



Zsolt Lavicza

Professor in STEAM Education Research Methods, Johannes Kepler University, Austria

Breve Reseña



Después de recibir sus grados en matemáticas y física en Hungría, Zsolt comenzó sus estudios de posgrado en matemáticas aplicadas. Mientras enseñaba matemáticas en la Universidad de Cincinnati se interesó en la investigación en temas de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Desde entonces, tanto en la Universidad de Michigan y de Cambridge, ha trabajado en varios proyectos de investigación que examinan la tecnología y la enseñanza de las matemáticas en una variedad de entornos de aula. Además, se interesó en el estudio de metodologías cuantitativas en la investigación educativa.

Es BA - Mathematics, University of Szeged; BA - Physics, University of Szeged;

MS - Applied Mathematics, University of Cincinnati; MA - Mathematics Education, University of Michigan; MPhil - Mathematics Education, University of Cambridge y PhD - Mathematics Education, University of Cambridge. Participa y ha participado en múltiples proyectos de investigación en relación al uso educativo de tecnologías digitales, en particular del software GeoGebra. En particular, lidera el proyecto Geomatech, cuyo objetivo era desarrollar materiales de enseñanza y aprendizaje de alta calidad para todos los grados en las escuelas primarias y secundarias de Hungría. Estos materiales (1200+ Matemáticas, 600+ Ciencias) se están integrando en un entorno de comunicación y colaboración en línea que se puede utilizar como un libro de texto electrónico, un sistema de tarea y un entorno de aula virtual. Zsolt ha contribuido en gran medida al desarrollo de la comunidad de GeoGebra y ha participado en el desarrollo de proyectos de investigación sobre GeoGebra y tecnologías relacionadas en todo el mundo. Actualmente, es profesor de Métodos de Investigación en Educación STEAM en la Facultad de Educación de Linz de la Universidad Johannes Kepler. Desde JKU está trabajando en numerosos proyectos de investigación a nivel mundial relacionados con la integración de tecnología en las escuelas; liderando el programa de doctorado en STEAM Education; enseñar métodos de investigación educativa y coordinar proyectos de investigación en todo el mundo.

Mathias Tejera

Johannes Kepler University, Austria

Breve Reseña

Profesor de Matemática egresado del Instituto de Profesores Artigas y Magíster en Matemática Educativa por el Instituto Politécnico Nacional de México. En los últimos 10 años, se ha desempeñado como docente de matemática en educación media y en la Universidad de la República. Doctorando en la Universidad Johannes Kepler en Austria, trabajando allí como asistente de investigación y docente en la formación inicial de profesores. Sus principales intereses tienen que ver con la utilización de recursos tecnológicos en educación matemática, la modelización matemática, el diseño de tareas y la formación de profesores.



firma invitada

Newton Weierstrass Riemann Aes
Bernoulli Leibniz Euler I Aes
T+Δ+Y+L+O+R CAL Fermi

Desarrollando innovaciones en Educación STEAM en entornos tecnológicos

Desenvolvendo inovações em Educação STEAM em ambientes tecnológicos

Zsolt Lavicza, Mathias Tejera

<p>Resumen</p>	<p>En este artículo, ofrecemos ejemplos de nuestros proyectos de investigación sobre innovaciones tecnológicas y pedagógicas para ilustrar el impacto de los rápidos cambios tecnológicos en la investigación. Proponemos un aspecto adicional a considerar en la investigación basada en diseño al investigar la integración tecnológica o tecnologías innovadoras. Además, el rápido cambio en la tecnología plantea nuevos desafíos para el desarrollo profesional de los docentes y la integración de esas tecnologías innovadoras en las aulas. Anticipamos que nuestro trabajo contribuirá al desarrollo de recursos tecnológicos y pedagogías relacionadas, así como al refinamiento de las metodologías de investigación en entornos tecnológicos.</p> <p>Palabras clave: innovaciones tecnológicas y pedagógicas, investigación basada en el diseño, educación STEAM, investigación educativa.</p>
<p>Abstract</p>	<p>In this article, we offer examples of our research projects on technological and pedagogical innovations to illustrate the impact of rapid technological changes on research. We propose an additional aspect to consider in design-based research when investigating technological integration or innovative technologies. In addition, the rapid change in technology poses new challenges for the professional development of teachers and the integration of these innovative technologies in the classroom. We anticipate that our work will contribute to the development of technological resources and related pedagogies, as well as the refinement of research methodologies in technological environments.</p> <p>Keywords: technological and pedagogical innovations, design-based research, steam education, educational research.</p>
<p>Resumo</p>	<p>Neste artigo, oferecemos exemplos de nossos projetos de pesquisa sobre inovações tecnológicas e pedagógicas para ilustrar o impacto das rápidas mudanças tecnológicas na pesquisa. Propomos um aspecto adicional a considerar na pesquisa baseada em design ao investigar a</p>

integração tecnológica ou tecnologias inovadoras. Além disso, a rápida mudança na tecnologia coloca novos desafios para o desenvolvimento profissional dos professores e a integração dessas tecnologias inovadoras na sala de aula. Prevemos que nosso trabalho contribuirá para o desenvolvimento de recursos tecnológicos e pedagogias relacionadas, bem como para o refinamento de metodologias de pesquisa em ambientes tecnológicos.

Palavras-chave: inovações tecnológicas e pedagógicas, pesquisa baseada em design, educação a vapor, pesquisa educacional.

1. Introducción

Diversos estudios han mostrado que, cada vez más, las tecnologías digitales se están integrando en la educación STE(A)M (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), pero estas innovaciones se enfrentan a una variedad de desafíos (OECD, 2015; Drijvers, 2016). Estos desafíos incluyen el desarrollo de tecnologías, recursos, pedagogías apropiadas y, lo que es más importante, la preparación de los docentes para que puedan utilizar tecnologías con nuevos enfoques de enseñanza (Lavicza et al. (in press)). Varios de estos estudios, se centran en diversas integraciones de tecnologías en entornos educativos actuales, y algunos en los potenciales usos de las nuevas tecnologías emergentes (Ball, et al., 2018). Estas experiencias han profundizado la comprensión de los estudiantes y han aumentado su confianza y disfrute al trabajar en matemáticas y otras ciencias (Chance et al., 2000; Clements et al., 2008; Roschelle et al., 2000; Villarreal, 2000). Sobre la base de la investigación actual y la experiencia en el desarrollo de tecnología educativa STE(A)M, el Centro de Investigación de la Universidad Johannes Kepler, Austria, y el Centro de Desarrollo GeoGebra, junto con un grupo internacional de colegas, están experimentando y evaluando el potencial de las tecnologías educativas para abordar los usos actuales y futuros de estas tecnologías en la educación relacionada con las áreas STEAM. Estos temas incluyen: Abordar el creciente énfasis en entornos de aprendizaje inter y transdisciplinarios que conecten los temas con otras disciplinas dentro del marco de STEM y, más recientemente, la inclusión de las Artes, (en un sentido de diseño y creatividad) para desarrollar la transición de la educación STEM a STE-A-M (Fenyvesi, 2016). Desarrollar pedagogías para fomentar habilidades, en particular creativas, que se identifican cada vez más como inclusiones necesarias dentro del futuro de la educación (Burnard et al., 2017). Adoptar, desarrollar e integrar nuevas tecnologías innovadoras, incluidas las tecnologías de realidad aumentada, impresión 3D, gamificación y aprendizaje adaptativo, cada una integrada en el entorno de GeoGebra (Lavicza et al., 2018). Desarrollar cursos y recursos de formación docente tanto en línea como fuera de línea que permitan a los profesores utilizar las tecnologías de inmediato y considerar cómo las innovaciones digitales pueden integrarse en la enseñanza en el futuro (Diego-Mantecón et al., 2018). Si bien un gran número de estudios examinan la aceptación de una tecnología digital particular por parte de los docentes, solo hay unos pocos estudios destinados a investigar cómo los docentes se adaptan a los cambios constantes en las tecnologías educativas.

En este documento, nos centraremos en los desafíos que se crean cuando el entorno tecnológico se desarrolla y evoluciona a un ritmo que supera las capacidades de las instituciones educativas para adoptar y adaptarse a las innovaciones disponibles para ellas. El objetivo principal del presente estudio fue identificar

enfoques a través de los cuales los profesores e investigadores se adaptan a los cambios provocados por las tecnologías que cambian rápidamente. Por lo tanto, esperamos contribuir al desarrollo tanto de las metodologías de investigación como de las preguntas planteadas por la integración de la tecnología para la educación en nuestra época.

Utilizamos dos ejemplos de proyectos de investigación para proponer que las metodologías de investigación, especialmente en nuestro caso, la investigación basada en el diseño (DBR) deben adaptarse para adecuarse a los rápidos cambios tecnológicos. Además, argumentamos que el desarrollo profesional docente también debe enfatizar la asistencia a los maestros para mantenerse al día con el ritmo de los cambios en las prácticas y pedagogías relacionadas con la tecnología.

2. Contexto

A pesar de la lenta integración inicial de las tecnologías en la educación, actualmente las tecnologías se están implementando más rápidamente. Gracias a las inversiones sustanciales tanto de los gobiernos como de la industria, combinadas con el uso generalizado de la tecnología celular y el desarrollo de aplicaciones educativas, actualmente existen menos barreras de acceso a escala global (Bonilla-del-Río et al., 2018; Engen, 2019; Santana-Vega et al., 2019). Sin embargo, el uso de la tecnología sigue siendo bastante marginal en la mayoría de los países, aunque la tendencia es que son cada vez más aceptadas y utilizadas (Lavicza, 2010). Ciertamente, existen numerosos problemas que obstaculizan el uso de tecnologías en las escuelas, por ejemplo, la uniformidad y la confiabilidad del hardware y el software (Wachira, 2011), su demanda de mantenerse al día en los planes de estudio y la evaluación, y la novedad de los enfoques pedagógicos necesarios para su uso. Sin embargo, según la investigación, las dos áreas que más obstaculizan la difusión de las tecnologías en las prácticas docentes son la insuficiente preparación y apoyo a los docentes (Francom, 2019; Diego-Mantecón et al., 2019) y el papel de las tecnologías en la evaluación y los planes de estudio (Instefjord y Munthe, 2016).

Con respecto a esto último, la evaluación y los planes de estudio, en muchos países, los docentes necesitan preparar a los estudiantes para las pruebas y la evaluación estandarizada. Los planes de estudio nacionales a menudo incluyen la promoción de tecnologías en la enseñanza, pero debido a que la tecnología aún no está integradas a la evaluación, los maestros no tienen tiempo y motivación para usarla regularmente en sus clases. Hay países, como Austria, Dinamarca y Finlandia, que están cambiando sus prácticas de evaluación para permitir el uso de tecnologías digitales en la evaluación a nivel estatal. Pero, aún hay dificultades en la integración, debido a la persuasión y preparación de los docentes para tales nuevas demandas (Weinhandl y Lavicza, 2019).

El desarrollo profesional y el apoyo a los docentes son muy importantes, necesitamos mostrar a los maestros cómo usar las tecnologías en sus prácticas y se necesita un apoyo continuo para fortalecer la integración inicial en las prácticas de los profesores. Existen numerosos estudios que ofrecen ideas y conocimientos sobre el desarrollo profesional de los docentes con las tecnologías (Stormowski, 2015; Artigue, 2002; Greefrath et al., 2018), así como programas que ofrecen apoyo continuo en las escuelas (Blatchford et al., 2009). Además, existen numerosas iniciativas que desarrollan innovaciones pedagógicas para la integración tecnológica. Muchas de estas ideas son poderosas e innovadoras, pero comenzó a surgir una nueva dificultad, que la tecnología educativa y las oportunidades que ofrecen estas tecnologías están

cambiando rápidamente, por lo que es difícil mantenerse al día con la formación de los docentes.

Otro problema en la educación es que el software y las tecnologías emergentes como la realidad aumentada y virtual, la impresión 3D, las soluciones de aprendizaje adaptativo, etc. ofrecen oportunidades completamente nuevas para la enseñanza, además de las actualizaciones continuas de las aplicaciones de software básicas. Esta tendencia debe seguirse y adoptarse en la formación docente no solo para preparar a los maestros para que puedan usar las tecnologías, sino también para enseñarles cómo adaptar sus prácticas a estas nuevas oportunidades tecnológicas.

Nuestro equipo de investigación y grupos relacionados están desarrollando aplicaciones tecnológicas y al mismo tiempo llevando a cabo investigaciones sobre innovaciones tecnológicas y pedagógicas. Existen numerosos proyectos en esta área, pero la mayoría de nuestros proyectos de investigación utilizan la investigación basada en el diseño (DBR) porque ofrece marcos adecuados para desarrollar y probar innovaciones en la educación STEAM.

3. Investigación basada en diseño para examinar las innovaciones en educación

Cobb et al. (2003) plantean que los experimentos de diseño tienen el potencial de examinar la complejidad de los entornos educativos y las numerosas variables que pueden observarse con la implementación de dicha metodología. De manera similar, (Reinmann, 2005; Collins, 1992) afirman que DBR y los resultados de la investigación asociada demostraron ser prometedores para superar los problemas de la investigación educativa desde entornos educativos complejos y de múltiples capas. Además, diversas partes interesadas pueden estar involucradas en los procesos de investigación (por ejemplo, profesores, investigadores, desarrolladores educativos, diseñadores de programas y más). Los elementos de la investigación basada en el diseño pueden involucrar las tareas asignadas a los estudiantes, los problemas que se les pide que resuelvan, las herramientas y el material relacionado proporcionado, incluidos los materiales de instrucción, y los medios prácticos a través de los cuales los docentes pueden orquestar las actividades del aula. El énfasis en la articulación de todos estos elementos lleva a los experimentos de diseño a aplicarse en una variedad de configuraciones que a menudo varían en tipo y alcance. Las implementaciones de la metodología DBR podrían apoyar nuestra comprensión de cómo los estudiantes y los maestros desarrollan sus prácticas mediante la recopilación de múltiples formas de datos a través de DBR para explorar la variedad de procesos y prácticas de aprendizaje. DBR requiere una estrecha cooperación y colaboración entre investigadores y profesionales. En DBR, los roles y las tareas de los investigadores y profesionales se dividen más claramente que en otros enfoques de investigación que también involucran a múltiples partes interesadas. En DBR, las principales tareas de los investigadores y profesionales son diseñar innovaciones en educación, desarrollarlas aún más, implementarlas y luego apoyar a los estudiantes durante la implementación de innovaciones, evaluar el impacto de la innovación y, a menudo, comenzar el proceso nuevamente (Collins, 1992; Kim et al., 2015). En este proceso, se presta especial atención a los principios de diseño y se reflexiona sobre las posibles razones del éxito o fracaso de un diseño en un entorno educativo específico (McKenney y Reeves, 2013; Wang y Hannafin, 2005). A través de un ciclo de iteraciones, DBR no solo debe proporcionar respuestas a lo que funciona y lo que no funciona, sino que también debe generar conocimiento práctico y teórico (Cobb et al., 2003; Annetta et al., 2013).

En nuestros proyectos, seguimos una interpretación ofrecida por (Wang y Hannafin, 2005) que ve DBR como "una metodología sistemática pero flexible destinada a mejorar las prácticas educativas a través del análisis iterativo, el diseño, el desarrollo y la implementación, basada en la colaboración entre investigadores y profesionales en entornos del mundo real y que conduce a principios y teorías de diseño contextualmente sensibles" (pp. 6-7). Nos encontramos con desafíos nuevos y hasta ahora no contabilizados dentro de DBR durante nuestros experimentos. Al final de nuestro ciclo de investigación, habríamos recopilado información que conduciría a un rediseño del proyecto para el próximo ciclo basado en el análisis de datos. Sin embargo, también nos enfrentamos a cambios en las tecnologías que se estaban implementando. A menudo, estos cambios eran tan rápidos que precipitaban alteraciones en los materiales didácticos y las pedagogías independientemente de los datos de retroalimentación adquiridos durante la implementación. Esto puede tener serias implicaciones para la validez de los proyectos DBR que se centran en el uso de tecnologías de vanguardia. Lo que sigue, son dos ejemplos de nuestros proyectos basados en una tecnología que cambia rápidamente. Proponemos un aspecto adicional a considerar en DBR al investigar la integración tecnológica o tecnologías innovadoras.

4. Ejemplos de la influencia de los rápidos cambios tecnológicos en la investigación de la innovación educativa

4.1 Modelando las máquinas de Da Vinci

Lieban y Lavicza investigaron las experiencias de los estudiantes mientras utilizaban un enfoque de modelado geométrico con software de geometría dinámica complementado con modelado físico. Con el objetivo de mejorar la comprensión de los estudiantes de las interconexiones entre las tendencias actuales en la educación en ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEAM), ayudaron a los estudiantes a comprender mejor el funcionamiento de ciertos mecanismos físicos. Surgiendo de conceptos de Historia de las Matemáticas y un libro de Leonardo Da Vinci (Starnazzi, 2005), los autores comenzaron su estudio alentando a los estudiantes a participar en una doble reconstrucción (tanto física como digital) de ciertos prototipos de máquinas Da Vinci. La herramienta que estaba disponible para la reconstrucción física era la madera.

La conjetura del estudio fue que el uso de modelos históricos podría ofrecer ayuda a los conceptos matemáticos y promover el pensamiento creativo de los estudiantes y las estrategias de resolución de problemas mientras se sumergen en su proceso de investigación de ideas interesantes. El estudio se concentró en los estudiantes brasileños que combinan el uso de herramientas físicas y digitales, así como en investigar cómo la utilización de herramientas físicas y digitales podría apoyar el pensamiento creativo de los estudiantes y la resolución de problemas en las asignaturas STEAM.

Se animó a los estudiantes a desarrollar los dos modelos en paralelo y se integraron los materiales de GeoGebra y las características de GeoGebra 3D. Los estudiantes pudieron seguir el proceso de modelado digital y se concentraron en los principios de rotación, traslación y geometría espacial. Otra construcción de la catapulta de Da Vinci utilizó el recurso 4D-Frame que tiene una estructura hecha de material flexible (similar a las pajitas de plástico) que es fácil de manipular para los estudiantes en las aulas. Simplificaron el modelo físico utilizando elementos sencillos que facilitaron posteriormente la construcción del modelo GeoGebra, Figura 1.

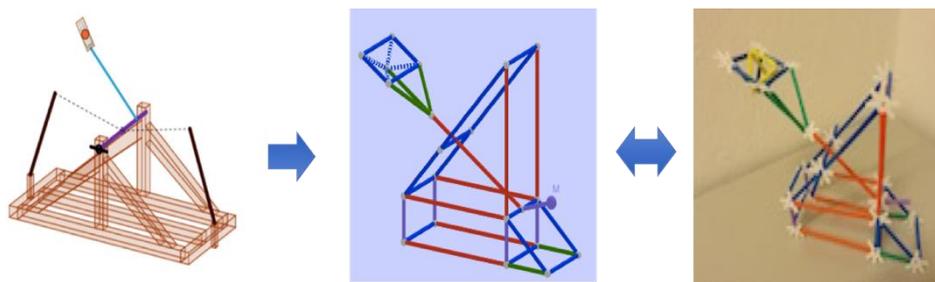


Figura 1. Modelo de la catapulta de Da Vinci

Para el propósito de este artículo, es importante cómo la evolución de la tecnología alteró los resultados finales del enfoque DBR. Observamos en ambos enfoques de modelado, que el modelado inicial fue creado por GeoGebra sin las características del software GeoGebra 3D disponibles, luego, al final del ciclo de modelado, se lanzó GeoGebra 3D y surgieron nuevas oportunidades. El experimento duró un semestre y el diseño de las máquinas se mejoró continuamente tanto en forma física como digital. Sin embargo, el lanzamiento de nuevas características de software de GeoGebra 3D hizo completamente obsoleto el modelado digital inicial y permitió a los estudiantes mejorar su modelo con algunas herramientas más apropiadas y esto también hizo que el aprendizaje a través del modelado fuera más interesante. Por lo tanto, al escribir los resultados de DBR, tuvimos que considerar los cambios en el entorno tecnológico y recalibrar los próximos ciclos con una herramienta de software actualizada y reconsiderar los desafíos que surgen de estas nuevas características. Además, después del lanzamiento inicial de GeoGebra 3D, el software continuó mejorando considerablemente, lo que permitió una mayor facilidad en el modelado, pero al mismo tiempo agregó complejidad para las soluciones, debido a la sofisticación de la herramienta. En resumen, no solo necesitábamos considerar los resultados de DBR para los próximos ciclos, sino también considerar el diseño de los próximos pasos con una herramienta mejorada. Por lo tanto, se agregó la necesidad de anticipar desafíos adicionales que pueden aparecer tanto en la práctica como en la investigación.

4.2 Modelado de estructuras arquitectónicas

En la misma línea del trabajo anterior, Tejera, Aguilar y Lavicza (2022) investigaron el proceso de modelación matemática y la génesis instrumental de los estudiantes al enfrentarse a tareas de modelado 3D de estructuras arquitectónicas mediante tecnologías digitales. A través de estas actividades los estudiantes y docentes manifestaron altos niveles de motivación al trabajar con contenidos matemáticos complejos, desarrollando habilidades de resolución de problemas, modelado matemático y utilización de tecnologías emergentes. Este proceso fue diseñado considerando elementos de las culturas locales y trabajando desde un enfoque STEAM para el desarrollo de las competencias de los estudiantes.

El estudio parte de la hipótesis de que la conexión de temas de matemáticas avanzadas con los intereses de los estudiantes de bachillerato en diseño fomentaría el aprendizaje de los conceptos matemáticos mientras los estudiantes desarrollarían sus competencias digitales y de resolución de problemas, en un contexto desafiante y motivante.

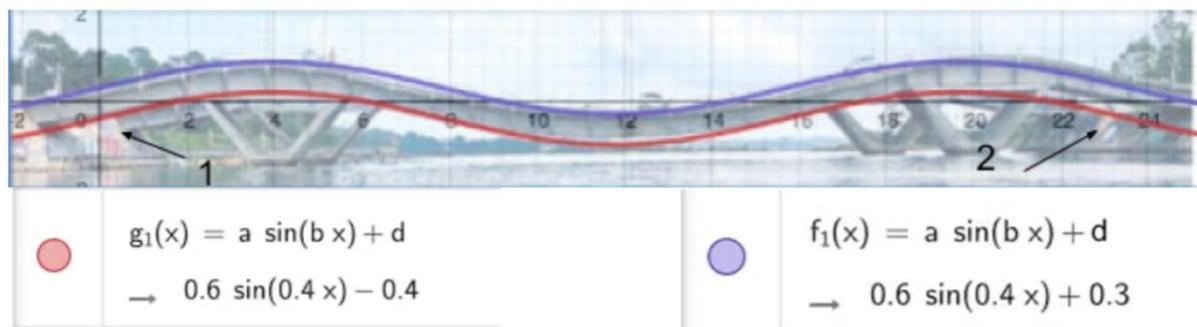


Figura 2. Modelo del puente de La Barra, Uruguay.

Se presentó a los estudiantes la tarea de presentar una estructura arquitectónica, analizando sus características matemáticas, históricas y físicas. Y posteriormente la realización de un modelo de esta, utilizando GeoGebra. Al comienzo del proceso, los estudiantes motivados por sus docentes utilizaron las funciones del software que permitían importar una fotografía, y trabajaron sobre ella para desarrollar objetos matemáticos que describieran las formas observadas, Figura 2. El pasaje al modelado en tres dimensiones se dio a través de la combinación de funciones en dos dimensiones lo que permitió trabajar con los contenidos matemáticos a través de la resolución del problema del modelado.

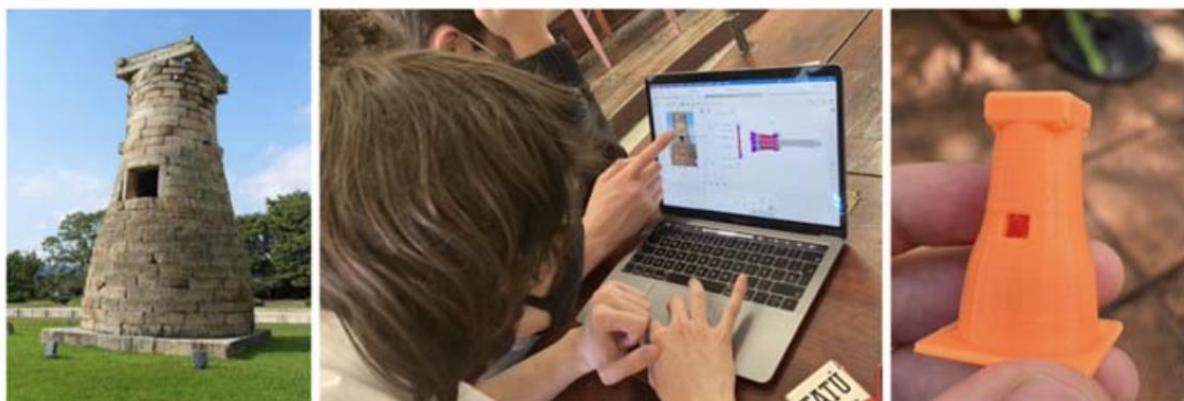


Figura 3. Modelo de un observatorio astronómico en Corea.

La inclusión de las nuevas características de GeoGebra 3D que permiten la impresión en 3D de los modelos (Figura 3), condicionó el segundo ciclo del proyecto. Posibilitando la exportación de los objetos creados para una conexión aún más interesante de la realidad física con la digital, pero creando también nuevos obstáculos debidos a las características de los objetos que pueden ser impresos a partir del software. Estos elementos debieron ser considerados en profundidad por los docentes e investigadores para el diseño de la tarea planteada, y del andamiaje previsto durante la actividad de los estudiantes. Por lo tanto, el siguiente ciclo integró las nuevas características del software en el enfoque pedagógico y los procesos de génesis instrumental de los estudiantes y docentes. En aplicaciones posteriores, será necesario monitorear el desarrollo de las herramientas de GeoGebra para las implementaciones educativas y, además, aprovechar resultados del proceso de DBR para informar a los desarrolladores de posibles elementos a incluir en el desarrollo para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

5. Discusión

Con los ejemplos anteriores, ofrecimos una visión general de cómo algunos de nuestros proyectos experimentaron el impacto de las tecnologías que cambian rápidamente. Sugerimos con estos ejemplos que el desarrollo de recursos mejorados por la tecnología, las pedagogías, el desarrollo profesional docente y los enfoques de investigación deben actualizarse para mantenerse al día con los cambios tecnológicos. Esto contribuiría a aplicaciones más apropiadas de las tecnologías en la educación y ayudaría a los docentes a mantenerse actualizados con las tendencias tecnológicas que son necesarias para aprovechar una educación mejor y sostenible para todos para 2030 (Nicolai et al., 2016). Según McKnight et al. (2016) los profesores capacitados para mantenerse al día con las tendencias tecnológicas tienen más éxito en el desarrollo de entornos de aprendizaje creativos, colaborativos y personalizados. Del mismo modo, Sarker (2019) señala que proporcionar recursos y apoyo a los docentes para seguir las tendencias tecnológicas no solo contribuye a la educación de los estudiantes, sino que también tiene un impacto en la sociedad en general.

En nuestro trabajo, y más generalmente en las investigaciones que trabajan en enfoques educativos innovadores, es importante desarrollar entornos de enseñanza y aprendizaje con más interconexión de temas y disciplinas, nuestros ejemplos mostraron temas que conectan distintas áreas y destacaron algunos aspectos de la creatividad y la integración de la creatividad en las aulas STEAM.

Esto es consistente con investigaciones anteriores que sugieren que las oportunidades de digitalización deben maximizarse para que los materiales transdisciplinarios y recursos tecnológicos, estén disponibles para todos. Así, trabajamos con el marco de la educación STEAM (Fenyvesi, 2016) que implica la incorporación de la creatividad tanto en recursos innovadores del aula como en pedagogías relacionadas (Burnard et al., 2017). En nuestro caso, la conexión de los recursos físicos y digitales son componentes clave en los proyectos, y desarrollando innovaciones dentro de estos marcos pudimos mostrar resultados positivos en el aprendizaje, la motivación y las actitudes de los estudiantes, así como influir en las creencias de los profesores sobre cómo la tecnología podría integrarse en sus prácticas.

La preparación de los docentes se volvió cada vez más importante para nosotros cuando observamos que estos estaban muy preocupados por los cambios tecnológicos que ocurrían, incluso en un corto período de tiempo. Creemos, y seguiremos poniendo a prueba en nuestros proyectos, que las habilidades para adaptar tecnologías y fomentar la aceptación de tales situaciones podrían ser el camino por seguir. Pero también notamos que los profesores individuales difícilmente podrían hacer frente a tales desafíos, pero trabajando dentro de una comunidad de docentes con ideas afines, estas preocupaciones podrían reducirse considerablemente. Por lo tanto, nutrir a las comunidades de docentes, y compartir recursos y enfoques podría ser la clave para preparar a los maestros para el entorno de tecnología educativa que cambia constantemente, y la puesta en común de las diversas habilidades de los maestros podrían ser cada vez más importantes.

En relación con el desarrollo de entornos tecnológicos innovadores y enfoques educativos, también destacamos la necesidad de actualizar y desarrollar aún más las metodologías de investigación, especialmente en nuestro caso la investigación basada en el diseño. Al desarrollar ciclos de DBR, debemos tener en cuenta el desarrollo de la tecnología y cómo podemos integrar estos nuevos elementos en los

próximos ciclos de DBR. Sería importante trabajar en esta cuestión, ya que es poco probable que el desarrollo de la tecnología se ralentice. Ya estamos haciendo algunas recomendaciones, pero en nuestros proyectos futuros, prestaremos especial atención a comprender el impacto de los cambios tecnológicos. Además, vemos un gran potencial para combinar la investigación educativa y la investigación de desarrollo de software. Por lo tanto, comenzamos a trabajar con algunos investigadores de experiencia de usuario e hicimos intentos de combinar aspectos de estas dos metodologías de investigación para comprender mejor el impacto de los cambios tecnológicos, así como para contribuir al desarrollo de tecnologías educativas con conocimientos de investigación de diversas metodologías. (Nicolai et al., 2016), señala la gran importancia de la investigación científica para apoyar al sistema educativo en el proceso de adaptación a los cambios de la tecnología y la ciencia. Por lo tanto, un enfoque de investigación bien diseñado, de vanguardia y actualizado puede contribuir en gran medida al desarrollo de la integración tecnológica en la educación.

6. Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo señalar los impactos de las tecnologías que cambian rápidamente en la educación y las metodologías de investigación relacionadas. Destacamos que los cambios en los enfoques de investigación y la formación del profesorado son necesarios para mejorar las innovaciones y la integración en nuestros entornos de educación tecnológica. Por lo tanto, las metodologías de investigación deben actualizarse continuamente junto con la transdisciplinariedad y los recursos tecnológicos para el desarrollo docente. También destacamos la importancia de la participación de profesores, investigadores, desarrolladores y profesionales de la formación docente en el proceso de diseño de entornos de aprendizaje para las tecnologías de aplicaciones exitosas en la educación. Nuestros ejemplos e investigaciones sugieren que la investigación basada en el diseño tiene un papel importante en tales desarrollos, pero DBR debe actualizarse continuamente para mantenerse al día con las tecnologías que cambian rápidamente. En nuestro trabajo actual, ya comenzamos nuevas experiencias metodológicas y hemos comenzado a combinar DBR con enfoques de investigación de experiencia de usuario. Sin embargo, se necesitan más estudios para comprender mejor el impacto de las habilidades de los docentes para adaptarse a los cambios constantes en la tecnología rápida y sus habilidades para seguir los cambios en la tecnología a través de enfoques pedagógicos, así como para actualizar significativamente las metodologías de investigación.

7. Referencias bibliográficas

- Annetta, L. A.; Frazier, W. M.; Folta, E.; Holmes, S.; Lamb, R.; Cheng, M.-T. (2013). Science Teacher Efficacy and Extrinsic Factors Toward Professional Development Using Video Games in a Design-Based Research Model: The Next Generation of STEM Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 22(1), 47–61. doi: 10.1007/s10956-012-9375-y
- Artigue, M. (2002). Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection about Instrumentation and the Dialectics between Technical and Conceptual Work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7, 245-274. doi: 0.1023/A:1022103903080
- Ball, L.; Drijvers, P.; Ladel, S.; Siller, H.S.; Tabach, M.; Vale, C. (2018). *Uses of Technology in Primary and Secondary Mathematics Education: Tools, Topics and Trends*. Springer.

- Blatchford, P.; Bassett, P.; Brown, P.; Koutsoubou, M.; Martin, C.; Russell, A.; Rubie-Davies, C. (2009). *Deployment and impact of support staff in schools*. Institute of Education, University of London.
- Bonilla-del-Río, M.; García-Ruiz, M.R.; Pérez-Escoda, A. (2018). Los dispositivos móviles en el aula. Oportunidades y retos para el desarrollo de la competencia mediática. In: M.R. García-Ruiz, A. Pérez-Escoda; M.D. Guzmán-Franco (Eds), *Dispositivos móviles en el aula. Docentes y estudiantes prosumidores en la era digital* (pp. 11-30). Sevilla, España: Egregius Ediciones.
- Burnard, P.; Ross, V.; Dragovic, T.; Minors, H.; Powell, K.; Mackinlay, L. (2017). *Building Interdisciplinary and Intercultural Bridges: Where Practice Meets Research and Theory*. <https://doi.org/10.17863/CAM.12138>
- Clements, D. H.; Sarama, J.; Yelland, N. J.; & Glass, B. (2008). Learning and teaching geometry with computers in the elementary and middle school. In M. K. Heid & G. W. Blume (Eds.), *Research on technology and the teaching and learning of mathematics: Vol 1. Research synthesis* (pp. 109-154), N.C.T.M. Publications, North Carolina.
- Cobb, P.; Confrey, J.; diSessa, A.; Lehrer, R.; Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Reseracher*, 32(1), 9-13.
- Collins, A. Toward a Design Science of Education. (1992) In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New Directions in Educational Technology*, pp. 15–22.
- Diego-Mantecón, J. M.; Arcera, Ó.; Blanco, T. F.; Lavicza, Z. (2019). An Engineering Technology Problem-Solving Approach for Modifying Student Mathematics-Related Beliefs: Building a Robot to Solve a Rubik's Cube. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 26(2), 55-64.
- Diego-Mantecón, J. M.; García-Piqueras, M.; Blanco, T. F.; Ortiz-Laso, Z. (2018) Problemas en contextos reales para trabajar las matemáticas— Plataforma STEMforYouth. *Sociedad de la Información*. 58, 29-38.
- Drijvers, P. Evidence for benefit? Reviewing empirical research on the use of digital tools in mathematics education. (2016) *Presented at 13th International Congress on Mathematical Education*. Hamburg, Germany. 24–31.
- Engen, B. K. (2019). Comprendiendo los aspectos culturales y sociales de las competencias digitales docentes. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 27(61), 9-19.
- Fenyvesi, K. (2016) *Bridges: A World Community for Mathematical Art*. Mathematical Intelligencer.
- Francom, G.M. (2019). Barriers to technology integration: A time-series survey study. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(1), 1-16. doi: 10.1080/15391523.2019.1679055
- Greefrath G.; Hertleif, C.; Siller, H. S. (2018) Mathematical modelling with digital tools—a quantitative study on mathematising with dynamic geometry software. *ZDM Mathematics Education*, 50(1), 233-244. doi: 10.1007/s11858-018-0924-6
- Instefjord, E.; Munthe, E. (2016) Preparing pre-service teachers to integrate technology: an analysis of the emphasis on digital competence in teacher education curricula. *European Journal of Teacher Education*, 39(1), 77-93. doi:10.1080/02619768.2015.1100602
- Kim, P.; Suh, E.; Song, D. (2015) Development of a design-based learning curriculum through design-based research for a technology-enabled science classroom. *Educational Technology Research and Development*, 63(4), 575–602. doi:10.1007/s11423-015-9376-7
- Lavicza, Z.; Prodromou, T.; Juhos, I.; Koren, B.; Fenyvesi, K.; Hohenwarter, M.; Diego-Mantecon, J.M. (in press). The Need for Educational Research on Technology:

- Trends and Examples. *International Journal for Technology in Mathematics Education*.
- Lavicza, Z.; Hohenwarter, M.; Fenyvesi, C.; Prodromou, T.; Diego-Mantecon, J. M.; Lieban, D. (2018). Mathematics learning through arts, technology and robotics: multi-and transdisciplinary STEAM approaches. p. 110-122. *Proceedings of the 8th ICMI-East Asia Regional Conference on Mathematics Education 7-11 May 2018*, Taipei, Taiwan.
- Lavicza, Z. (2010) Integrating technology into mathematics teaching: A review. *ZDM: The International Journal of Mathematics Education*, 42(1), 105-119. doi:10.1007/s11858-009-0225-1
- McKenney, S.; Reeves, T.C. (2013) Systematic review of design-based research progress: Is a little knowledge a dangerous thing? *Educational Researcher*, 42(2), 97-100. doi:10.3102/0013189x12463781
- McKnight, K.; O'Malley, K.; Ruzic, R.; Horsley, M.K.; Franey, J.; Bassett, K. (2016). Teaching in a digital age: How educators use technology to improve student learning. *Journal of research on technology in education*, 48(3):194-211.
- Nicolai, S.; Wales, J.; Aiazzi, E. (2016). *Education, migration and the 2030 Agenda for Sustainable Development*. London: ODI.
- OECD. (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection, PISA*. Paris, France: OECD Publishing.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- Roschelle, J.; Kaput, J.; Stroup, W. (2000). SimCalc: Accelerating students' engagement with the mathematics of change. In M. J. Jacobsen & R. B. Kozma (Eds.), *Learning the sciences of the 21st century: Research, design, and implementing advanced technology learning environments* (pp. 47-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sacristan, A. I.; Noss, R. (2008) Computational construction as a means to coordinate representations of infinity. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 13(1):47-70. doi:10.1007/ s10758-008-9127-5.
- Santana-Vega, L.E.; Gómez-Muñoz, A.M.; Feliciano-García, L. (2019). Uso problemático del móvil, fobia a sentirse excluido y comunicación familiar de los adolescentes. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 27(59), 39-47
- Sarker, M.,N.; Wu, M.; Cao, Q.; Alam, G., M.; Li, D. (2019). Leveraging digital technology for better learning and education: A systematic literature review. *International Journal of Information and Education Technology*, 9(7):453-61.
- Starnazzi, C. (2005). *Leonardo Codices & Machines (First edition)*. Florence, Italy: Cartei & Bianchi.
- Stormowski, V. (2015). *Formação de professores de matemática para o uso de tecnologia: Uma experiência com o GeoGebra na modalidade EAD*. Porto Alegre: PhD Thesis of PPGIE, UFRGS. Brazil.
- Tejera, M., Aguilar, G., & Lavicza, Z. (2022). Modelling and 3D Printing Architectural Models - A Way to Develop STEAM Projects for Mathematics Classrooms. In *Learning Mathematics in the Context of 3D Printing*, (pp. 231-251). Springer Nature.
- Villarreal, M. (2000). Mathematical thinking and intellectual technologies: The visual and the algebraic. *For the Learning of Mathematics*. 20(2), 2-7.
- Wachira, P.; Keengwe, J. (2011). Technology integration barriers: Urban school mathematics teachers perspectives. *Journal of Science Education and Technology*, 20(1), 17-25. doi: 10.1007/s10956-010-9230-y

- Wang, F.; Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, 4(5), 5-23. doi:10.1007/bf02504682
- Weinhandl, R.; Lavicza, Z. (2019). Exploring essential aspects when technology-enhanced flipped classroom approaches are at the heart of professional mathematics teacher development courses. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 26 (3), 139-144. doi:10.1564/tme_v26.3.05

Zsolt Lavicza, zsolt.lavicza@jku.at, 0000-0002-3701-5068, Johannes Kepler Universität, Austria.

Mathias Tejera, mathias.tejera@jku.at, 0000-0002-9826-966X, Johannes Kepler Universität, Austria.