

STE(A)M con GeoGebra: Una formación continua de profesores

Daysi García-Cuéllar, Mihály Martínez-Miraval

Fecha de recepción: 12/12/2022

<p>Resumen</p>	<p>El estudio tuvo por objetivo reportar cómo profesores de matemática desarrollaron actividades basadas en la Educación STEAM bajo la mediación de GeoGebra. Se integraron las disciplinas Tecnología, Arte y Matemática. Los resultados evidencian que GeoGebra permitió relacionar la matemática con el arte, al movilizar nociones como simetría axial, polígonos, superficies de revolución, sólidos, entre otros, para identificar características de obras de arte, diseñar un vaso ceremonial preinca y crear un puente representativo de una ciudad del Perú. El uso de GeoGebra 3D, GeoGebra Classroom y Realidad aumentada, generó el interés de los profesores en integrar la tecnología y la matemática con otras disciplinas. Palabras clave: Educación STEAM, arte, GeoGebra.</p>
<p>Abstract</p>	<p>The objective of the study was to report how mathematic teachers developed activities based on STEAM Education under the mediation of GeoGebra. The disciplines Technology, Art and Mathematics were integrated. The results show that GeoGebra made it possible to relate mathematics with art, by mobilizing notions such as axial symmetry, polygons, surfaces of revolution, solids, among others, to identify characteristics of works of art, design a pre-Inca ceremonial vase and create a representative bridge of a city in Peru. The use of GeoGebra 3D, GeoGebra Classroom and Augmented Reality generated the interest of teachers in integrating technology and mathematic with other disciplines. Keywords: STEAM education, art, GeoGebra.</p>
<p>Resumo</p>	<p>O objetivo do estudo foi relatar como professores de matemática desenvolveram atividades baseadas na educação STEAM sob a mediação do GeoGebra. As disciplinas Tecnologia, Arte e Matemática foram integradas. Os resultados mostram que o GeoGebra possibilitou relacionar a matemática com a arte, ao mobilizar noções como simetria axial, polígonos, superfícies de revolução, sólidos, entre outros, para identificar características nas obras de arte, projetar um vaso cerimonial pré-incaico e criar uma ponte representativa de uma cidade do Peru. O uso do GeoGebra 3D, GeoGebra Classroom e Realidade Aumentada gerou o interesse dos professores em integrar tecnologia e matemática com outras disciplinas. Palavras-chave: Educação STEAM, arte, GeoGebra.</p>

1. Introducción

El proceso de aprendizaje de las matemáticas involucra el desarrollo de capacidades relacionadas con la generación de conjeturas, validaciones, uso del razonamiento, resolución de problemas, reflexiones sobre el conocimiento que se pone en juego, entre otros aspectos cognitivos. Sin embargo, este proceso puede resultar complejo para muchos estudiantes y aislado del mundo real en el que se aborda, donde los estudiantes sienten que la matemática no es para todos, lo cual genera desmotivación (García-Mejía y García-Vera, 2020).

La innovación educativa propone cambios metodológicos, actitudinales y de integración de diversas materias, para fomentar un pensamiento creativo por parte de los estudiantes y realizar cambios en la forma de enseñar que generen pedagogías novedosas; no se trata solo de diseñar tareas para ser resueltas en un solo contexto, sino que sean relevantes en el ámbito actual, integradoras en el sentido que se aborden desde diferentes materias y conceptos teóricos respectivos, y que promuevan la experimentación para dar un sentido más completo al proceso de aprendizaje (Vale et al., 2022).

STEAM es un nuevo modelo de aprendizaje que trata de motivar el interés por la ciencia y la tecnología, con el fin de desarrollar habilidades de innovación en los estudiantes, sin que eso implique que se dediquen luego a una profesión relacionada con la ciencia. El término STEAM es un acrónimo de las palabras: ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemática, escritas en inglés. Cada vez con mayor regularidad, el uso de tecnologías digitales está siendo considerado en este modelo STEAM, integrándose a las clases de diferentes materias, profundizando el entendimiento de los estudiantes de diversos conceptos y aumentando la confianza y disfrute de la matemática y de otras ciencias por parte de ellos, lo cual genera que el aprendizaje sea sostenible, así como nuevos retos para los profesores en su capacitación y diseño de metodologías innovadoras (Lavicza et al., 2022).

Los sistemas de geometría dinámica como GeoGebra, que al comienzo brindaba una interfase para conectar el álgebra y la geometría, en la actualidad ha ampliado su red de tecnologías innovadoras como la realidad aumentada, la realidad virtual, la impresión 3D, el trabajo dentro del aula de clase con diversos dispositivos móviles, entre otros. Esto permite su uso en el desarrollo de proyectos que involucran aspectos de la matemática, física o de la ingeniería, como: el uso de sensores de aceleración para medir la fricción entre dos objetos, capturar la información, procesarla, representarla y analizarla, con el fin de mejorar la comprensión del fenómeno estudiado; generar juegos interactivos para trabajar operaciones matemáticas; construir modelos a partir de imágenes, por ejemplo de, de puentes, para estudiar la matemática involucrada en su elaboración, entre otros aspectos (Lavicza et al., 2020).

El uso de tecnologías digitales en la educación ha ido incrementándose, se puede observar una variedad de dispositivos físicos para desarrollar las clases y transmitir la información entre el profesor y los estudiantes, como son las tabletas, smartphones, laptops, entre otros; así como herramientas digitales que involucra la gamificación u otros aplicativos que sirven de apoyo en el aula para desarrollar habilidades en los estudiantes y adaptar estas tecnologías a la era digital en la que vivimos; y plataformas y entornos virtuales que permite el trabajo individual y colaborativo de los estudiantes, así como el seguimiento de sus trabajos en tiempo

real (García-Cuéllar y Martínez-Miraval, 2022; Martínez-Miraval y García-Cuéllar, 2020; López et al., 2020).

Estas tecnologías digitales brindan oportunidades para que los estudiantes puedan lograr un aprendizaje STEM, pero aprender ciencias, ingeniería, matemática, implica, adicionalmente, involucrar actividades cognitivas y sociales donde los estudiantes participen activamente en ellas (López et al., 2020).

Por las características de la educación STEAM, los profesores deben estar capacitados tanto en el manejo de tecnologías digitales como en lo relacionado con la innovación educativa. Uno de los factores que interviene para que se dé el aprendizaje de los estudiantes sobre algún tema en particular, es la calidad de la enseñanza, que está relacionada con las capacidades, las habilidades, y el conocimiento amplio y actualizado de los profesores en el rubro de educación; razón por la cual, surge la necesidad de capacitar a los profesores, brindarles oportunidades de mejora continua, crear espacios como cursos, talleres, capacitaciones donde reflexionen acerca de cómo implementar la Educación STEAM en las aulas, todo con el fin de desarrollar competencias en los profesores para que sus prácticas docentes sean exitosas (Soto-Calderón et al., 2022).

Estas investigaciones nos dieron elementos para realizar una capacitación con un enfoque en STEAM con profesores que enseñan en el nivel básico, con el fin de mostrarles una gama de usos del sistema de geometría dinámica GeoGebra, y las relaciones de la matemática con el arte y la arquitectura. Por lo que, el presente estudio tuvo por objetivo reportar cómo profesores de matemática desarrollaron actividades basadas en la educación STEAM bajo la mediación de GeoGebra.

2. Enfoque de la Educación STEAM

El término STEAM surge de las siglas en inglés de Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics que en español sería Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas.

La educación STEAM es un enfoque interdisciplinario al aprendizaje que remueve las barreras tradicionales de las cuatro disciplinas (Ciencias-Tecnología-Ingeniería-Matemáticas) [e integra en sus actividades todas las áreas del currículo], y las conecta con el mundo real con experiencias rigurosas y relevantes para los estudiantes. (Vásquez et al., 2013)

Hay diferentes concepciones de lo que implica la educación STEAM. En la literatura podemos evidenciar que hay diversas propuestas STEAM considerando una nueva forma de enseñar las disciplinas por separado (Bybee, 2013). Hay otras investigaciones que muestran que la educación STEAM tiene un enfoque de interdisciplinariedad de los contenidos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática.

Yakman (2008), muestra una pirámide basada en la integración de las disciplinas de la Educación STEAM. En figura 1, se muestra dicha pirámide que en una primera etapa se encuentran los conceptos específicos de cada materia. En una segunda etapa se muestran las disciplinas específicas (Ciencia, tecnología, Ingeniería, Matemática y Arte) pero de manera aislada. En la tercera etapa, que la autora lo denomina multidisciplinar, se integra el STEM con las Artes en donde la enseñanza debe estar basadas en la realidad (situaciones reales) para poder integrarlas. En la cuarta etapa, denominada STE@M, denominado nivel integrador, los estudiantes comienzan a comprender qué y cómo explorar todas las áreas de

oportunidades en el ámbito educativo, los docentes pueden trabajar juntos para proporcionar una cobertura en profundidad de sus áreas o disciplinas de especialización, en esta etapa también los estudiantes responden a cuestiones que parte de la realidad. La última y quinta etapa, denominada Holística, Yakman (2008) menciona que está correlaciona con el concepto de educación holística, basada en planes de estudio, métodos de ejecución y evaluación plenamente integrados.

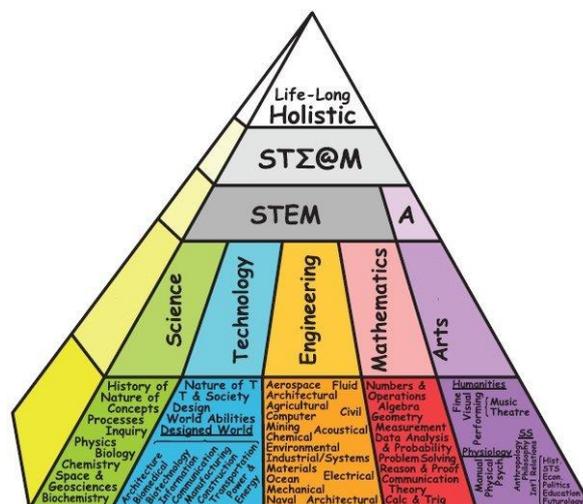


Figura 1. Pirámide STEAM

Fuente: Yakman (2008).

Con la misma perspectiva, Greca (2018) menciona que “el enfoque STEAM persigue la integración intencional de las diferentes disciplinas utilizadas en la resolución de problemas en el mundo real” (p. 23). También indica que se deben buscar nuevas formas de enseñar estas disciplinas, de manera integrada y que puedan dar solución a problemas que los estudiantes se enfrentan en su comunidad, contexto o realidad.

Según Da Silva Moraes (2017) algunos de los principios identificados en la Educación STEAM son: **Colaboración**, donde los aportes individuales se sumen para que se amplíen las posibilidades de exploración, conocimiento y aplicación de lo que cada uno tiene para ofrecer; **investigación** para la búsqueda de soluciones que requiere el mundo contemporáneo, indispensable para profundizar cualquier conocimiento; **solución de problemas** se refiere a la búsqueda de respuestas a los desafíos que se presentan; **comunicación** que impregna toda actividad humana en la que se supone el compromiso de más de una persona; **creatividad** que está relacionada a la capacidad innovadora en la solución de problemas; y **pensamiento crítico**, que permite un discernimiento en la intersección entre lo que es moralmente aceptable y éticamente correcto en la solución de un problema y su implementación.

De lo anterior, podemos decir que, STEAM propone un tipo de aprendizaje basado en proyectos, de manera práctica, en donde es fundamental el trabajo colaborativo y el fomento de la capacidad de toma de decisiones a partir del desarrollo del pensamiento crítico y creativo en los estudiantes. A demás favorece, la adopción natural del método científico desde un carácter interdisciplinar.

3. STE(A)M: El Arte en STEAM

Cada una de las disciplinas tiene un aporte diferente en la formación de los estudiantes mediante el enfoque STEAM. La figura 2, muestra algunos de estos aportes.



Figura 2. Aportes de las disciplinas en STEAM

Fuente: Elaboración propia.

Centrándonos en las artes, la investigadora Yakman (2008), indica que la influencia de las artes favorece la enseñanza y aprendizaje de los factores comunes entre la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y la Matemática. Asu vez, Souza (2013), indica que las artes juegan un papel fundamental en el desarrollo humano, estimulando el crecimiento de las redes cognitivas, emocionales y psicomotoras en el cerebro.

Souza (2013) menciona que las artes desarrollan ocho habilidades cognitivas: percepción de cómo una parte interactúa con otras, atención al detalle, percepción de que los problemas pueden tener múltiples soluciones y que las preguntas pueden tener muchas respuestas, capacidad de cambiar las metas durante un proceso, toma de decisiones, uso de la imaginación como fuente de contenido, aceptación para operar dentro de los límites y capacidad para ver el mundo desde una perspectiva estética. Por lo tanto, las habilidades artísticas brindan herramientas importantes para las ciencias, como la observación precisa, la percepción de un objeto de forma diferente, la construcción de significados y expresiones precisas de las observaciones, el trabajo en equipo y el pensamiento espacial y cinético.

4. Contexto en el que se realizó la experiencia

Durante los últimos años, por motivo de la pandemia del Covid-19 muchas de las formaciones de profesores se realizaron de manera virtual y sincrónica. La experiencia que presentamos forma parte de una capacitación de docentes de nivel de secundaria de las especialidades de matemática, matemática e informática y matemática-Física, que trabajan en la red pública de la provincia de Lima – Perú.

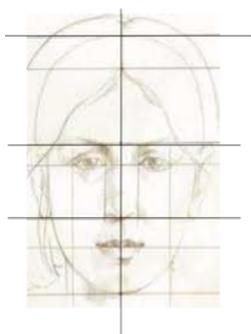
Los docentes fueron 15 pero quienes participaron activamente y de manera continua (sin ausencias) fueron 13 docentes. Se realizaron 5 actividades, tres de forma individual y dos en grupos, durante 4 sesiones virtuales y sincrónicas de 3 horas cada una por medio de reuniones vía Zoom meeting.

Para el análisis, se presentan 3 de las 5 actividades realizadas en la formación centradas en el arte y la arquitectura, donde se trataron temas como simetría, funciones por tramos, superficies, elipses, sólidos, entre otros.

5. Actividades realizadas

Actividad 1

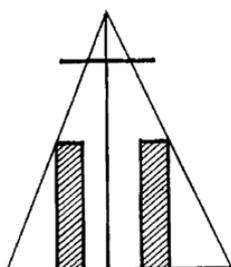
Para realizar la actividad 1, se trató previamente sobre lo que es el equilibrio y expresividad dentro de las obras de artes, estos relacionados con la simetría axial.



Equilibrio

En el arte, hay dos tipos de equilibrio: el **equilibrio simétrico** y el **equilibrio asimétrico**.

Pintar con simetría significa que un lado de la pintura se equilibra perfectamente con el otro. Esto podría significar que la mitad superior y la mitad inferior son imágenes en espejo, o que el lado izquierdo y el derecho son inversiones una de la otra.



Expresividad de la simetría

La simetría es una herramienta que se emplea en la **Expresividad Artística** por su gran capacidad expresiva.

La simetría se utiliza para "colocar" los personajes de una obra pictórica y ordenar todo el escenario de la obra.

Cuando se utiliza la simetría como herramienta y medio de expresión, es con la finalidad de dar la sensación de orden y estabilidad visual.

Figura 3. Equilibrio y expresividad de la simetría

Fuente: Material de la capacitación

A partir del equilibrio y expresividad de la simetría se establecieron 4 tareas que conforman la actividad 1 como se puede observar en la tabla 1.

Actividad 1

En las siguientes figuras, considerando el equilibrio y expresividad de la simetría:

1. Trace los posibles ejes de simetría.
2. Utilice un polígono (triángulo o cuadrilátero) para identificar la expresividad simétrica de la figura.



Tabla 1. Tareas que componen la Actividad 1

Para la realización de las tareas de esta actividad, se creó un GeoGebra Classroom (figura 4) porque permite retroalimentar, absolver dudas y hacer seguimiento en tiempo real de la resolución de la actividad.

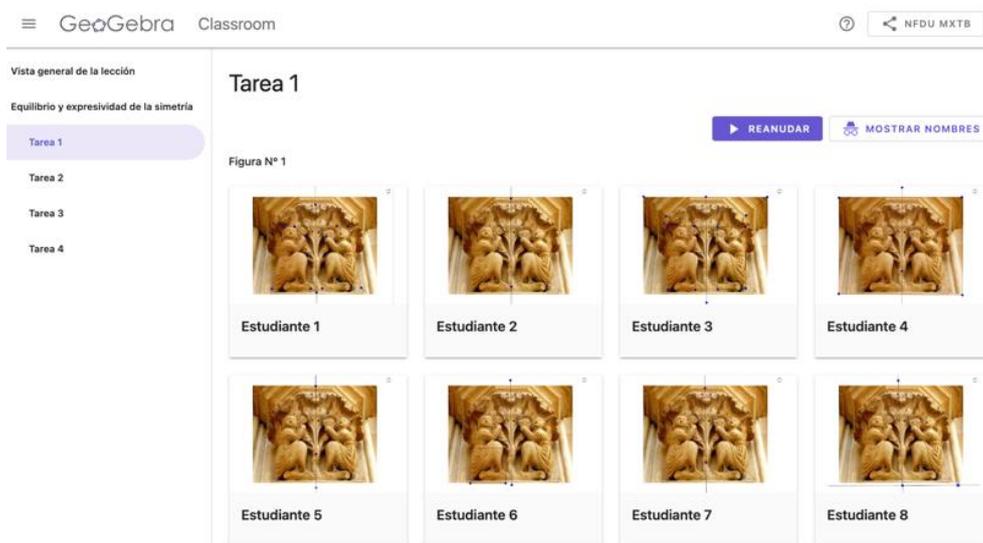


Figura 4. GeoGebra Classroom de tarea 1 de la Actividad 1

Fuente: Elaboración propia

Se detallan los procedimientos realizados por los docentes participantes en la tarea 1 y tarea 2 de la actividad 1.

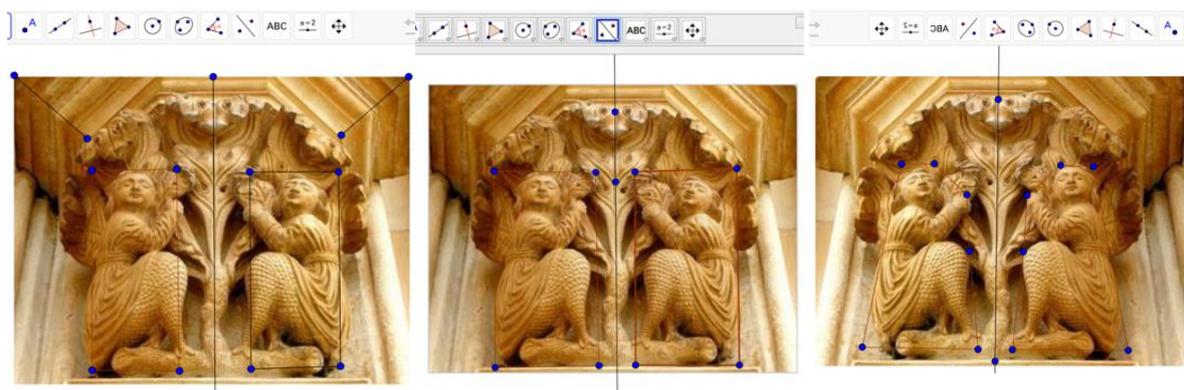


Figura 5. Procedimientos realizados por los docentes en la tarea 1

Fuente: Material de la capacitación

Como se puede observar en la figura 5, los docentes trazaron rectas, segmentos, crearon polígonos, trazaron ejes de simetrías. En la primera y segunda imagen de la figura 5, los docentes trazaron el eje de simetría y rectángulos buscando comprender e identificar en la imagen la expresividad de la simetría. En la última imagen, se puede apreciar que no solo se buscó la expresividad de la simetría, sino también el equilibrio dado que trazaron mayor cantidad de puntos acercándose más a las formas de las figuras.

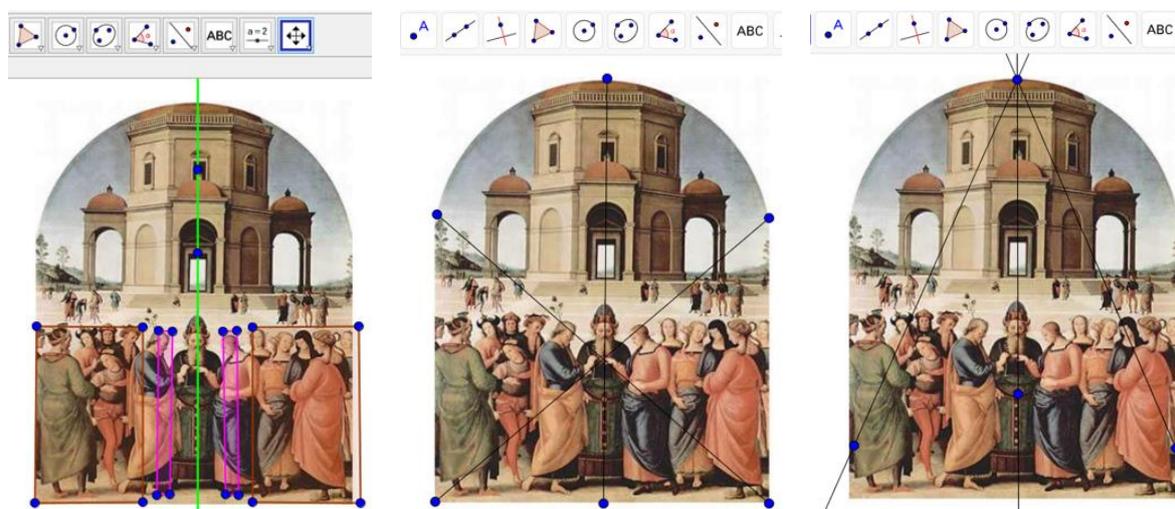


Figura 6. Procedimientos realizados por los docentes en la tarea 2

Fuente: Material de la capacitación

En la figura 6, se muestran los diferentes procedimientos realizados por los docentes participantes de la formación. En la primera imagen, se observa que buscaron identificar la expresividad de la simetría buscando los objetos que equidistan del eje de simetría trazado. En la segunda y tercera imagen, se evidencia que los docentes buscaban identificar el equilibrio simétrico, es por ello por lo que trazaban ejes de simetría y un punto de equilibrio, que en la segunda imagen se

encuentra en el personaje central y en la tercera, en la parte superior de la edificación.

Actividad 2

El Kero es un vaso ceremonial hecho por lo general de madera, aunque también se encontraron estos vasos elaborados con otros materiales como barro, arcilla, cerámica, entre otros. Presenta un ancho más pronunciado en la boca que en la base, y los diseños en la superficie muestran figuras geométricas y dibujos que representan acontecimientos históricos. El Kero fue utilizado por las culturas preincaicas en Perú, pero las imágenes se asocian con la cultura Tiahuanaco.

La actividad 2 tuvo por objetivo que los profesores utilizaran GeoGebra para diseñar y construir el Kero (figura 7). Se esperaba que los profesores diseñaran el borde lateral del vaso con una o más funciones, luego, definirían el eje de rotación y construirían el Kero en una vista 3D. Por último, se esperaba que utilizaran la realidad aumentada de GeoGebra para verla en perspectiva.



Figura 7. El Kero

Fuente: <https://acortar.link/C3hoeh>

Los profesores del grupo 1 abrieron una ventana de GeoGebra y cargaron la imagen del Kero en una vista gráfica 2D de GeoGebra, esta imagen la colocaron de forma horizontal, previamente difuminada, de modo que la base coincidía con el eje Y, y el eje X hacía la función de eje de simetría. A continuación, colocaron puntos sobre el borde superior curvo y los unieron con segmentos con el fin de aproximar el contorno, para ello utilizaron las herramientas *punto* y *segmento* de GeoGebra.

Los profesores presentaron dificultades al momento de construir la superficie con la primera opción del comando *superficie* de GeoGebra, este solicitaba el ingreso de la función a girar y del ángulo de rotación, el error que aparecía en pantalla indicaba que no reconocía el segmento como una función, razón por la cual, los profesores cambiaron los segmentos por funciones de dominio restringido, mediante el uso del comando *función* de GeoGebra (figura 8); del mismo modo, decidieron utilizar la segunda opción del comando *superficie* de GeoGebra, en la cual se debía agregar la recta por la cual iban a realizar la rotación, que en el caso de los profesores era el eje X.

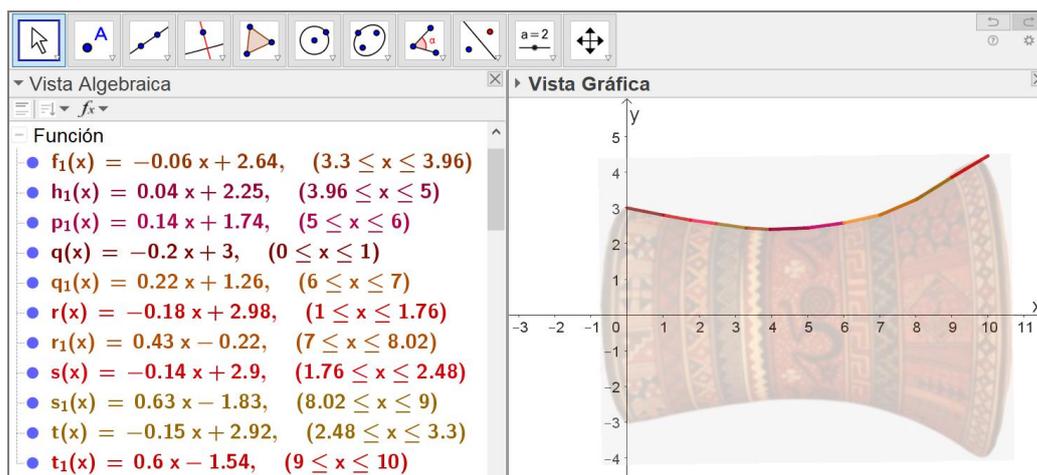


Figura 8. Diseño del borde superior del Kero horizontal

Fuente: Elaboración propia

Los profesores del Grupo 1 ya habían construido un deslizador α con la herramienta *deslizador* de GeoGebra, marcaron la opción ángulo, colocaron como valor mínimo 0, valor máximo 360 e incrementos de un grado sexagesimal. A continuación, para cada función, escribieron en la barra de entrada: Superficie(f , α , EjeX), donde f representa a cada una de las funciones f_1 , h_1 , ..., t_1 , movieron el deslizador y generaron la superficie mostrada en la figura 9.

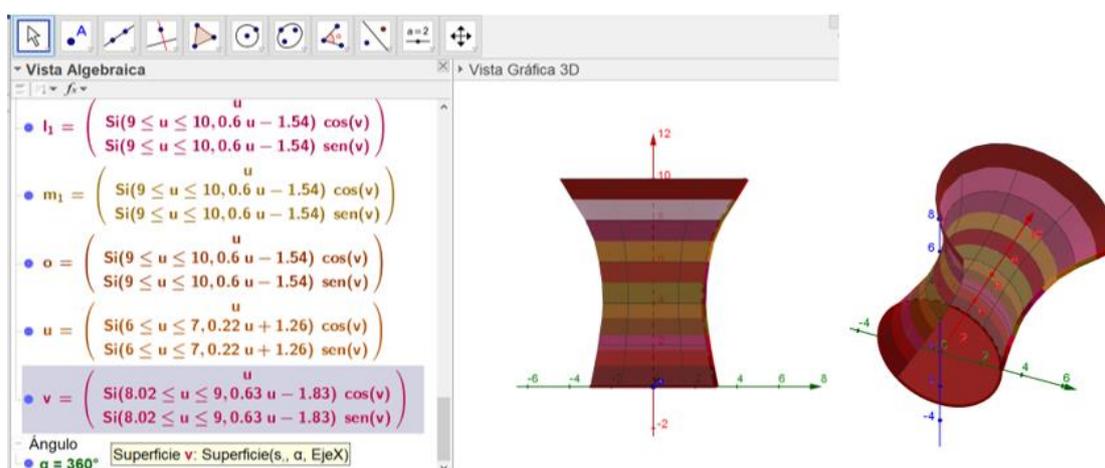


Figura 9. Vista en 3D del Kero

Fuente: Elaboración propia

Por último, el investigador indicó a los profesores del grupo 1 que subieran su archivo de GeoGebra a Dropbox para que pudiera mostrarles cómo se vería su construcción en realidad aumentada, dado que los profesores no podían descargar y utilizar el aplicativo Calculadora 3D de GeoGebra. Para ello, el investigador lo descargó en su celular, con el cual abrió el archivo en 3D y luego lo llevó a realidad aumentada AR. La figura 10 muestra el entorno y la transformación del trabajo de los profesores, en dos superficies distintas.

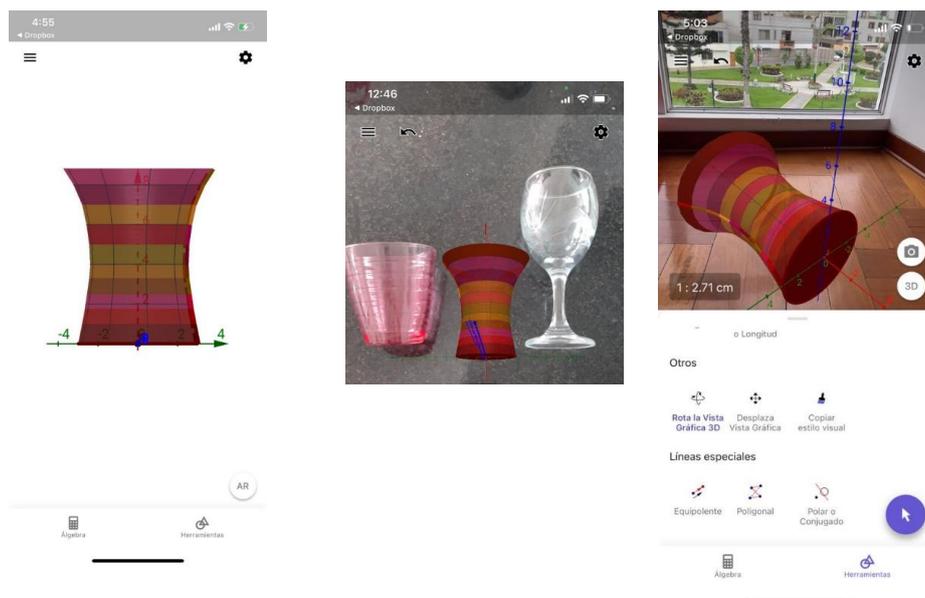


Figura 10. Vista del Kero en realidad aumentada

Fuente: Elaboración propia

Actividad 3

El puente Calicanto se ubica en la ciudad de Huánuco – Perú, presenta una longitud de 60 metros aproximadamente y dos columnas en el interior, cada una de ellas con extremos de forma cilíndrica, que se utilizan en su parte superior como balcones. Fue construido a base de piedra, sal, arena y clara de huevo. Destaca por su antigüedad y solidez, dado que su construcción data del año 1879.

La actividad 3 tuvo por objetivo que los profesores utilizaran GeoGebra para diseñar y construir el puente Calicanto (figura 11). Se esperaba que los profesores diseñaran el puente utilizando prismas, cilindros de base circular para las columnas, y cilindros de base semielíptica para la forma que se presenta debajo del puente, todo ello directamente en la vista 3D de GeoGebra. Por último, se esperaba que utilizaran la realidad aumentada de GeoGebra para ver el puente en perspectiva.



Figura 11. Puente Calicanto
Fuente: <https://acortar.link/C3hoeh>

Los profesores del grupo 2 abrieron una ventana de GeoGebra y activaron la vista 3D de GeoGebra. El protocolo de construcción de GeoGebra y la revisión de la construcción hecha por los profesores, hizo visible el uso de tres prismas de base rectangular de $4 \times 6 u^2$ y de altura $4 u$, 8 circunferencias de radio $1 u$ que limitaban los 4 cilindros rectos, 6 curvas paramétricas para dibujar las 3 curvas elípticas frontales y las 3 posteriores, 6 polígonos para resaltar la pared frontal y posterior, y otros elementos matemáticos como puntos, segmentos y rectas (figura 12).

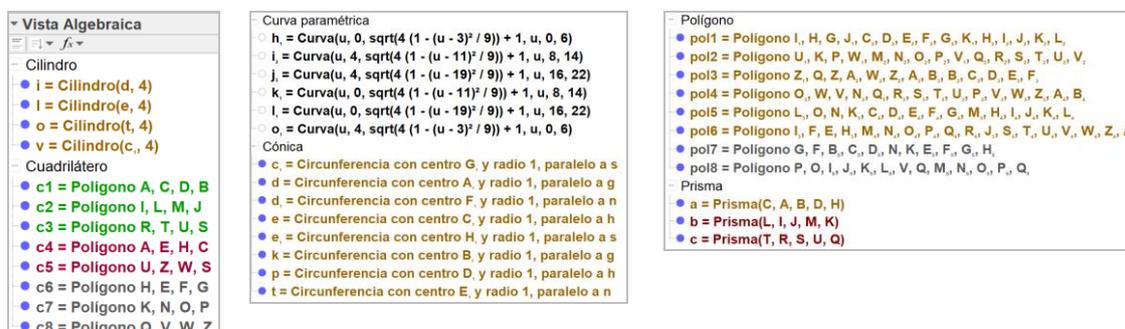


Figura 12. Elementos matemáticos en la construcción del puente Calicanto

Fuente: Elaboración propia

Para construir los tres prismas, primero los profesores ubicaron los vértices de la base inferior de cada uno de los prismas, y un vértice de la base superior para definir la altura, luego emplearon la herramienta *prisma* de GeoGebra; para dibujar las circunferencias utilizaron el comando *circunferencia* de GeoGebra, en la opción que requería un punto de paso, el radio y la dirección, esta última fue una recta que pasaba por los centros de dos circunferencias; para dibujar los cilindros rectos utilizaron el comando *cilindro* de GeoGebra, en la opción que solicitaba la circunferencia y la altura.

La dificultad de los profesores surgió para hacer un hueco semielíptico en cada uno de los prismas y que se asemeje a la forma del puente. Ellos dibujaron un cilindro elíptico perpendicular a la cara frontal del prisma, los profesores buscaban intersectar ambas superficies, pero no lo lograron, luego colocaron la restricción: $0 \leq y \leq 4$, para limitar el prisma elíptico, pero tampoco les dio resultado. La figura 13 muestra el intento de los profesores.

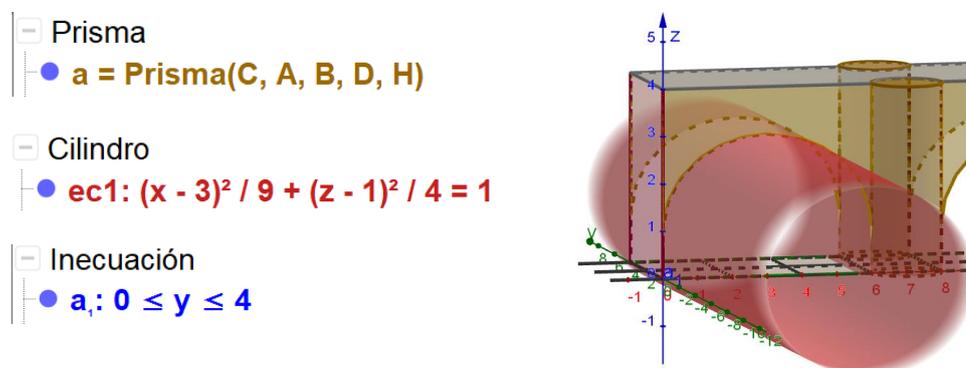


Figura 13. Intersección de superficies.

Fuente: Elaboración propia

El investigador les sugirió que, a partir de la ecuación *ec1* despejaron *z* y dibujaron una curva semiéptica mediante el comando *curva* de GeoGebra, en la segunda opción. Como la primera semiellipse debía estar en la cara frontal del primer prisma, se guio a los profesores con preguntas para que escribieran la siguiente instrucción:

$$\text{curva}(u, 0, \sqrt{4\left(1 - \frac{(x-3)^2}{9}\right)} + 1, u, 0, 6).$$

Luego, realizó la misma instrucción para dibujar semielipses en las caras frontales y posteriores de cada prisma. Por último, dibujó polígonos en las caras frontal y posterior de cada prisma, comprendidos entre el lado superior de dichas caras y las semielipses, dando como resultado un dibujo que parece asemejar el puente Calicanto (figura 14).

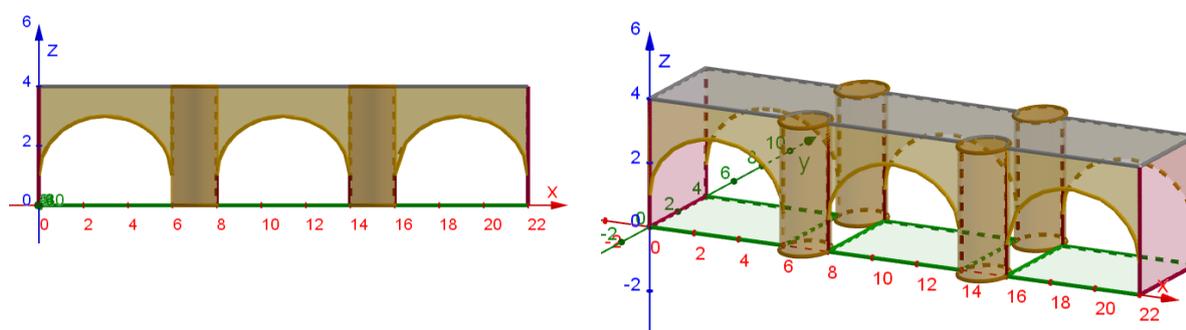


Figura 14. Vista en 3D del puente Calicanto

Finalmente, los profesores llevaron su construcción a realidad aumentada y presentaron imágenes de cómo se veía la estructura del puente por dentro, y otras vistas relacionadas con los objetos geométricos que utilizaron (figura 15).

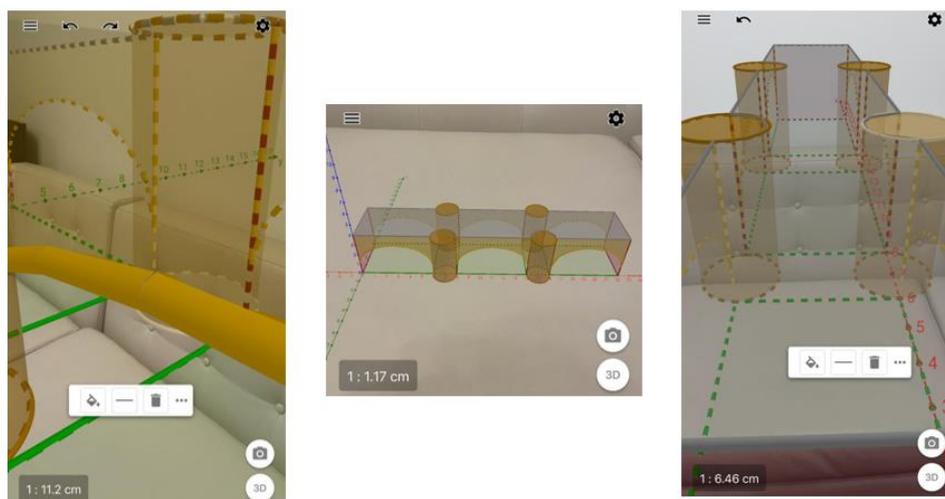


Figura 15. Vista del puente Calicanto en realidad aumentada

Fuente: Elaboración propia

6. Consideraciones finales

GeoGebra brinda múltiples representaciones asociadas a cada una de sus diferentes ventanas de visualización, las cuales resultan útiles cuando se trabaja con el enfoque STEAM, porque brindan la oportunidad de contribuir significativamente en el aprendizaje de las disciplinas que integran este enfoque. Además, GeoGebra posibilita la movilización de nociones matemáticas relacionadas con el campo de las funciones y de la geometría. La similitud entre el nombre de la noción matemática y la herramienta de GeoGebra asociada a esta, permite agilizar el proceso de construcción; asimismo, la variedad de opciones que presentan los comandos de GeoGebra funciona como guía a los profesores para elegir la mejor alternativa para realizar su diseño.

El presente estudio se centra en una formación de profesores porque se considera que los docentes deben estar capacitados con las nuevas tendencias educativas y tecnológicas que exige la sociedad actual. Es por ello, que se considera al *arte* en la Educación STE(A)M como un medio para aprender y enseñar temas que corresponden a las áreas de ciencias, tecnologías, ingeniería y matemática, desde una metodología activa y por medio de recursos digitales. El *arte* permite a los docentes desarrollar entornos de aprendizajes creativos, colaborativos y de apoyo, así como desarrollar interconexiones entre las disciplinas y/o temas desde una mirada creativa, motivadora, de actitudes favorables al aprendizaje y donde se integre la tecnología en las prácticas pedagógicas.

Bibliografía

- Bybee, R.W. (2013). *The case for STEM Education: Challenges and opportunities*, Arlinton, NSTA press.
- Comer, M., Sneider, C., & Vasquez, J. A. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Da Silva Moraes, P. (2017). *STEAM: arte e design no ensino médio*. [Tesis de maestría]. Universidade Anhembi Morumbi.
- García-Cuéllar, D. J., & Martínez-Miraval, M. A. (2022). Uso de GeoGebra y el Razonamiento Inductivo en un Acercamiento al Teorema Fundamental del Cálculo. *Revista de Matemática, Ensino e Cultura - REMATEC*, Belém/PA, 17(42), 29-43.
- García-Mejía, R. O., & García-Vera, C. E (2020). Metodología STEAM y su uso en Matemáticas para estudiantes de bachillerato en tiempos de pandemia Covid-19. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 163-180.
- Greca, I. M., Meneses Villagrà, J. Á. (2018). *Proyectos STEAM para la Educación Primaria: Fundamentos y Aplicaciones Prácticas*. Dextra.
- Lavicza, Z., Prodromou, T., Fenyvesi, K., Hohenwater, M., Juhos, I., Koren, B., & Diego-Mantecon, J. (2020). Integrating STEM-related technologies into mathematics education at a large scale. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 27(1), 1-9.
- Lavicza, Z., Weinhandl, R., Prodromou, T., Andic, B., Lieban, D., Hohenwarter, M., Fenyvesi, K., Brownell, C., & Diego-Mantecón, J. M. (2022). Developing and

- Evaluating Educational Innovations for STEAM Education in Rapidly Changing Digital Technology Environments. *Sustainability*, 14, 7237.
- López-Simó, V., Couso-Lagarón, D., & Simarro-Rodríguez, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62), 1-29.
- Martínez-Miraval, M. y García-Cuéllar, D. (2020). Estudio de las Aprehensiones en el Registro Gráfico y Génesis Instrumental de la Integral Definida. *Formación Universitaria*, 13(5), 177-190.
- Soto-Calderón, A., Oliveros Ruíz, M. A., & Roa-Rivera, R. I. (2022). Curso Taller STEAM para Docentes: una evaluación formativa. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 10(24), 1-19.
- Vale, I.; Barbosa, A.; Peixoto, A., & Fernandes, F. (2022). Solving Problems through Engineering Design: An Exploratory Study with Pre-Service Teachers. *Educ. Sci.*, 12, 889.
- Yakman, G. (2018). STEAM Education: An overview of creating a model of integrative education. Virginia Tech.

García-Cuéllar, Daysi: Docente de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Doctora en Educación Matemática por la PUC-São Paulo. Magíster en Enseñanza de las Matemáticas por la PUCP. Subdirectora de la Comunidad GeoGebra Latinoamericana. Áreas de interés: Tecnologías en Educación Matemática, formación docente, educación STE(A)M y didáctica de la matemática.

Martínez-Miraval, Mihály: Docente del Departamento de Ciencias – Sección Matemáticas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Candidato a doctor en Matemática Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional de México (CICATA – IPN). Áreas de interés: Tecnologías en Educación Matemática y razonamiento covariacional.