelos de lenguaje grande (LLMs), constituye un cambio de naturaleza estructural en la educación superior, superando la clasificación de mera actualización de herramientas digitales. Esta tecnología altera los fundamentos de la producción, adquisición y validación del

conocimiento, exigiendo una profunda reconsideración de los marcos conceptuales para la integración tecnológica.

La IAG se distingue por su carácter inherentemente disruptivo, siendo descrita como "proteica, opaca e inestable" (Mishra, 2023). Su integración, por lo tanto, no puede ser abordada desde la perspectiva de tecnologías estables o transparentes.

El término "proteico", tomado de Mishra (2023), hace referencia a Proteo, el dios griego capaz de

cambiar de forma a voluntad. Aplicado a la tecnología educativa, esto marca una ruptura con el pasado.

- **Tecnologías Estáticas (1990-2020):** Un microscopio es una tecnología estática. Su función es ampliar. No decide qué mostrar ni inventa organismos que no existen. El docente diseña una práctica de laboratorio sabiendo exactamente qué hará el microscopio.
- **Tecnologías Proteicas (2023-):** ChatGPT o Midjourney no tienen una "forma" funcional fija. Pueden ser tutores socráticos, generadores de código, poetas o simuladores de física incorrecta. Su comportamiento depende del *prompt* (la invocación), y su fiabilidad varía con cada actualización del modelo subyacente (e.g., la diferencia entre GPT-3.5 y GPT-4).

En este contexto de transformación, la IAG y la educación STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas) emergen como fuerzas convergentes que redefinen los procesos de enseñanza y aprendizaje en el siglo XXI. La combinación de ambas multiplica las oportunidades para desarrollar habilidades innovadoras y prepara a los estudiantes para un mundo donde las fronteras disciplinares son cada vez más difusas (Pochulu, 2024, citado en Di Blasi Regner et al., 2024).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. TPACK como lente fundacional: relevancia y límites iniciales ante la IAG.

El marco del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK), desarrollado por Mishra y Koehler (2006), ha sido históricamente el modelo estándar para evaluar la competencia docente en entornos digitales. Su relevancia radica en su capacidad para operar como una "lente regulatoria". Este enfoque es crucial porque obliga a los educadores a justificar la integración tecnológica (TK) a través de lentes pedagógicas (PK) y disciplinares (CK), asegurando que la tecnología sirva a fines educativos y previniendo, de esta manera, el determinismo tecnológico acrítico (Solís & Maldonado, 2021).

A pesar de su valor fundacional, la IAG expone la insuficiencia del TPACK en su formulación tradicional. El modelo, diseñado originalmente para tecnologías más estables como los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS), carece de los

mecanismos necesarios para diagnosticar y mitigar los riesgos sistémicos únicos que introduce la IAG, tales como la opacidad algorítmica y los profundos desafíos éticos.

Por lo tanto, el TPACK es un marco indispensable, pero requiere una adaptación urgente y significativa, especialmente en la expansión de su dominio contextual (XK), para abordar la gestión ética y la preservación del pensamiento crítico.

2.2. Presentación del enfoque STEAM: principios y contexto pedagógico integrador.

La educación STEAM se define como una propuesta pedagógica integradora que enfatiza la interconexión entre las disciplinas, promoviendo un aprendizaje que es simultáneamente relevante y creativo. A diferencia de los enfoques tradicionales que aíslan los campos de conocimiento, STEAM busca una formación contextualizada que permita a los estudiantes resolver problemas reales mediante la integración efectiva de conocimientos y habilidades.

Los principios fundamentales de STEAM (Di Blasi Regner, 2024) incluyen:

- La **interdisciplinariedad**, que exige la combinación explícita y significativa de al menos dos disciplinas (Beers, 2011).
- La **resolución de problemas reales y auténticos**, que son abiertos y no tienen una solución única (Honey et al., 2014).
- El fomento de la **creatividad y el pensamiento crítico** (donde la 'A' de artes no es meramente decorativa, sino un componente esencial del diseño innovador) (Yakman, 2008).
- El **aprendizaje activo y experiencial** (Quigley et al., 2017).

Esta estructura pedagógica, al exigir la resolución de problemas auténticos que incorporan implicaciones sociales y ambientales, se convierte en el contexto operativo ideal para reinsertar el TPACK en una dimensión de diseño responsable.

3. ANÁLISIS Y DESARROLLO

3.1. TPACK como modelo diagnóstico ante la disrupción IAG.

La naturaleza disruptiva de la IAG somete los dominios PK y CK a tensiones significativas, lo que valida la utilidad del TPACK como herramienta

diagnóstica. El desafío más crítico es la potencial erosión de las habilidades cognitivas de orden superior. La IAG, al ofrecer soluciones inmediatas, puede inconscientemente obstaculizar las habilidades de pensamiento crítico y generar una pasividad y dependencia excesiva de la tecnología (Alghasab et al., 2025).

Esta problemática establece una tensión directa: la eficacia inmediata del conocimiento tecnológico (TK) se enfrenta a la profundidad requerida del conocimiento pedagógico (PK). El modelo tradicional de TPACK no está inherentemente configurado para diagnosticar este conflicto de valores.

Adicionalmente, la IAG introduce serios desafíos de fiabilidad y ética, debido a su naturaleza de "caja negra" y su tendencia a las alucinaciones, complicando el conocimiento tecnológico del contenido (TCK).

La "alucinación" de la IA (generar datos falsos con alta confianza) suele verse como un defecto. Sin

embargo, desde la perspectiva didáctica planteada en este trabajo, es una característica pedagógica potente si se gestiona bajo el marco TCK (Technological Content Knowledge).

- **La Pedagogía del Error Sintético:** Aquí se menciona la "alfabetización crítica de contenido generado". Esto sugiere que la presencia de errores en la IA es beneficiosa para el entrenamiento del pensamiento crítico. En un entorno donde la información es perfecta (enciclopedias tradicionales), el estudiante confía ciegamente. En un entorno de IA imperfecta, el estudiante debe estar en guardia perpetua.
- **Validación Epistémica:** En la educación científica, esto refuerza el método científico: escepticismo, verificación y validación de fuentes. El TCK se convierte en la habilidad de triangular la información generada por la IA con fuentes primarias y principios fundamentales verificados.

Dominio TPACK	Pros (Modelado/Diseño)	Contras (Riesgos/Limitaciones)	Fuentes de Soporte
PK (Pedagogía)	Personalización, fomento de roles activos e interactivos, andamiaje adaptativo.	Riesgo de pasividad y dependencia excesiva; obstáculo para el desarrollo autónomo del pensamiento crítico.	(Solís & Maldonado, 2021; Alghasab et al., 2025)
TK (Tecnología)	Adopción de herramientas avanzadas; desarrollo de la ingeniería de prompts (alfabetización digital avanzada).	Naturaleza proteica, opaca e inestable de la IAG, lo que dificulta la formación docente continua.	(López-Vasco et al., 2025; Mishra, 2023)
CK (Contenido)	Generación rápida de ejemplos, simulaciones y escenarios; apoyo en la representación del contenido disciplinar.	Riesgo de sesgos algorítmicos; opacidad de la fuente de datos (hallucinations); necesidad crítica de curación y validación.	(Mishra & Koehler, 2006; Alghasab et al., 2025)
TPK (Tecnología + Pedagogía)	El prompt engineering se convierte en una técnica pedagógica para diseñar actividades constructivas y de razonamiento avanzado.	Reducción potencial del vínculo docente-estudiante (rapport); dificultad en el monitoreo de la autoría y la autenticidad del aprendizaje.	(López-Vasco et al., 2025; Alghasab et al., 2025)

Tabla 1: Análisis fundamentado de pros y contras del uso de IAG bajo el marco TPACK en educación superior.

3.2. STEAM: el contexto operativo para la síntesis TPACK-IAG.

El enfoque STEAM es crucial porque exige la solución de problemas auténticos y complejos. La IAG amplifica las capacidades del enfoque STEAM de manera significativa, facilitando procesos de alto nivel cognitivo como la modelización matemática,

el diseño de proyectos de ingeniería y la creación de arte digital (Di Blasi Regner, 2024).

En matemáticas, la IAG puede generar ejemplos personalizados y visualizaciones dinámicas de conceptos abstractos (Holmes et al., 2021, citado en Di Blasi Regner, 2024). En ingeniería, automatiza partes del proceso de diseño, permitiendo a los

estudiantes concentrarse en los aspectos más creativos (Anderson, 2020, citado en Di Blasi Regner, 2024).

Esta convergencia potencia la "creatividad amplificada" (Thaler, 2019, citado en Di Blasi Regner, 2024) y fomenta competencias esenciales del siglo XXI como el pensamiento crítico y la argumentación sólida.

3.3. La reconfiguración del TPACK: TPK, TCK y el diseño didáctico STEAM

Transformación del TPK: ingeniería de prompts (PE) como estrategia pedagógica.

la "Ingeniería de Prompts" es una nueva pedagogía. Esto es radical. Significa que el docente debe enseñar a sus alumnos a ser "encantadores de tecnología" (technology whisperers). En un aula STEAM, esto se traduce en ejercicios donde el objetivo no es la respuesta, sino la refinación iterativa de la pregunta.

- *Ejemplo Práctico Expandido:* En lugar de pedir "Calcula la trayectoria del proyectil", el docente pide: "Diseña tres prompts diferentes para que una IA explique la trayectoria a tres audiencias: un niño de 5 años, un estudiante de física y un ingeniero aeroespacial. Analiza los

errores en cada respuesta generada". Este ejercicio evalúa el CK (saber física para detectar errores) y el TPK (saber modular la herramienta).

La formación docente debe priorizar el PE avanzado no como una mera habilidad técnica, sino como una técnica pedagógica. La técnica del Chain-of-Thought prompting (CoT), que exige al modelo mostrar sus pasos de razonamiento, es fundamental para convertir la IAG en un "socio cognitivo" (López-Vasco et al., 2025).

Evolución del TCK: curación crítica de contenidos generados.

El TCK ya no puede limitarse a cómo la tecnología representa un concepto. Debe evolucionar para incorporar la alfabetización crítica de contenido generado (Alghasab et al., 2025). Esto implica enseñar la detección de sesgos algorítmicos y la validación de fuentes.

Modelos de implementación didáctica STEAM.

La aplicación del TPACK reconfigurado requiere la articulación con modelos de implementación. Dellepiane (2024) propone una taxonomía basada en estándares NCTM.

Género de actividad	Descripción/Propósito	Ejemplo de tecnología IAG relevante
I. Considerar	Adquirir información o investigar un concepto. Típicamente niveles bajos de involucramiento, pero potenciado por la personalización.	Synthesia (videos educativos), ChatGPT (resúmenes), Runway ML (animaciones/simulaciones visuales).
II. Practicar	Practicar técnicas computacionales o estrategias algorítmicas para automatizar habilidades.	Wolfram Alpha (cálculos avanzados), Quizlet AI (prácticas personalizadas), Khan Academy con GPT.
III. Interpretar	Dedicar tiempo a deducir, explicar y validar relaciones abstractas (conjeturas, argumentos). Fomenta la reflexión.	ChatGPT (generar y refinar argumentos), OpenAI Codex (clasificación de datos), DALL-E.
IV. Producir	Estudiantes se convierten en productores de trabajos matemáticos (demostraciones, informes, modelado).	ChatGPT (guionización), GeoGebra, DALL-E (visualizaciones), Wolfram Alpha (cálculos y explicaciones).

Tabla 2: Taxonomía de actividades matemáticas orientadas a IAG. Nota: Adaptado de Dellepiane (2024).

3.4. La expansión obligatoria: conocimiento contextual extendido (XK) y gobernanza ética.

La IAG obliga a expandir el dominio contextual clásico del TPACK hacia un conocimiento

contextual extendido (XK). Este dominio es vital para gestionar las implicaciones éticas y sociales de la IA. Mientras que el TPACK es un modelo micro (centrado en el docente), la mitigación de riesgos

sistémicos requiere un modelo de sistema institucional.

Dominio TPACK	Enfoque tradicional	Adaptación requerida para IAG	Implicación estratégica
Contexto (Context knowledge)	Entorno inmediato (aula, currículo local).	Conocimiento Contextual Extendido (XK): Impacto social, ético, económico y a largo plazo de la IAG en la profesión.	Exigir formación para gestionar el impacto ético y social de la IAG en la sociedad.
TCK (Contenido tecnológico)	Cómo la tecnología representa el contenido.	Inclusión de la evaluación de sesgos algorítmicos , opacidad y transparencia de la fuente.	Desarrollar la alfabetización crítica de contenido generado y la curación disciplinar.
TPK (Pedagogía tecnológica)	Cómo usar la tecnología para transformar la enseñanza.	Integración del prompt engineering avanzado como técnica pedagógica (CoT).	TPK se convierte en el diseño de interacciones cognitivamente exigentes .

Tabla 3: Propuesta de adaptación del TPACK: el conocimiento contextual extendido (XK)

4. CONCLUSIONES

El análisis confirma que el TPACK es un marco conceptual necesario pero insuficiente en su formulación tradicional ante la IAG. Su adaptación, articulada con el diseño activo STEAM, es el camino estratégico para una integración responsable.

Las recomendaciones estratégicas incluyen:

- **Priorización del TPK:** Del enfoque en la eficiencia a la exigencia cognitiva mediante el diseño de prompts que requieran razonamiento paso a paso (CoT).
- **Rigor del TCK:** Institucionalización de la curación crítica y detección de sesgos como componente esencial de la competencia digital.
- **Sostenibilidad Institucional (XK):** Las instituciones deben establecer políticas de gobernanza ética que sostengan la práctica docente individual, alineándose con modelos de progresión como SAMR para buscar la redefinición de tareas y no la mera sustitución.

La Gobernanza Ética Institucional (XK) y la Soberanía de Datos.

La expansión hacia el Conocimiento Contextual Extendido (XK) toca una fibra sensible en la administración universitaria.

- **La Brecha de Gobernanza:** La mayoría de las instituciones educativas tienen políticas de "integridad académica" diseñadas para el plagio tradicional (copiar y pegar texto de otro humano). La IAG rompe esto porque genera texto original

(estadísticamente). ¿Es plagio si la máquina lo escribió para ti?

- Al exigir XK, se reclama por políticas que definan la "colaboración humano-IA". ¿Debe citarse al prompt? ¿Debe declararse el uso de IA en la metodología? Sugerimos que las instituciones deben moverse hacia modelos donde la IA sea una herramienta declarada y auditada, similar a como se declara el uso de software estadístico (SPSS, R) en la investigación cuantitativa.

5. REFERENCIAS

- Alghasab, N., Alsawayyid, A., & Abu-Saba, R. (2025). TPACK in the Age of Generative AI: Challenges, Ethical Concerns, and Coping Strategies of Language Educators. *Frontiers in Education*, 1550773.
- Amadio, A. (2024). Ingeniería de prompts: conceptos, tipos y aplicaciones. En M. Di Blasi Regner, C. Fasce, & S. Santos (Coords.), *Educación STEAM en tiempos de inteligencia artificial generativa* (pp. 97–116). Editorial Dunken.
- Anderson, M. (2020). *How AI is Revolutionizing Education and Learning*. EdTech Magazine.
- Beers, S. Z. (2011). 21st Century Skills: Preparing Students for Their Future. *Leadership*, 16 (2), 15-19.
- Dellepiane, P. (2024). TPACK e inteligencia artificial generativa (IAG): Una propuesta innovadora para la enseñanza en carreras científicas y tecnológicas. En M. Di Blasi Regner, C. Fasce, & S. Santos (Coords.), *Educación STEAM en tiempos de inteligencia artificial generativa* (pp. 73–96). Editorial Dunken.
- Di Blasi Regner, M. (2024). Sinergias entre el enfoque STEAM y la inteligencia artificial generativa. En M. Di Blasi Regner, C. Fasce, & S. Santos (Coords.), *Educación*

STEAM en tiempos de inteligencia artificial generativa (pp. 15–36). Editorial Dunken.

Di Blasi Regner, M., Fasce, C., & Santos, S. (Coords.). (2024). *Educación STEAM en tiempos de inteligencia artificial generativa*. Editorial Dunken.

Fasce, C., & Petrelli, S. (2012). *La orquestación instrumental como referente para una reflexión didáctica*. (https://www.academia.edu/123057127/La_Orquestaci%C3%B3n_Instrumental_como_referente_para_una_reflexi%C3%B3n_did%C3%A1ctica)

Guerra, J., & Fasce, C. (2022). *Diseño de barrera acústica desde el enfoque de modelización matemática en el aula*. (https://www.academia.edu/122462478/Dise%C3%B1o_de_Barrera_Ac%C3%B3stica_desde_el_Enfoque_de_Modelizaci%C3%B3n_Matem%C3%A1tica_en_el_Aula)

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2021). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.

Kurup, P., Li, X., Powell, G., & Brown, M. (2019). Building future primary teachers' capacity in STEM: based on a platform of beliefs, understandings and intentions. *International Journal of STEM Education*, 6 (1), 2-14. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0164-5>

López-Vasco, F. E., Angulo-Álvarez, M. R., & Sosa-Zúñiga, D. I. (2025). Formación docente en IA generativa: impacto ético y retos en educación superior. *Alteridad. Revista de Educación*, 20 (2).

Mishra, P. (2023). TPACK in the age of ChatGPT and Generative AI. *Learning & the Sharing Economy*.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*.

Quigley, C., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117 (1-2), 1-12.

Saz Pérez, F., & Pizà Mir, B. (2024). Autopercepción del docente español sobre la posible integración de herramientas de inteligencia artificial generativa en el aula mediante un cuestionario TPACK.

Solís, M. F., & Maldonado, S. A. (2021). Modelo TPACK y metodología activa, aplicaciones en el área de matemática. *Revista Científica UISRAEL*, 8 (2), 49–64.

Thaler, S. (2019). *Creativity machine: Pioneering AI creativity*.

Trouche, L., & Drijvers, P. (2010). Handheld technology for mathematics education: flashback into the future. *ZDM Mathematics Education*, 42, 667-681.

Yakman, G. (2008). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education*. Virginia Polytechnic Institute and State University.