



La Maqueta como Recurso Didáctico para la Enseñanza de Matemática en Arquitectura

The Mock-up as a Didactic Resource for the Teaching of Mathematics in Architecture

Brian Jordano Cagua Gómez | Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Santo Domingo, Ecuador

ARTICLE HISTORY

Received: 12/9/2022
Accepted: 7/11/2022

KEY WORDS

Architectonic mockup, Math, architecture, teaching-learning.

ABSTRACT

This article presents the teaching experience of using the model as a didactic resource to teach mathematics in architecture. For architects, the concepts of graphic representation, projection, and the generation of models constitute the main instrument in their training. However, mathematical tools are essential for this purpose. In this sense, models allow the projection of ideas to scale, generating an object that is easy to visualize and understand from the student's perspective, which is why they are an important didactic resource for the teaching and learning process. This work details the contents of the subject of Mathematics, describes the activity carried out by the students, describes the application of mathematics and the correlation of mathematical concepts with the models, and finally presents conclusions about the experience.

PALABRAS CLAVE

Maqueta arquitectónica, matemáticas, arquitectura, enseñanza-aprendizaje.

RESUMEN

Este artículo expone la experiencia docente de utilizar la maqueta como un recurso didáctico para enseñar matemáticas en la carrera de Arquitectura. Para los arquitectos los conceptos de representación gráfica, proyección y generación de maquetas constituyen un instrumento principal en su formación, no obstante, las herramientas matemáticas son fundamentales para tal objetivo. En ese sentido, las maquetas permiten proyectar ideas a escala, generando un objeto sencillo de visualizar y entender desde la perspectiva de los estudiantes, por ello son un recurso didáctico importante para el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este trabajo se detalla los contenidos de la materia de Matemática, se describe la actividad realizada por los estudiantes, la aplicación de las matemáticas y la correlación de los conceptos matemáticos con las maquetas, finalmente se presenta conclusiones sobre la experiencia realizada.

I. INTRODUCCIÓN

Las matemáticas son una materia fundamental en la formación de arquitectos e ingenieros, además de otras carreras que requieren de conocimientos elementales de esta asignatura. En este sentido, las universidades y centros técnicos la incluyen como una materia obligatoria en sus mallas académicas. Si bien la importancia de

esta materia es un hecho, debido a las implicaciones en la vida cotidiana y práctica profesional, en muchos casos los estudiantes universitarios no pueden apreciarlo. Los alumnos universitarios de matemáticas suelen sentir poca motivación y hasta rechazo por la materia [1]. En este trabajo se expone que una probable causa es tener

una mala experiencia con la materia en niveles anteriores, respaldando esta idea con los estudios de [2] y [3]. Entonces, para los docentes universitarios se vuelve un desafío enseñar matemáticas. Existe una relación importante entre la forma de comunicar las representaciones numéricas, algebraicas, entre otros conceptos matemáticos, con el aprendizaje por parte de los estudiantes [4].

Con base en la revisión bibliográfica sobre alternativas de enseñanza, [5] argumenta que el modelo tradicional de enseñanza de cálculo es un paradigma cuyos resultados de aprendizaje son fuertemente cuestionados. Asimismo, en [6] se manifiesta como una necesidad actual exponer la aplicabilidad de los conceptos y propiedades matemáticas que se enseña en las aulas.

En [7] concluyen que una aplicación directa de las matemáticas a la arquitectura puede potenciar la motivación en los estudiantes, además de generar una experiencia innovadora durante su aprendizaje.

Cabe destacar que el ser humano reconoce el mundo mediante los sentidos, es decir, mediante la generación de experiencias que contienen elementos visuales, auditivos, kinestésicos-sensoriales, olfativos y gustativos [8]. Además, [9] plantea que los medios para el proceso de enseñanza se pueden clasificar en materiales audiovisuales, convencionales y nuevas tecnologías.

Un recurso didáctico es un conjunto de medios materiales, ya sean físicos o virtuales, que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje [10]. También se conoce a estos recursos didácticos como material didáctico, medio educativo, apoyo didáctico, entre otros.

Por otro lado, [11] expone que la arquitectura se representa mediante la generación de dibujos y maquetas, haciendo especial énfasis en las maquetas. En esta misma línea de pensamientos, [12] argumenta que la maqueta es una herramienta que permite proyectar de forma clara y comprensible las ideas, además son fáciles de ejecutar, rápidas, no requieren mayor conocimiento previo y son accesibles a los estudiantes. Por ejemplo, en [13] los estudiantes de la Universidad Nacional de Río Negro en Argentina estudiaron las ecuaciones de superficies, cortes y propiedades de objetos matemáticos materializados en maquetas a escala con resultados favorables al proceso de aprendizaje de las matemáticas.

Algunas ventajas del uso de los materiales didácticos son: ofrecer actividades atractivas y motivadoras, permitir progresar a los alumnos mediante una participación activa y autónoma, contribuyen a un entorno que simula problemas, permite un aprendizaje significativo y entretenido, son flexibles y permiten trabajo en grupo [14].

En [15] se menciona que es evidente la necesidad de aplicar estrategias novedosas e innovadoras para motivar e involucrar a los estudiantes con su propio

aprendizaje; estas estrategias son clave y esenciales para mejorar la educación.

Según [16], la utilización de objetos de aprendizaje promueve la construcción, comprensión y aplicación del conocimiento. Asimismo, [17] menciona que es necesaria la coordinación de docentes y estudiantes para la elaboración de los recursos, destacando que es fundamental identificar las necesidades de la materia.

Bajo este esquema, se implementó a la maqueta arquitectónica como un recurso didáctico para la enseñanza de matemáticas, insistiendo en los contenidos de geometría analítica, funciones y cálculo. Sobre todo, generando un vínculo entre contenidos formales y la futura práctica profesional de los estudiantes. Es preciso señalar que el objetivo principal de utilizar la maqueta fue motivar a los estudiantes a estudiar matemáticas, además de presentar situaciones que requieren de la aplicación directa de los contenidos desarrollados en clases. También es importante mencionar que la maqueta, como instrumento de enseñanza, es un tema de continuo análisis en taller arquitectónico [18].

Finalmente, se destaca que la estructura de este trabajo comprende: introducción (sección 1), metodología (sección 2), resultados y discusión (sección 3), finalmente se exponen las consideraciones finales (sección 4).

2. MÉTODO

La investigación se basa en la experiencia docente en el aula, es decir, una investigación de acción [19]. De acuerdo con [20] se trata de una investigación sustantiva que tiene como propósito describir y explicar la realidad. El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo con un diseño de carácter descriptivo correlacional que permite describir los resultados individuales y correlacionar las variables involucradas [21].

Las actividades fueron aplicadas a veinte estudiantes adultos de la carrera de arquitectura de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Santo Domingo (PUCE SD), quienes al momento del estudio cursaban el primer semestre y estaban matriculados como alumnos de la materia de Matemática I en el paralelo A. El sílabo de la materia contempla tres secciones principales, que incluyen geometría analítica, funciones y cálculo, en la tabla 1 se presenta el contenido de la materia (ver Tabla 1).

Las clases se realizaron de manera virtual mediante la plataforma Zoom, las tareas y evaluaciones se gestionan mediante la plataforma virtual de la universidad. Es importante destacar que los estudiantes desarrollaron las maquetas como trabajos para sus otras cátedras de la carrera, cumpliendo con el objetivo de vincular las materias y sus contenidos.

Tabla 1.*Contenido de la materia de Matemática I*

Geometría analítica	Funciones	Introducción al cálculo
El plano cartesiano.	Definición de función.	Aproximaciones y límites.
Lugar geométrico.	Parametrizaciones.	Derivadas.
Transformaciones del plano.	Elementos de las funciones.	Optimización.
Cónicas	Composición de funciones.	
	Modelamiento	

Fuente. Elaboración propia.

Figura 1.*Materias de primer semestre de la carrera de Arquitectura de la PUCE SD*

En la figura 1 se presenta un esquema de las materias de primer semestre y su interrelación en la formación de los estudiantes (ver Figura 1).

Como punto de partida se realizó una evaluación diagnóstica de los contenidos de matemática a nivel secundario, posteriormente se receptó los comentarios de los estudiantes sobre sus experiencias con las matemáticas. Como metodología de clases se combinó conferencias magistrales con actividades de exposición de los estudiantes, vinculándolos con su proceso de aprendizaje, además de utilizarse otros recursos tradicionales de enseñanza. No obstante, como recurso didáctico en este proceso de enseñanza se empleó la maqueta física para ilustrar los contenidos de la materia y su aplicabilidad en el contexto de la arquitectura. Además, en conjunto con las otras cátedras se realizan evaluaciones de los trabajos integrales de arquitectura. Al finalizar el semestre se empleó la técnica de encuesta para la recolección de la información, el instrumento que se utilizó fue un cuestionario realizado en Google Form.

Los trabajos de las maquetas se entregan con un reporte escrito, en el cual se describe los fundamentos técnicos sobre conceptos matemáticos utilizados. En la figura 2, se presenta los criterios de evaluación de la maqueta, la presentación oral y el reporte escrito. Se asigna mayor puntaje a solidez técnica (28%), aporte al curso (20%), maqueta (16%) y redacción (12%) (ver Figura 2).

A cada criterio de evaluación se califica con un puntaje discreto entre 1 y 4, siendo 1 poco satisfactorio y 4 excelente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación diagnóstica se evidenció un vacío de los contenidos básicos de matemáticas por parte de los estudiantes. Además, los estudiantes expresaron que la Matemática no es «su materia favorita», en muchos casos atribuyendo a sus experiencias previas en la secundaria y que no pueden comprender su aplicación a la carrera que cursan.

Las clases combinaron conferencia magistral por parte del docente, actividades de talleres individuales y grupales, exposiciones de los estudiantes e incluso actividades lúdicas como juegos en línea, incluyendo los contenidos de matemáticas como se aprecia en la figura 3 (ver Figura 3).

Estas actividades no reflejaron un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes durante las evaluaciones o en las intervenciones en clases y por lo tanto no se cumplía su objetivo del curso. Se evidenció que los estudiantes preguntaban en cada oportunidad las aplicaciones de los conceptos estudiados, aunque se lo presentaba en figuras o fotografías. En consecuencia, se considera vincular a los conceptos matemáticos con objetos físicos

Figura 2.

Criterios de evaluación y porcentajes asignados

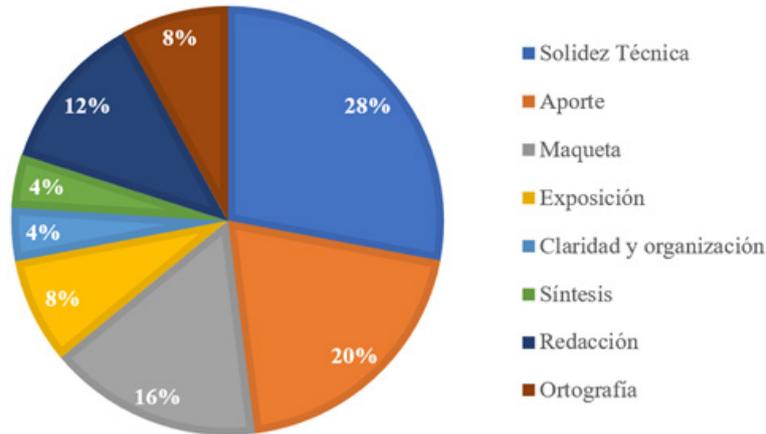
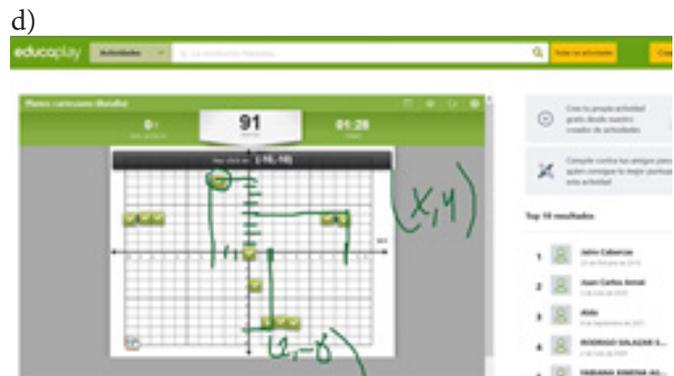
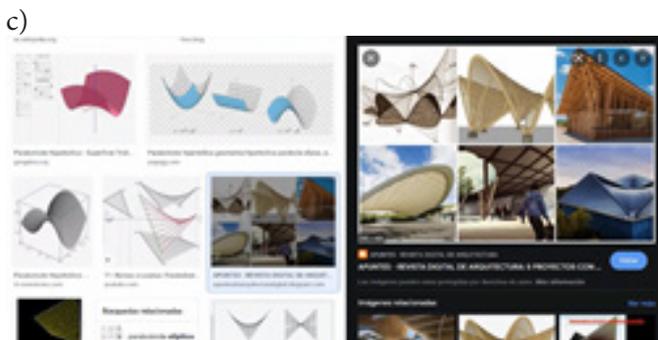
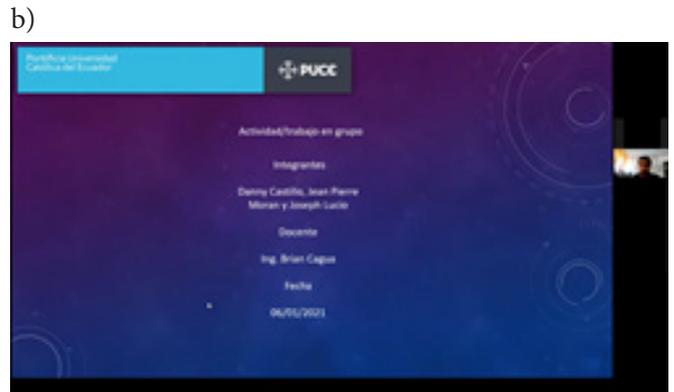
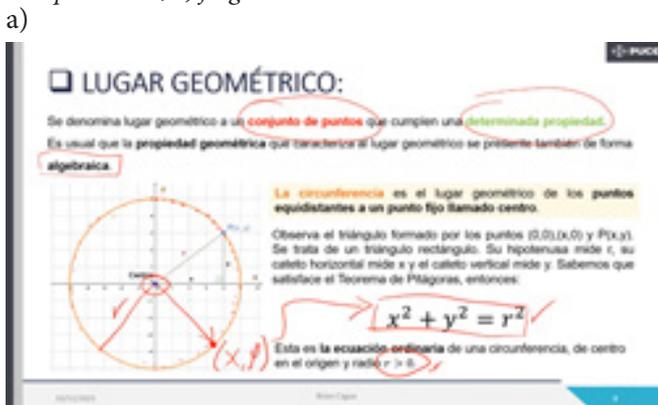


Figura 3.

Actividades tradicionales de enseñanza-aprendizaje empleadas: a) clase magistral; b) exposiciones de los estudiantes; c) investigaciones sobre aplicaciones; d) juegos en línea



que puedan ser apreciados por los estudiantes y que puedan vincular con las otras cátedras.

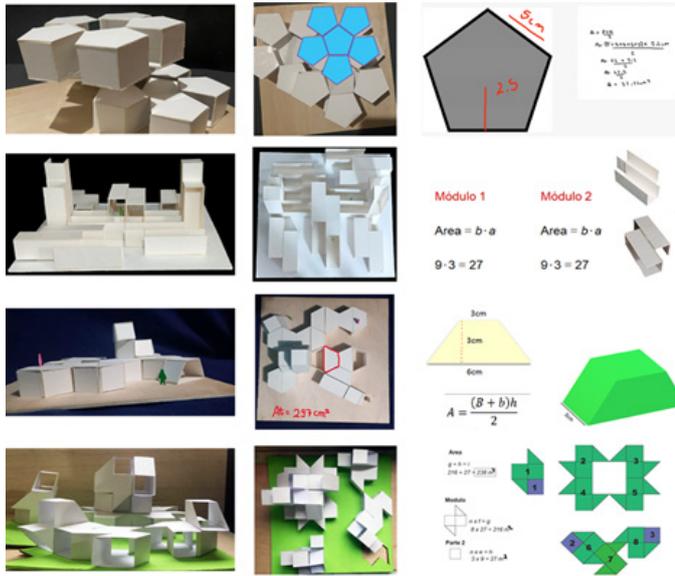
Posteriormente, se incluye la maqueta como un recurso didáctico en el curso de Matemática. La primera actividad donde se vinculó la maqueta con los contenidos de matemática fue una presentación que permitió integrar todas las materias de primer semestre en una evaluación parcial. En cuanto al parámetro matemático evaluado el objetivo fue calcular el área y volumen de los elementos que componen la maqueta, donde el área permite conocer la superficie que en la realidad podría pintarse o tener cerámica, porcelanato o algún tipo de recubrimiento,

ya sea de pared o piso. Además, el volumen se relaciona con el espacio que ocupará la maqueta. De esta forma el estudiante debe demostrar su capacidad para descomponer a la maqueta en figuras geométricas sencillas y calcular el área o volumen total como la sumatoria del área o volumen de cada componente de su maqueta. En la figura 4, se presentan algunas maquetas, destacan figuras como rectángulos, trapecios, triángulos y polígonos regulares (ver Figura 4).

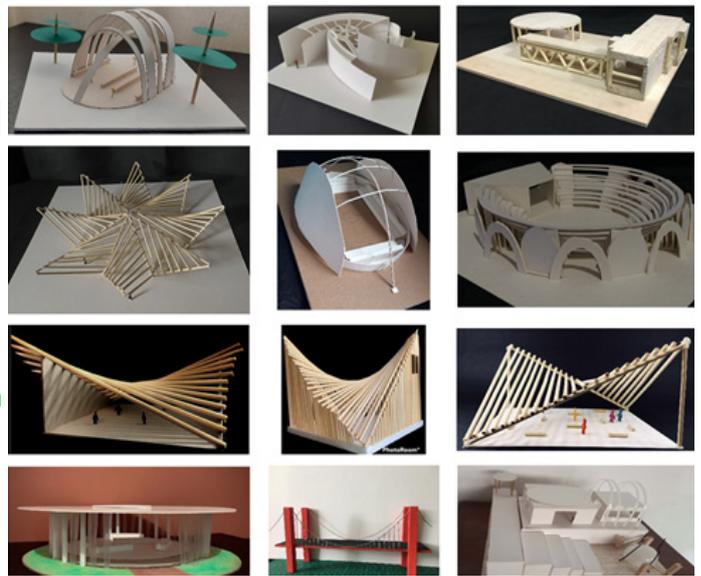
Al finalizar el semestre se realizó una presentación de los conceptos matemáticos expresados mediante maquetas, entre ellas se puede destacar la utilización de figuras

Figura 4.

Algunas maquetas desarrolladas por los estudiantes para ejemplificar el cálculo de áreas

**Figura 5.**

Ejemplos de algunas maquetas desarrolladas por los estudiantes para ejemplificar el aprendizaje de matemática



geométricas como circunferencia, parábolas, elipses y paraboloides hiperbólicos como se ilustra en la figura 5 (ver Figura 5).

En las presentaciones de los estudiantes se describieron los conceptos matemáticos utilizados, por ejemplo: elementos de los lugares geométricos, su generación y representación mediante expresiones matemáticas, cálculos de área y volúmenes, áreas de sombras a diferentes horas del día, determinación de materiales, además demostraron su habilidad para graficar funciones en GeoGebra, esto último sirvió para entender las figuras en 2D. En algunas presentaciones se hizo alusión a conceptos de resistencia, estabilidad y optimización de material.

De la encuesta realizada a los estudiantes, en la pregunta respecto al nivel de utilidad de cada actividad desarrollada en el curso se obtienen los resultados de la figura 6. La mayoría de estudiantes, alrededor de 60%, indican que las clases magistrales, exposiciones de los estudiantes y juegos en línea fueron muy útiles para su proceso de aprendizaje, sin embargo, un mayor número de estudiantes piensan que las maquetas tuvieron un notorio nivel de utilidad para las clases. Es importante observar que los mapas mentales y ensayos tienen un menor número de apoyo como actividades para las clases de matemática. Además, de los comentarios recopilados en la encuesta se indica como idea central lo práctico, visual y participativo de utilizar maquetas para vincular con las clases de matemática (ver Figura 6).

Por otra parte, 63% de los estudiantes piensa que la metodología utilizada, de vincular las maquetas, contribuyó «mucho» a su aprendizaje de la materia, un 25% indica que fue lo «suficiente» y un 13% contesta que contribuyó «en algo» a su aprendizaje.

Del grupo de estudiantes, un 75% es muy probable que recomiende el uso de maquetas como apoyo a las clases de Matemática y solo un 6% es poco probable que lo recomiende, estos resultados se presentan en la figura 7 (ver Figura 7).

Todos los estudiantes presentaron sus trabajos en exposiciones virtuales, estos fueron apoyados por las explicaciones del docente y un reporte escrito por parte del estudiante.

4. CONCLUSIONES

La enseñanza de matemáticas es un reto para profesores, indistintamente del nivel de instrucción. Este trabajo pretende poner de manifiesto y exponer la importancia de la maqueta como recurso didáctico para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de matemáticas en la carrera de Arquitectura.

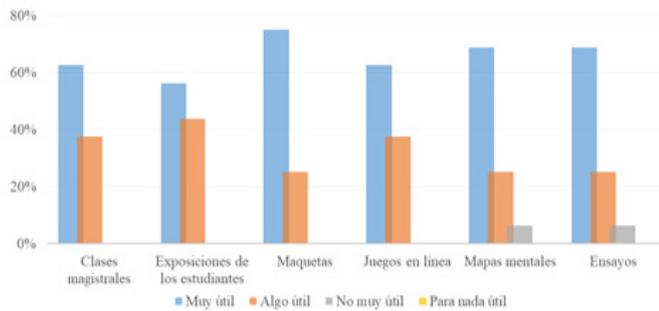
Se evidenció la motivación, participación e interés de los estudiantes por las matemáticas y sus aplicaciones mediante la elaboración de maquetas, inclusive en algunos casos las presentaciones citaron obras de arquitectos famosos como su fuente de inspiración.

Se percibió una actitud positiva por parte de los estudiantes ante esta estrategia de enseñanza de las matemáticas, se puede indicar que existe mayor predisposición a estas actividades con respecto a las «tradicionales».

Vincular las materias de la carrera de Arquitectura permite al estudiante entender su interrelación y el aporte de los contenidos desarrollados en las clases para su formación profesional.

Figura 6.

Respuesta sobre el nivel de utilidad de cada actividad en el curso



Las evaluaciones tradicionales mediante talleres, pruebas o exámenes escritos son importantes para conocer el nivel de aprendizaje que tienen los estudiantes, no obstante, en muchos casos los resultados «no satisfactorios» pueden ocasionar una disminución del interés en la materia y una probable afectación a la autoestima que genera frustración. Por lo contrario, al evaluar la investigación, elaboración de maqueta, presentación y documentación en un reporte se permite una valoración integral de las destrezas, habilidades y conocimientos del estudiante, que disminuye los efectos anteriormente descritos.

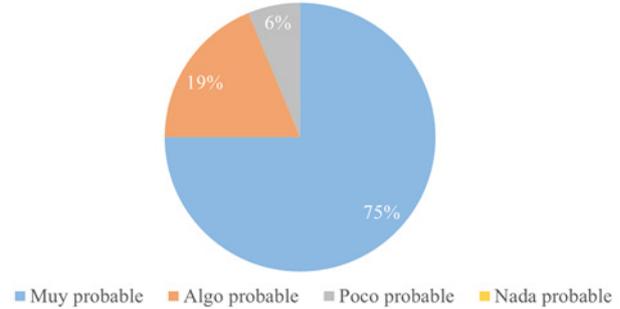
La actividad de la maqueta, al final del semestre, permitió hacer una revisión de todos los conceptos matemáticos impartidos en clases y con esta retroalimentación aclarar nuevas interrogantes sobre su aplicación directa a la materia.

La aplicación de la maqueta física se realizó con estudiantes de primer semestre de Arquitectura, se recomienda replicar la actividad con estudiantes de ciclos superiores y elaborar maquetas virtuales. Es probable que las maquetas virtuales permitan una mayor flexibilidad para la aplicación de fórmulas matemáticas y creación de diseños arquitectónicos.

Se recomienda fomentar la investigación educativa, con el propósito de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y generar estrategias innovadoras que permitan un aprendizaje significativo.

Figura 7.

Respuesta sobre el nivel de utilidad de cada actividad en el curso



REFERENCIAS

- [1] D. J. Mota Villegas and R. E. Valles Pereira, «El número áureo Como Elemento motivador hacia el estudio de las matemáticas», *INNOVA Research Journal*, vol. 5, n.º 2, pp. 157-173, 2020.
- [2] O. J. Padrón Martínez, «¿Qué dicen los docentes paraguayos en cuanto al afecto en el aprendizaje de la Matemática?: una mirada desde el Curso Ñanduti», *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, vol. 24, n.º 43, 2016.
- [3] F. Caballero Jiménez y J. G. Espínola Reyna, «El rechazo al aprendizaje de las matemáticas a causa de la violencia en el bachillerato tecnológico» *Ra Ximhai*, 2016, pp. 143-162.
- [4] R. Duval, «A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics», *Educational Studies in Mathematics*, vol. 61, n.º 1-2, 2006, pp. 103-131.
- [5] P. Salinas y J. A. Alanís, «Hacia un nuevo paradigma en la enseñanza del Cálculo dentro de una institución educativa» *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, vol. 12, n.º 3, 2009, pp. 355-382.
- [6] S. A. Hernández, W. R. Acosta y B. S. Marrón, «Funciones matemáticas a través del enfoque ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemática (CTIAM)», *Números: Revista de Didáctica de las Matemáticas*, n.º 108, 2021, pp. 161-177.
- [7] A. E. Merino, M. E. Cueva y C. A. Guachamín, «Superficies regladas en GeoGebra como vínculo entre la matemática y la arquitectura», 2020.
- [8] L. A. Morales y T. Guzmán, «El vídeo como recurso didáctico para reforzar el conocimiento», en *Memorias del Encuentro Internacional de Educación a Distancia*, 2014.
- [9] P. Marqués, «Los medios didácticos», Universidad Autónoma de Barcelona, 2005.
- [10] P. Morales, *Elaboración de material didáctico*, Tlalne-pantla, México: Red Tercer Milenio, 2012.

- [11] W. Knoll y M. Hechinger, *Maquetas de arquitectura: técnicas y construcción*, Barcelona: Gustavo Gili, 2001.
- [12] M. T. Pérez, J. I. Ferreiro, R. E. Pigem, R. Tomás, M.G. Serrano and M. C. Díaz, «Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería», en *XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Diseño e Innovación*, Barcelona, 2006.
- [13] C. E. Garelik, L. Pugni, M. V. Pistonesi, M. P. Martínez y E. Llorens, «Desafío pedagógico en la Universidad Nacional de Río Negro. La matemática aplicada vinculada a un objeto arquitectónico», en *3.ªs Jornadas sobre las Prácticas Docentes en la Universidad Pública. El proyecto político académico de la educación superior en el contexto nacional y regional*, 2020.
- [14] J. L. González, «Recursos, material didáctico y juegos y pasatiempos para Matemáticas en Infantil, Primaria y ESO: consideraciones generales», *Didáctica de las matemáticas*, Universidad de Málaga, 2010.
- [15] P. J. Navarrete, *Importancia de los materiales didácticos en el aprendizaje de las matemáticas*, Tesis de grado, Universidad de Jaén, 2017.
- [16] E. Aragón, C. C. Castro, B. A. Gómez y R. G. Placencia, «Objetos de aprendizaje como recursos didácticos para la enseñanza de matemáticas», *Apertura: Revista de Innovación Educativa*, vol. 1, n.º 1, pp. 100-111, 2009.
- [17] G. Vargas, «Recursos educativos didácticos en el proceso enseñanza aprendizaje», *Cuadernos Hospital de Clínicas*, vol. 58, n.º 1, 2017, pp. 68-74.
- [18] M. Cubalo, «Enseñar con tecnologías. La maqueta como herramienta con valor didáctico-disciplinar y los modos de aproximación al conocimiento en la enseñanza del proyecto arquitectónico», *Itinerarios Educativos*, n.º 8, 2016, pp. 77-97.
- [19] D. Burns, *Systemic action research: a strategy for whole system change*. Bristol: Policy Press, 2007.
- [20] H. Sánchez y C. Reyes, *Metodología y diseños en la investigación Científica*, Lima: Editorial Visión Universitaria, 2015.
- [21] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, *Metodología de la investigación*, México D. F: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2014.