

# Formación docente STEM: codiseñando las prácticas con tecnologías digitales

Teacher Education STEM: co-designing the practices with digital technologies

**Patricia Añón<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0003-2070-1579>

**Verónica Perrone<sup>2</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-8518-9118>

**Silvana Flecchia<sup>3</sup>**

<https://orcid.org/0000-0002-0744-3416>

Añón, P. (2026). *Formación docente STEM: codiseñando las prácticas con tecnologías digitales*. Campo Universitario, 7 (13), 1-16

Fecha de recepción: 10/04/2026

Fecha de aceptación: 15/06/2026

**Resumen:** Se presenta el análisis de una experiencia de formación docente en disciplinas STEM que articula codiseño—entre docentes, estudiantes e investigadores— e Investigación Basada en Diseño (IBD). El propósito es fomentar estas prácticas y caracterizar la integración significativa de tecnologías digitales emergentes, definidas por su función pedagógica como mediadoras del diseño, la iteración y la reflexión sobre la práctica. Se argumenta que el codiseño favorece un TPACK profundamente contextualizado, entendiendo el contexto —aula, institución y políticas— como elemento constitutivo y dinámico. Se implementó un curso modular (n = 84) y se trabajó con seis de los equipos de docentes y estudiantes organizados por tipos de tecnologías emergentes: simulaciones/labs virtuales; visualización/modelado; programación/robótica; Inteligencia Artificial; captura/edición multimedia y fabricación digital/enfoque *Maker*. Una plantilla colaborativa operó como artefacto de diseño y trazabilidad, ayudando a gestionar factores críticos (tiempo, infraestructura, heterogeneidad) y a redistribuir roles, resignificando la planificación en clave de comunidad de práctica. Se concluye que este enfoque es prometedor para una integración tecnológica significativa, siempre que se

<sup>1</sup> Consejo de Formación en Educación, Uruguay. Contacto: [apifersa@gmail.com](mailto:apifersa@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Uruguay (UTEC), Uruguay. Contacto: [perrone@utec.edu.uy](mailto:perrone@utec.edu.uy)

<sup>3</sup> Facultad de Química, Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. Contacto: [sflecchia@fq.edu.uy](mailto:sflecchia@fq.edu.uy)



sostenga con diseños flexibles, acompañamiento experto y criterios explícitos de selección tecnológica. Se proponen principios transferibles: iteraciones cortas y visibles, colaboración negociada y reflexión sistemática.

Palabras clave: codiseño, IBD, STEM, tecnologías emergentes, formación docente

**Abstract:** This paper presents an analysis of a teacher training experience in STEM disciplines that integrates co-design—among teachers, students, and researchers—and Design-Based Research (DBR). The aim is to foster these practices and characterize the meaningful integration of emerging digital technologies, defined by their pedagogical function as mediators of design, iteration, and reflection on practice. It is argued that co-design promotes a deeply contextualized TPACK framework, understanding context—classroom, institution, and policies—as a constitutive and dynamic element. A modular course ( $n = 84$ ) was implemented, and six teams of teachers and students participated, organized by type of emerging technology: simulations/virtual labs; visualization/modeling; programming/robotics; Artificial Intelligence; multimedia capture/editing; and digital fabrication/Maker approach. A collaborative template served as a design and traceability tool, helping to manage critical factors (time, infrastructure, heterogeneity) and redistribute roles, thus redefining planning as a community of practice. It is concluded that this approach shows promise for meaningful technological integration, provided it is supported by flexible designs, expert guidance, and explicit technology selection criteria. Transferable principles are proposed: short and visible iterations, negotiated collaboration, and systematic reflection.

Keywords: codesign, DBR, STEM, emerging technologies, teacher education

### **Introducción: contexto, objetivos y relevancia**

Los avances tecnológicos son parte inseparable de la naturaleza de las prácticas científicas y de su enseñanza (Tsybulsky, 2019), aspecto muy relevante en las disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés). Permiten, por una parte, integrar diversos lenguajes para construir representaciones mentales de los fenómenos u objetos estudiados (Moreira, Greca & Palmero, 2011) y por otra, favorecer la comprensión de fenómenos naturales, la construcción de conocimiento y la interacción entre estudiantes y comunidad científica, (Useche & Vargas, 2019). Sin embargo, estas ventajas potenciales encuentran límites en la práctica de formación docente, pues integrar la tecnología en las disciplinas STEM implica también considerar las condiciones que pueden incidir en su aplicación efectiva.

Este artículo presenta resultados de una investigación sobre la integración de tecnologías digitales emergentes en la formación docente en áreas STEM, entendidas como aquellas con potencial para transformar las prácticas educativas y favorecer modalidades de enseñanza y aprendizaje más creativas y motivadoras (Sosa et al., 2017; Leavy et al. 2023). Se analiza su sentido pedagógico, nivel de integración y criterios considerados para su aplicación, así como los desafíos que implica su

constante actualización. Este estudio propone tender puentes entre el potencial teórico de estas tecnologías y las condiciones reales para su implementación en la formación docente, articulando codiseño e IBD como estrategias complementarias.

Mediante el desarrollo profesional los docentes buscan mejorar condiciones para propiciar un pensamiento integrador en el aula, que apunte a la solución de problemas, al desarrollo del pensamiento lógico, a favorecer la autorregulación y autosuficiencia, e integrar la tecnología de manera apropiada y creativa (López, Couso & Simarro, 2020). Para esto es fundamental incluir en la formación docente, oportunidades para ampliar conocimiento y experiencias de integración dotadas de sentido. Esta investigación adoptó una modalidad participativa de creación de propuestas de enseñanza, que se implementó en el contexto real del aula de formación docente, permitiendo articular conocimientos y experiencias de docentes, estudiantes e investigadores.

A partir de esta perspectiva, se analizaron propuestas de enseñanza codiseñadas con integración tecnológica, su contribución al desarrollo profesional docente y a la experiencia de aprendizaje, así como las perspectivas de participantes sobre las metodologías empleadas -IBD y codiseño-y la apropiación tecnológica.

## **Antecedentes**

En Uruguay, los estudios sobre STEM en educación superior suelen centrarse en la promoción de carreras y la perspectiva de género, mientras que, para la educación media, se identifican retos de una naturaleza más estructural (Grupo Interacadémico para la Enseñanza STEM de Uruguay, 2023). Dicho grupo, reconoce fortalezas en experiencias como los Clubes de Ciencia y las iniciativas del Plan CEIBAL, pero señala como obstáculo la escasez de docentes con el tipo de desarrollo profesional especializado y actualizado que la enseñanza de disciplinas STEM requiere. Para abordar esta situación, mencionan propuestas concretas: profundizar en el dominio disciplinar, integrar recursos existentes para una enseñanza activa, y establecer cursos de formación continua para docentes.

En el plano internacional, distintos investigadores y profesionales coinciden en la necesidad de integrar las perspectivas disciplinares de STEM en la educación y fortalecer la formación tecnopedagógica del profesorado (Bedoya & Marin, 2025; Cheng et al., 2020; Honey et al., 2014). Se ha demostrado cómo el uso significativo de la tecnología digital en los cursos de STEM es esencial para crear modelos de comprensión, fortalecer las relaciones conceptuales y facilitar la interacción entre estudiantes, docentes y comunidad científica (Oliveira et al., 2019). Por otra parte, la competencia docente para abordar enfoques educativos integrados está condicionada por su conocimiento disciplinar específico, la integración de la tecnología, destrezas, actitudes y capacidad creativa (So et al., 2019). En este sentido es particularmente relevante la formación de los docentes y la transformación de las prácticas pedagógicas (Reoyo et al., 2017).

En la literatura se da cuenta de los obstáculos para que docentes y estudiantes integren los cambios tecnológicos dentro del aula: los contextos de trabajo, las posturas socio-políticas y epistémicas, la falta de confianza y motivación, la necesidad de apoyo de la organización y soporte técnico y la necesidad de articulación con las didácticas específicas (Fullan & Langworthy, 2014; Carneiro et al., 2019; Segovia et al., 2022). Otros aspectos a considerar son de orden ético, de seguridad y de equidad.

Esta investigación se ha valido de dos marcos teóricos principales como forma de abordar algunas de las barreras mencionadas y para las cuales la formación docente tradicional ha mostrado limitaciones. Desde una perspectiva sociocultural, que concibe el conocimiento socialmente construido, mediado por artefactos y en interacción con otros, se sientan las bases de la dimensión colaborativa y situada del aprendizaje que se da en las comunidades de práctica (Lave & Wenger, 1991). En estas se favorece el intercambio de conocimientos y establecimiento de relaciones y experiencias, así como su puesta en práctica, lo que aporta a la formación de una identidad profesional plena.

Desde el modelo TPACK -Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido- (Mishra & Koehler, 2006; Mishra, 2019), se entiende el conocimiento tecnopedagógico del contenido y su contexto como un saber unificado y transformador, cuyo desarrollo progresa por niveles (Niess & Gillow-Wiles, 2013) y, en muchos casos, parte de un pre-reconocimiento de posibilidades (Bueno et al., 2023).

Para responder a este marco se optó por un diseño metodológico que garantizara que los hallazgos surgieran de contextos reales, con sus restricciones y oportunidades. En investigación educativa con inclusión de tecnologías digitales, los enfoques de diseño se adoptan cuando prima el interés en encontrar soluciones viables a problemas o desafíos provenientes de la propia práctica (de Benito & Salinas, 2016; McKenney & Reeves, 2025). En este estudio, la IBD y el codiseño siguen esa línea.

La IBD permite desplegar y estudiar innovaciones educativas, construyendo nuevas categorías teóricas sobre la integración de tecnología en los escenarios de enseñanza actuales (Cabero & Valencia, 2022; Lion & Maggio, 2019; van Akker & Nieveen, 2017). Integra teoría y práctica a través de prototipos iterativos que generan conocimiento transferible sobre la eficacia de las mediaciones en contextos específicos. Parte del principio de que enseñar y aprender son prácticas socialmente mediadas, requiriendo diseños flexibles y sensibles a las normas, herramientas y dinámicas de cada comunidad.

El codiseño fomenta la inclusión, la personalización del aprendizaje y el desarrollo de conocimiento tecnopedagógico en la educación superior (Villatoro & de Benito, 2022), al combinar saberes prácticos y académicos para crear propuestas situadas. Gros y Durall (2020) destacan su valor epistemológico como generador de conocimiento práctico, social y metodológico. En esta colaboración docente-estudiante se construyen y tensionan ideas sobre la enseñanza y el aprendizaje, lo que facilita la apropiación de los materiales (Juuti et al., 2021). Además, se fortalece la agencia

docente, entendida como la capacidad de actuar con autonomía y transformar reflexivamente la práctica educativa (Santana et al., 2024).

El enfoque metodológico y de diseño se sustenta en diversas investigaciones que abordan la IBD y el codiseño por separado o combinados, cuyos aportes han sido fundamentales. Sin embargo, la revisión realizada no ha permitido identificar estudios que exploren la articulación de estos marcos aplicados a la transformación de las prácticas educativas con tecnologías en la formación docente en disciplinas STEM, resaltándose la novedad y pertinencia de esta investigación, y su potencial para revisar y enriquecer los modelos más tradicionales de desarrollo profesional docente promoviendo una integración tecnológica que surja de prácticas reales en áreas STEM.

## Método

Se implementó un curso virtual nacional (Uruguay) para docentes y estudiantes de formación docente, centrado en el codiseño de propuestas STEM que integraran tecnologías emergentes para resolver desafíos didácticos disciplinares. Las propuestas se guiaron desde la IBD mediante prototipos sucesivos: conceptual, liviano y funcional (Plomp, 2013). Los ciclos iterativos de diseño-prueba-ajuste se materializaron en talleres, en avances progresivos registrados en una plantilla colaborativa y foros, facilitando el seguimiento y documentación.

Precedido por un diagnóstico de necesidades, revisión literaria y desarrollo de marcos conceptuales, el curso se estructuró en seis módulos (mayo-agosto 2025) con cinco talleres y dos webinars abiertos a la comunidad (Tabla 1).

Módulo	Contenido	Taller	Encuentros sincrónicos
I	Fundamentos teóricos y metodológicos de la IBD aplicados a la enseñanza STEM.	Identificación del problema/desafío/práctica educativa que se quiere abordar. Conformación de equipos	Webinar: “Introducción al codiseño y la IBD” Dra. Bárbaro de Benito (Universidad de las Islas Baleares)
II	Análisis y delimitación de problemas educativos relevantes en la enseñanza STEM	Posibles soluciones didácticas e integración de tecnologías emergentes	
III	Diseño y desarrollo de prototipos pedagógicos iniciales	Prototipo conceptual, pruebas con tecnologías. Ajustes al prototipo	Webinar: “Rol del docente -investigador” Dra. Carina Lion (Universidad de Buenos Aires)

<b>IV</b>	Evaluación participativa de prototipos	Evaluación y ajustes en función de las necesidades del contexto. Prototipos “livianos” Perspectivas éticas, sociales y de sostenibilidad en el diseño pedagógico.	Encuentro de: investigadores+docentes +estudiantes  Docentes+estudiantes: Elaboración de un audio de reflexión
<b>V</b>	Diseño colaborativo de prototipos funcionales	Sistematización de principios de diseño y aprendizajes clave para futuras implementaciones	
<b>VI</b>	Reflexiones finales y cierre	Entrega de la propuesta codiseñada	Seminario final:exposición equipos

**Tabla 1.** Curso Codiseño en STEM con tecnologías emergentes.

### Caracterización de la muestra

Las entrevistas diagnósticas confirmaron el interés de docentes y estudiantes por participar. Los docentes tenían un perfil "altamente adaptable" (Flores, 2022), con trayectoria en integración tecnológica. Se seleccionaron seis equipos representativos basados en un docente y sus estudiantes interesados, organizados en torno a categorías de tecnologías emergentes (Leavy et al., 2023). Cada equipo fue coordinado por un referente investigador que brindó acompañamiento directo y participó del codiseño. Esta modalidad constituye el núcleo analítico del estudio, ya que permitió trabajar sobre situaciones auténticas y problemáticas contextualizadas.

El curso tuvo amplia difusión sumando otros equipos con conformaciones diversas (docentes y estudiantes de distintas disciplinas).

### Fuentes de datos

Las fuentes de datos se organizaron según su aporte al marco analítico: entrevistas a nueve docentes STEM (fase diagnóstica); observación participante de seis equipos; plantillas colaborativas de codiseño e informes finales. Se incorporaron encuestas de percepción, audios de reflexión (módulos IV–V) y presentaciones orales (módulo VI). Para la triangulación se consideraron formularios de inscripción, analíticas de participación, foros, mensajes y notas de campo.

La investigación adoptó un enfoque interpretativo, sustentado en una sólida base empírica. La trayectoria colaborativa del equipo investigador permitió aplicar sistemas de registro y criterios de sistematización previamente establecidos. Se elaboraron instrumentos específicos para la recolección y análisis de datos. Esta diversidad de fuentes permitió reconstruir no solo los productos de diseño, sino también los procesos de toma de decisiones y las experiencias vividas.

## Herramientas de análisis

El estudio cualitativo se realizó mediante análisis temático reflexivo (Braun & Clarke, 2019; Kushnir, 2025), apoyado en matrices de sistematización que posibilitaron una lógica híbrida: categorías a priori (según objetivos y marco teórico) y ajuste iterativo de códigos y categorías emergentes. La progresión de integración tecnológica se operacionalizó con los niveles de Niess y Gillow-Wiles (2013), codificados de 0 a 5 (0 = “pre-reconocimiento”, adaptado de Bueno et al., 2023). En paralelo, códigos emergentes (p. ej., comprensión del codiseño, valoración del proceso) sustentaron la construcción de temas interpretativos retomados en la discusión.

Cada matriz descriptiva se elaboró descomponiendo analíticamente los objetivos e integrando categorías y subcategorías derivadas del marco teórico y de análisis exploratorios iniciales. Para asegurar la trazabilidad, se incorporaron definiciones operativas, ejemplos y, cuando correspondía, escalas o niveles (p. ej., de integración tecnológica) que facilitaron la comparación y la identificación de patrones. Se definieron indicadores de codificación para aplicar el esquema de manera consistente en fuentes diversas (entrevistas, plantillas, foros y encuestas), posibilitando una lectura integrada y transversal del corpus. Además de su función analítica, las matrices cumplieron un propósito formativo: ayudaron a los investigadores a explicitar supuestos, ajustar dimensiones ambiguas y consolidar un lenguaje común para el análisis.

## Declaración ética

Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes y los datos se gestionaron con confidencialidad, en un entorno seguro, siguiendo normativas internacionales de protección de datos; posteriormente fueron anonimizados y desvinculados de sus fuentes. Dado el tipo de estudio y su nivel de riesgo, no se requirió intervención de un comité de ética. La selección de tecnologías priorizó seguridad y privacidad, e incluyó una consideración de posibles sesgos asociados.

## Resultados

### El codiseño como práctica de formación profesional situada

La propuesta tuvo amplia recepción, se aumentó el cupo previsto (60) y 84 participantes completaron el trayecto. En los seis equipos foco, se culminaron las propuestas, se iteraron los prototipos y se documentaron decisiones en plantillas y bitácoras. Las reflexiones subrayan colaboración y toma de decisiones: “el intercambio y el diálogo ayudaron a afinar ideas” (SL1); “trabajamos en conjunto compartiendo ideas y experiencias” (FDEM1). Varios equipos proyectaron la sistematización para congresos/publicaciones.

Entre los límites señalados, el ciclo breve redujo el margen para profundizar ajustes — especialmente en las etapas en las que los equipos comenzaban a consolidar sus propuestas—, y aparecieron dificultades de coordinación y tiempos que tensionaron el ideal colaborativo (encuesta final). Aun así, el codiseño se materializó como práctica

situada más que como prescripción, propiciando prototipos funcionales y criterios de integración tecnológica justificados.

### **Caracterización de las propuestas codiseñadas: integración tecnológica y contextualización**

Cada equipo, integrado por un/a docente y sus estudiantes, definió un desafío didáctico y en proceso de codiseño, acordó la integración tecnológica, los destinatarios y el contexto de aplicación (Tabla 2).

<b>Categoría tecnológica/equipo</b>	<b>Desafío didáctico planteado/Nivel</b>
Programación y robótica (PR1)	Práctica restringida por falta de acceso a kits (Informática). FD; EM
Simulaciones y laboratorios virtuales/remotos (SL1)	Experimentar procesos complejos/abstractos; restricciones éticas (Biología/Fisiología). EM
Inteligencia artificial y análisis de aprendizaje (IA1)	Superar visión descriptiva en Geografía; abordar problemas territoriales con múltiples actores. FD; EM
Visualización científica y modelado interactivo (VM3)	Dificultad para visualizar objetos y relaciones espaciales (Matemática). FD; EM
Captura y edición de contenido multimedia avanzado (MA1)	Suplir la falta de recursos y tiempo prácticas de laboratorio/videotutoriales (Química). EM
Fabricación digital y enfoque Maker (FDEM1)	Nivelar aprendizajes y vincular diseño textil software libre (Diseño textil). EM

**Tabla .2** Conformación de equipos de estudio (FD=formación docente; EM=educación media).

Algunos criterios de selección para la integración tecnológica fueron: gratuidad/abierto; uso con conectividad intermitente; accesibilidad/compatibilidad e idioma (se descartaron inicialmente opciones solo en inglés).

El análisis de las propuestas revela patrones significativos en su estructura y en el rol asignado a la tecnología. La secuencia didáctica fue la modalidad organizativa predominante en todos los equipos, articulando actividades cortas, resolución de problemas con simuladores o IA, y producción de contenidos como videos o fichas técnicas.

Sobre la integración tecnológica, se identificaron las funciones pedagógicas principales, que a menudo se combinaban, predominantemente: visualizar/representar (para hacer "visible lo invisible" en fisiología o estructuras moleculares), experimentar/explorar (a través de simulaciones o robots virtuales), crear (prototipos textiles, videos) y analizar datos (con IA para la toma de decisiones). La tecnología cumplió un rol clave para mediar y estructurar la secuencia de aprendizaje en la plataforma educativa y para comunicar los resultados.

El nivel de integración tecnológica (según Niess & Gillow-Wiles, 2013) mostró un perfil diferenciado. Los docentes se ubicaron mayoritariamente en los niveles 3-4 (adaptar-explorar), con casos que alcanzaron el nivel 5 (avanzar), como en el equipo SL1, que diseñó diagnósticos simulados a partir de análisis de orina. En contraste, se observó heterogeneidad en los estudiantes, con presencia de nivel 0 (pre-reconocimiento). Esta brecha quedó ejemplificada en una observación donde se hizo evidente que, para parte del estudiantado, la tecnología era completamente novedosa, mientras la docente demostraba un dominio de nivel 4-5 al proponer soluciones a barreras idiomáticas y decisiones pedagógicas sobre cuándo usar la simulación.

Las propuestas evidenciaron una alta contextualización, adaptándose a distintos niveles y perfiles estudiantiles. Por ejemplo, el equipo PR1 diseñó "actividades graduadas para estudiantes de profesorado con diversos niveles de experiencia". Estas adaptaciones, que responden a condiciones materiales como la falta de laboratorios, refuerzan el carácter situado y flexible del codiseño.

### **Contribuciones del codiseño al desarrollo profesional y las experiencias de aprendizaje**

El proceso de codiseño estuvo asociado a una serie de cambios significativos en los conocimientos, roles y experiencias de aprendizaje de los participantes.

#### 1. La construcción de un conocimiento tecnopedagógico crítico y situado

El curso funcionó como un espacio seguro para la experimentación, reflexión compartida y el ensayo de nuevas formas de enseñar con tecnologías. Los datos recogidos muestran el proceso de codiseño como facilitador en la apropiación de saberes tecnopedagógicos. Por ejemplo, un participante afirmó que “descubrimos que era posible planificar una secuencia sin tener experiencia previa con la herramienta” (AuSL1).

Durante una instancia de acompañamiento se recoge: “usar una herramienta solo por ser novedosa no aporta si no se conecta con el contenido y los objetivos” (IA1). Explicita una aproximación crítica superando las lógicas del entusiasmo inicial y consumo instrumental. La distribución desigual de los saberes tecnológicos se resolvió con tutorías entre pares y acompañamiento del equipo investigador “una de nosotras ya había trabajado con IA y ayudó mucho al resto del equipo a animarse a probarla” (IA1).

En el curso se planteó a los equipos que fueran plasmando en forma iterativa su propuesta didáctica en una plantilla colaborativa que les sugería ítems para la planificación. Se constituyó en un instrumento fundamental para esta investigación, implicó la explicitación del conocimiento práctico y significó un salto cualitativo en la planificación en cuanto a la integración de la tecnología, que dejó de ser concebida como un recurso accesorio para pasar a formar parte estructural del diseño didáctico.

## 2. El reposicionamiento del rol docente: resignificaciones, desplazamientos y nuevas comprensiones

Las entrevistas preliminares a docentes evidencian su reflexión acerca de la necesidad de diseñar con sentido, incorporar intereses estudiantiles e instalar transformaciones, destacando la importancia de atender la heterogeneidad de los estudiantes, ajustar la enseñanza a distintos ritmos de aprendizaje y reconocer el potencial de la tecnología para favorecer la comprensión de contenidos complejos, especialmente en aquellos casos en que los estudiantes requieren mayor acompañamiento. Por su parte, de la encuesta diagnóstica realizada a los estudiantes, se desprende que un número significativo de ellos destaca la necesidad de contar con espacios donde puedan expresar abiertamente sus inquietudes y manifiestan la importancia de que los docentes asuman un rol más cercano en el aula.

Una encuesta aplicada al cierre (n=44) evidencia este desplazamiento de roles: 54,5% se identificó con ambos roles por igual, 25% principalmente como docente y 20,5% principalmente como estudiante. Dado que cada equipo estaba formalmente compuesto por un/a docente y su grupo de estudiantes, los datos indican distribución efectiva de responsabilidades y la voz en el diseño durante el trabajo colaborativo.

## 3. Aprendizajes profundos y significativos para los estudiantes

Los registros atribuyen al codiseño una mejor comprensión y un mayor involucramiento de los estudiantes, favoreciendo espacios de exploración con menor exposición al error y una mayor apropiación del propio proceso. Hubo mejoras percibidas de motivación cuando la tecnología conectó con tareas auténticas: en Informática, el trabajo con robots virtuales permitió comprender mejor el sentido de la programación; en Diseño Textil, la elaboración de fichas técnicas fortaleció la percepción de profesionalización.

## **El acompañamiento y la colaboración como catalizadores de cambios didácticos**

El análisis muestra un repertorio diverso de estrategias y actitudes que los participantes desplegaron para adaptarse a la integración de tecnologías emergentes en un contexto de cambio constante.

### 1. Actitudes frente a la innovación tecnológica

Se identificó un rango de actitudes que, en muchos casos, se modificaron a lo largo del proceso. Si bien se registraron temores y resistencias iniciales (FDEM1 e IA), asociados al desconocimiento o consideraciones éticas, predominó un cambio hacia una valoración crítica y reflexiva. Esta postura superó el mero entusiasmo, entendiendo la tecnología como una oportunidad para revisar las prácticas de enseñanza. En contraste, otros equipos (SL1 y PR1) mostraron desde el inicio una satisfacción intrínseca y una apertura prospectiva para la exploración de nuevas herramientas.

## 2. Estrategias de adaptación tecnológica

Frente a estos desafíos, las estrategias de adaptación más efectivas fueron colaborativas y progresivas. Se documentó aprendizaje colaborativo con estudiantes, donde el alumnado actuó como promotor en el descubrimiento de usos, especialmente en los equipos SL1 y VM3. Otra estrategia clave fue la integración selectiva y escalonada, como ilustra el caso de PR1, que diseñó una propuesta que avanzaba desde Tinkercad hacia entornos más complejos (ROS/Gazebo).

El acompañamiento especializado del equipo investigador fue fundamental para superar limitaciones técnicas, emocionales y pedagógicas, permitiendo ajustes oportunos. Esta necesidad queda reflejada en registros como el de VM3: “Garantizar el acompañamiento docente especialmente en grupos desparejos en conocimientos”. Esta guía fue crucial para transitar desde resistencias iniciales, como las de IA1 sobre ética y autoría, hacia una reapropiación crítica mediante la práctica y el debate. Esta transformación culmina en la reflexión de un docente de MA1, que explicita un cambio de rol: “...el docente no tiene todas las respuestas, sino que guía, acompaña y aprende junto a los estudiantes”.

### **Estrategias y actitudes docentes para la adaptación tecnológica continua**

Los audios de reflexión final, la encuesta del Módulo IV y los informes finales de equipo evidencian diferentes niveles de comprensión del enfoque IBD+codiseño, valoraciones diferenciadas del proceso y transformaciones en las prácticas docentes. También se recuperaron críticas y tensiones (tiempos, coordinación, desvinculaciones).

Se observa comprensión implícita del enfoque donde la iteración, el prototipado y la reflexión sobre la práctica operan como organizadores del trabajo aún sin nombrar la IBD: “Es nuevo para mí verlo como una iteración y cómo la reflexión constante [...] está en relación directa con el proceso de iteración” (IA1). Se acompaña de una resignificación de la planificación —del cómo y cuándo integrar tecnología—: “Puedo pensar de forma general que unas cuantas ideas que tenía acerca de la tecnología elegida por mi grupo ahora se encuentra más resignificada y la comprendo mejor al tener que pensar, por ejemplo, cómo aplicarla en un grupo de alumnos propios...” (encuesta final).

Otra dimensión analizada indagó en la apropiación de las tecnologías digitales reflejando una integración con intencionalidad pedagógica y valor propio para mejorar la comprensión conceptual, la motivación y contextualización. En este sentido, se reconoce que “la tecnología no solo puede ser un medio, sino una experiencia en sí misma...” (MA1), y que, en contextos con limitaciones, resulta “fundamental, especialmente en contextos sin acceso a laboratorios” (PR1). Los niveles de autonomía fueron heterogéneos: una parte requirió soporte, otros avanzaron con independencia; los datos cuantitativos acompañan (50% probó funciones nuevas; 28,9% exploró opciones avanzadas). La resistencia fue marginal y, cuando apareció (ej., IA), se canalizó hacia usos críticos en secuencias de indagación.

## Discusión y conclusiones

La articulación de la IBD con el codiseño se configura como una estrategia valiosa para el desarrollo profesional docente en STEM, donde el cómo se diseña y aprende adquiere tanta relevancia como el producto final. De acuerdo con McKenney & Reeves (2019) y de Benito (2024), uno de los aportes distintivos de las investigaciones educativas basadas en diseño (EIB) es que generan espacios donde docentes y estudiantes crean propuestas de enseñanza en función de sus contextos, profundizando en la comprensión teórica de la enseñanza y el aprendizaje. El paradigma educativo aquí adoptado demostró tener mayor peso que la tecnología emergente integrada (de Benito & Salinas, 2016; Rodríguez, 2020), asegurando que ésta actuara como mediadora del propósito pedagógico y no como un fin en sí mismo.

El curso funcionó como un dispositivo concreto que materializó este principio. Su arquitectura, que encadenó la comprensión del desafío, el codiseño de prototipos, las pruebas y las reflexiones, permitió observar y gestionar factores críticos de implementación —tiempo, infraestructura, heterogeneidad de experticia y necesidad de acompañamiento—, una preocupación central en la investigación educativa (McKenney & Reeves, 2025). La plantilla colaborativa, como artefacto central y portafolio digital, dio estructura y trazabilidad al proceso, facilitando la retroalimentación y capturando las contribuciones individuales y colectivas. Esta configuración operó como un marco para producir conocimiento útil sobre las condiciones de adopción tecnológica.

Un hallazgo central radica en la contribución del codiseño para comprender el conocimiento necesario para una integración tecnológica efectiva. Los resultados refuerzan, en línea con Saubern et al. (2020), que el docente debe integrar el contexto -desde el aula y la institución hasta las políticas y la cultura- que interactúa de manera compleja, como un elemento constitutivo y dinámico de su conocimiento TPACK (Mishra, 2019).

El codiseño funcionó como una práctica de desarrollo profesional situada que transformó las dinámicas tradicionales. La colaboración entre docentes, estudiantes e investigadores generó una auténtica comunidad de práctica en un proceso de participación periférica legítima (Lave y Wenger, 1991). En este espacio seguro para la experimentación, los investigadores se posicionaron también como asistentes técnicos, se permitió la tutoría entre pares estudiantiles fomentando el trabajo autónomo (Couso, 2017; Ortiz-Revilla et al., 2020) y se facilitó a los docentes poner en juego tanto sus conocimientos académicos como su experiencia práctica para ir más allá de la creación de propuestas de enseñanza y resignificar sus planificaciones (Juuti et al., 2021).

En línea con lo planteado por Villatoro y de Benito (2022) el diseño participativo agrega valor para fomentar la inclusión, personalización del aprendizaje y el desarrollo de competencias fundamentales en los estudiantes. No obstante, la implementación puso de relieve la inherente tensión entre el ideal iterativo de la IBD y las condiciones reales de la formación docente en el contexto analizado. Se puso en evidencia que se



debe dedicar un importante esfuerzo inicial para organizar y estructurar la colaboración y así poder conocer y construir sobre las experiencias de cada uno de los participantes (Durall et al, 2020). Este hallazgo no deslegitima la propuesta, pero interpela los formatos tradicionales de desarrollo profesional, señalando que la sostenibilidad de estos enfoques requiere diseños más flexibles y el reconocimiento explícito de estas demandas logísticas y temporales.

### **Financiación**

Proyecto financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y la Fundación CEIBAL. Fondo Sectorial de Inclusión Digital (Uruguay). FSED\_2\_2023\_1\_179313. “El codiseño de estrategias de enseñanza y aprendizaje con inclusión de tecnologías digitales en STEM”.

## Referencias bibliográficas

- Bedoya, Ó., & Marín, J. A. (2025). Competencias digitales del docente STEM: más allá de un saber tecnológico. En *Perspectivas innovadoras y aprendizaje activo* (pp. 165-176).
- Braun, V., & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589–597. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
- Bueno, R., Niess, M. L., Aldemir Engin, R., Ballejo, C. C., & Lieban, D. (2023). Technological pedagogical content knowledge: Exploring new perspectives. *Australasian Journal of Educational Technology*, 39(1), 88–105. <https://doi.org/10.14742/ajet.7970>
- Cabero-Almenara, J., & Valencia-Ortiz, R. (2021). Reflexionando sobre la investigación educativa en TIC. *Innovaciones Educativas*, 23(Especial), 7-11. <https://doi.org/10.22458/ie.v23iespecial.3761>
- Carneiro, R., Toscano, J. C., & Díaz, T. (Coords.). (2019). *Los desafíos del cambio educativo*. OEI; Fundación Santillana.
- Cheng, L., Antonenko, P. D., Ritzhaupt, A. D., Dawson, K., Miller, D., MacFadden, B. J., Grant, C., Sheppard, T. D., & Ziegler, M. (2020). Exploring the influence of teachers' beliefs and 3D printing integrated STEM instruction on students' STEM motivation. *Computers and Education*, 158, 103983. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103983>
- Couso, D. (2017). Per a què estem en STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Revista Ciències*, 34, 22–30.
- de Benito, B., & Salinas, J. (2016). *Investigación y tendencias en Tecnología Educativa*. Universidad de las Islas Baleares
- de Benito, B., Pérez, A., Agudelo, O. L., y Lizana, A. (Coords.). (2024). Propuestas educativas transformadoras mediante codiseño educativo e itinerarios de aprendizaje en entornos digitales. <https://doi.org/10.14679/2691>
- Durall, E., Bauters, M., Hietala, I., Leinonen, T., & Kapros, E. (2020). Co-creation and co-design in technology-enhanced learning: Innovating science learning outside the classroom. En D. Müller & I. Scheffel (Eds.), *Highlights of the Practical Applications of Survivable, Adaptive and Secure, and Intelligent Systems* (pp. 202–226). Springer. <https://doi.org/10.55612/s-5002-042-010>
- Flores-González, N. (2022). El perfil del docente y su adaptabilidad a entornos educativos virtuales. *RECIE. Revista Caribeña De Investigación Educativa*, 6(2), 99–115. <https://doi.org/10.32541/recie.2022.v6i2.pp99-115>
- Fullan, M., & Langworthy, M. (2014). *Una rica veta: cómo las nuevas pedagogías logran el aprendizaje en profundidad*. Pearson
- Gros, B., & Durall, E. (2020). Retos y oportunidades del diseño participativo en tecnología educativa. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (74), 12-24. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1761>
- Grupo Interacadémico para la Enseñanza STEM (2023). *La educación STEM en Uruguay: Desafío de todos. Resumen consolidado final*. <https://aniu.org.uy/wp-content/uploads/2023/08/la-educacion-stem-en-uruguay-resumen-consolidado-final.pdf>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). \*STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research\*. National Academies Press.
- Juuti, K., Lavonen, J., Salonen, V., Salmela-Aro, K., Schneider, B., & Krajcik, J. (2021). A Teacher-Researcher Partnership for Professional Learning: Co-Designing

- Project-Based Learning Units to Increase Student Engagement in Science Classes. *Journal of Science Teacher Education*, 32(6), 625–641. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1863956>
- Kushnir, I. (2025). Thematic analysis in the area of education: a practical guide. *Cogent Education*, 12(1), 2471645. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2471645>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press.
- Leavy, A., Dick, L., Meletiou-Mavrotheris, M., Papparistodemou, E., & Stylianou, E. (2023). The prevalence and use of emerging technologies in STEAM education: A systematic review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(4), 1061–1082. <https://doi.org/10.1111/jcal.12806>
- Lion, C., & Maggio, M. (2019). Enseñanza y tecnología en la educación superior: Una relación en construcción. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 10(1), 13-25. <https://revistas.ort.edu.uy/cuadernos-de-investigacion-educativa/article/view/2878/2905>
- López, V., Couso, D., & Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 20(62). <https://doi.org/10.6018/red.410121>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315105642>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2025). Educational design research for relevant & robust scholarship. *Journal of Computing in Higher Education*, 37, 614–638. <https://doi.org/10.1007/s12528-025-09456-2>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Mishra, P. (2019). Considering contextual knowledge: The TPACK diagram gets an upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76–78. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611>
- Moreira, M., Greca, I. & Palmero, L. (2011). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3).
- Niess, M. L., & Gillow-Wiles, H. (2013). Advancing K-8 teachers' STEM education for teaching interdisciplinary science and mathematics with technologies. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 32(2), 219–245.
- Oliveira, A., Behnagh, R., Ni, L., Mohsinah, A. A., Burgess, K. J., & Guo, L. (2019). Emerging technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: A literature review. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(2), 149–160. <https://doi.org/10.1002/hbe2.141>
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. M. (2020). A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. *Science & Education*, 29, 857–880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
- Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. En T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research. Part A: An introduction* (pp. 10–51). SLO.
- Reoyo, N., Carbonero, M. A., & Martín, L. J. (2017). Características de eficacia docente desde las perspectivas del profesorado y futuro profesorado de secundaria.

- Revista de Educación*, 376, 62-86. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2016-376-348>
- Rodríguez, M. U. (2020). *¿Qué sabemos sobre la efectividad de las tecnologías digitales en la educación?*. Fundació Jaume Bofill.
- Saubern, R., Urbach, D., Koehler, M., & Phillips, M. (2020). Describing increasing proficiency in teachers' knowledge of the effective use of digital technology. *Computers & Education*, 147, 103784. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103784>
- Santana, J. S., Lizana, A., & Moreno-García, J. (2024). Beneficios y desafíos del proceso de codiseño de la evaluación en educación superior desde el punto de vista del profesorado. En B. De-Benito, A. Pérez-Garcías, O. L. Agudelo & A. Lizana (Coords.), *Propuestas educativas transformadoras mediante codiseño educativo e itinerarios de aprendizaje en entornos digitales* (pp. 55-72). Dykinson. <https://doi.org/10.14679/2695>
- Segovia, G. D., HyoWon, E., Jang, C. M., & Staal, E. (2022). Uruguay. Repensando la formación docente y la educación global por medio del Plan Ceibal. En F. M. Reimers, T. A. Budler, I. F. Irele, C. R. Kenyon, S. L. Ovitt, & C. E. Pitcher (Coord.), *Hacia un nuevo contrato social para la educación: Colaboraciones para reimaginar juntos nuestros futuros* (pp. 327-347). México Fundación SM.
- So, H. J., Ryoo, D., Park, H., & Choi, H. (2019). What constitutes Korean pre-service teachers' competency in STEAM education: Examining the multi-functional structure. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28\*(1), 47-61. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0410-5>
- Sosa, E. A., Salinas, J., & de Benito, B. (2017). Emerging technologies (ETs) in education: A systematic review of the literature published between 2006 and 2016. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 12(5), 128-149. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i05.6939>
- Tsybulsky, D. (2019). Transformations and emerging implementations of scientific practices in the digital age. En *International History, Philosophy, and Science Teaching [IHPST] Proceedings* (pp. 532-541). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18267.52005>
- Useche, G., & Vargas, J. (2019). Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *Revista TEMAS*, 3(13), 109-121.
- Van Akker, J., & Nieveen, N. (2017). The Role of Teachers in Design Research in Education. En S. Doff & R. Komoss (Eds.), *Making Change Happen* (pp. 87-101). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-14979-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-658-14979-6_9)
- Villatoro, S., & de Benito, B. (2022). La inclusión del uso de itinerarios de aprendizaje en Educación Superior. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (79), 95-113. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.79.2365>