

Aprendizaje de razonamiento lógico-espacial mediante el uso de puzles impresos en 3D

Training spatial and logic reasoning with 3D printed puzzles

Raquel González Pérez¹, Irene Sánchez-Ramos¹, Sergio Avila-Sanchez¹
raquel.gonzper@gmail.com, irene.sanchez@upm.es, s.avila@upm.es

¹Departamento de Aeronaves y Vehículos Espaciales
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

Resumen- El presente proyecto pretende mejorar la capacidad de visión espacial del alumnado mediante la visualización y manipulación de objetos tridimensionales impresos en 3D. La intervención se enfocó en estudiantes de primero de ingeniería debido a las dificultades de razonamiento abstracto y de visualización espacial que presentan. Durante el desarrollo del proyecto se creó un conjunto de piezas modulares, diseñadas específicamente para la intervención, que posteriormente se imprimieron en 3D. Con este proyecto se pretende que el alumnado conozca y comprenda el Método Lógico Geométrico como una estrategia que mejore su capacidad de razonar ordenadamente y de evaluar problemas geométricos, analizando su determinación y vías de solución. Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos mediante unas pruebas de evaluación, diseñados para el proyecto. Los resultados arrojaron una ligera mejora en la comprensión espacial de los estudiantes y en el aprendizaje del Método Lógico Geométrico.

Palabras clave: *Método Lógico Geométrico, geometría constructiva de sólidos, visión espacial, impresión 3D.*

Abstract- This project aims to improve student's ability for spatial vision through the visualization and manipulation of 3D-printed models. The intervention targets first year engineering students due to their difficulties with abstract reasoning and spatial visualization. Throughout the project, a set of modular pieces was created, specifically designed for the intervention, which were subsequently 3D printed. The goal is to familiarize students with the Geometric Logical Method as a strategy to enhance their ability to reason systematically and evaluate geometric problems, by analyzing their potential solutions. Finally, the results were analyzed using an evaluation test, designed for the project. These tests revealed a slight improvement in students' spatial comprehension and their learning of the geometric logical method.

Keywords: *Geometric Logical Method, constructive solid geometry, spatial vision, printed in 3D*

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de innovación educativa que se presenta se basa en el uso de juegos de piezas modulares (puzles) como herramienta para mejorar la visión espacial. Las piezas se han fabricado aprovechando la flexibilidad que proporciona la impresión 3D. Este proyecto está enfocado al alumnado de la asignatura de Expresión Gráfica que se imparte en el 1^{er} curso del Grado de Ingeniería Aeroespacial, de la Universidad Politécnica.

Actualmente, el alumnado que acoge la Universidad proviene de diferentes especialidades de Bachillerato. Autores como Hernández et al (2008) y Garmendia et al (2007) afirman que un gran porcentaje de los estudiantes que se matriculan en titulaciones de ingeniería en las universidades españolas no cursó previamente en bachillerato la asignatura Dibujo Técnico, por lo que muchos de los estudiantes tienen gran dificultad a la hora de realizar razonamientos lógico-geométricos. Además, autores como Oliiviella (2015) afirman que los estudiantes que llegan a bachillerato muestran carencias en su visión espacial y que estas carencias se mantienen hasta los grados universitarios.

Estos razonamientos lógico-geométricos se enmarcan dentro de la inteligencia viso-espacial en la teoría de las inteligencias múltiples. Gardner definió en 1983 la inteligencia viso-espacial como “la habilidad para percibir el mundo visual con precisión, para transformar y modificar lo percibido y para recrear experiencias visuales incluso en ausencia de estímulos físicos” (Gardner, 1998). Posteriormente diversos estudios, como Vergara et al. (2019) y Jarque-Bou et al. (2020), formularon que los modelos 3D mejoran la visión espacial de los estudiantes más que la delineación 2D.

El Método Lógico Geométrico es un sistema lógico de análisis de problemas geométricos. Permite razonar ordenadamente y evaluar un problema geométrico, analizando su determinación y vías de solución. Es un método fundamental para las materias STEAM que proporciona una sistemática de pensamiento base para resolver problemas. Por tanto, la asimilación del mismo por parte de los estudiantes es fundamental para la adquisición de competencias propias de titulaciones de ingeniería, así como para la resolución de problemas en distintos ámbitos de sus vidas.

Lo que se pretende con el presente proyecto es ayudar al alumnado a mejorar su visión espacial mediante la visualización y manipulación de objetos tridimensionales impresos en 3D. Para lograr ese objetivo se diseñó un conjunto de piezas modulares a modo de puzles, con diferentes niveles de dificultad, para ser fabricados en una impresora 3D. Dichas piezas se usaron con el alumnado durante una sesión de, aproximadamente, una hora.

Tras la implementación del proyecto se analizaron y evaluaron los resultados obtenidos. Para ello se diseñaron dos cuestionarios tipo test como herramientas de recogida de información. El primero se realizó al inicio de la sesión y el

segundo se realizó al final de la sesión, tras haber realizado las dinámicas con las piezas impresas en 3D.

Esta propuesta busca mejorar las deficiencias en la comprensión de problemas geométricos y razonamiento visual. Las estrategias que los estudiantes adquieran en este contexto no solo serán muy relevantes a la hora de mejorar los resultados académicos en las asignaturas de expresión gráfica, sino en el análisis e interpretación física de los conceptos de otras materias del ámbito de la ingeniería como pueden ser la física, la mecánica, la química, etc.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

A. Objetivos

Los objetivos principales que se pretenden alcanzar con la propuesta son:

- **Estimular** la capacidad de visualización espacial del alumnado, así como de comprensión del Método Lógico Geométrico.
- **Desarrollar** capacidades transversales, como el trabajo en equipos de forma activa.
- **Mejorar** la comprensión de problemas espaciales.

B. Contexto

El contexto educativo para el que se plantea el proyecto de innovación educativa es para el alumnado de 1º del Grado en Ingeniería Aeroespacial, en la Universidad Politécnica de Madrid. El proyecto se plantea para la asignatura de Expresión Gráfica y más en concreto, para el bloque de representación normalizada.

El perfil de alumnado, en base a cursos anteriores, es muy variado, y es por eso que se plantea el presente proyecto para lograr que la totalidad del alumnado consiga obtener las herramientas necesarias para poder razonar problemas geométricos y mejorar su visión espacial.

C. Fases del proyecto

La realización del presente proyecto de innovación educativa constó de las siguientes fases:

1. **Diseño:** En la primera fase se preparó la intervención, desarrollando los elementos necesarios (repositorio de objetos 3D) y la metodología que se implementó. Para ello se diseñaron las piezas con las que los alumnos interactuaron, así como los retos que se les plantearon a lo largo de la intervención.
2. **Desarrollo:** Los estudiantes participaron en el aula en las dinámicas de aprendizaje con el material diseñado en la fase anterior. La secuencialidad de la dificultad de los objetos permitió alcanzar las destrezas descritas de forma progresiva.
3. **Evaluación:** Durante y tras el desarrollo del proyecto se procedió a evaluar la intervención, analizando los resultados obtenidos. También se realizaron un test previo y otro final para analizar el resultado de la implantación del proyecto.

D. Diseño de las piezas

Para el proyecto se diseñaron una serie de piezas clasificadas en tres niveles de dificultad. Las piezas se diseñaron de manera que se pudieran construir a partir de diferentes descriptores. La finalidad es la visualización de las piezas por parte del alumnado como suma o resta de diferentes volúmenes y no como una única pieza en conjunto. Con este razonamiento lógico-geométrico se pretendía mejorar su visión espacial.

E. Impresión 3D

Para el desarrollo del proyecto se imprimieron en 3D cinco de las piezas diseñadas (Figura 1). Estas piezas se usaron en una serie de dinámicas durante la puesta en práctica del proyecto, para que los alumnos pudieran visualizarlas y manipularlas, con el fin de mejorar su visión espacial.

Las piezas no se imprimieron como un único volumen, sino como suma o resta de diferentes descriptores, de manera que finalmente se pudiera obtener la pieza propuesta. Se empleó un código de colores que permitiera distinguir las operaciones booleanas utilizadas con cada descriptor:

- Los descriptores de SUMA – de color blanco
- Los descriptores de RESTA – de color amarillo

Para lograr que una vez impresas las piezas estas pudieran mantenerse unidas de una manera sencilla y práctica, se modificó el diseño, creando unos pequeños orificios, en los que posteriormente, tras la impresión 3D, se introdujeron unos imanes. De este modo los descriptores de cada pieza se podían unir o separar y así se consiguió crear una herramienta más sencilla de manipular e intuitiva para el alumnado.



Figura 1. Ejemplo pieza impresa en 3D para el proyecto.

F. Recogida de información

Para poder evaluar la puesta en práctica del proyecto se diseñaron dos cuestionarios tipo test como elementos de recogida de información. El primer cuestionario se planteó para realizarlo al principio de la sesión práctica y el segundo al final.

Los cuestionarios consistían en varios ejercicios de vistas normalizadas, en las cuales había que identificar qué elementos eran necesarios incluir o eliminar para obtener representaciones coherentes. Cada cuestionario constaba de 3 preguntas sencillas (Figura 2), pensadas para poderlas realizar en menos de 10 minutos.

El primer ejercicio buscaba medir la capacidad de interpretación de la pieza mediante la identificación de líneas adicionales (sobrantes) de la representación. El segundo ejercicio era equivalente, pero el alumnado debía identificar qué líneas eran necesarias para completar las vistas de forma que fuesen coherentes. Por último, el tercer ejercicio estaba

enfocado hacia la visualización espacial de las piezas con respecto a su intersección con un plano concreto.

Corrige las vistas quitando la línea que sobra Corrige las vistas añadiendo las 2 líneas que faltan

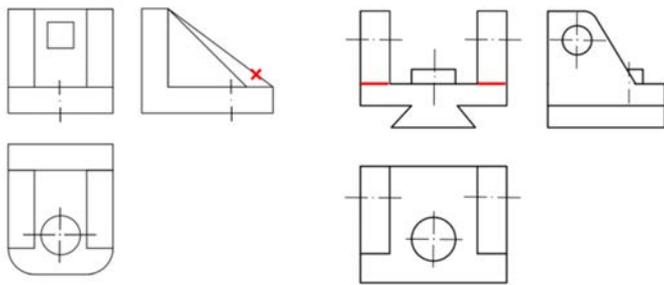


Figura 2. Ejercicios resueltos de los cuestionarios tipo test. La cruz roja indica la línea sobrante. Las líneas en rojo, las líneas adicionales para completar la representación.

Aunque el planteamiento inicial era que ambos cuestionarios fueran de dificultad similar, el cuestionario final tenía una dificultad ligeramente mayor que el inicial. Por lo que, a la hora de analizar resultados, este aspecto se ha tenido en consideración.

Con estas herramientas de recogida de información se analizó si el uso de elementos tridimensionales y la explicación del visionado de las piezas como operación de suma y/o resta de diferentes volúmenes puede ayudar al alumnado a mejorar sus capacidades lógico-espaciales.

G. Puesta en práctica

La puesta en práctica del proyecto en el aula se implementó con dos grupos, uno de 21 alumnos y el otro de 20. La sesión fue planeada para que tuviera una duración aproximada de 1 hora. En la que se realizaron las siguientes actividades:

- Breve presentación del proyecto
- Realización por el alumnado del Test inicial
- Explicación teórica de los conceptos lógico-geométricos y operaciones booleanas
- Ejercicios prácticos con los puzles 3D
- Realización por el alumnado del Test final

Con ayuda de una presentación se detalló el método lógico geométrico. Esta explicación se inició con una visión general de las diferentes operaciones booleanas y su representación (Figura 3).



Figura 3. Puesta en práctica del Proyecto.

Posteriormente, se detallaron las diferentes partes de cada pieza diseñada e impresa. A su vez, los alumnos realizaron las vistas de las piezas, utilizando la estrategia de operaciones de volúmenes explicada en la presentación (Figura 4), mientras manipulaban y visualizaban las piezas impresas en 3D.

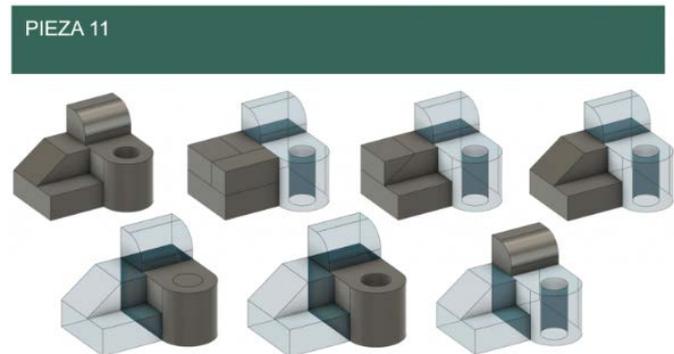


Figura 4. Detalle de algunas operaciones booleanas de una de las piezas, utilizada durante la dinámica.

3. RESULTADOS

A partir de la observación docente durante la implementación del proyecto y los resultados de los cuestionarios tipo test diseñados como recogida de información, se ha realizado un análisis de los resultados del proyecto de innovación propuesto. Estos cuestionarios consistían en varios ejercicios de vistas normalizadas, en las cuales había que identificar qué elementos eran necesarios incluir o eliminar para obtener representaciones coherentes. El primer ejercicio buscaba medir la capacidad interpretación de la pieza mediante la identificación de líneas adicionales (sobrantes) de la representación. El segundo ejercicio era equivalente, pero el alumnado debía identificar qué líneas eran necesarias para completar las vistas de forma que fuesen coherentes. Por último, el tercer ejercicio estaba enfocado hacia la visualización espacial de las piezas con respecto a su intersección con un plano concreto.

A. Calificación total Test inicial vs test final

En la Figura 5 se muestra una gráfica en la que se compara la calificación numérica de la prueba inicial y final, teniendo en cuenta que fueron evaluados de 0 a 3, siendo 0 ningún acierto y 3 la perfecta realización de los tres ejercicios del test.

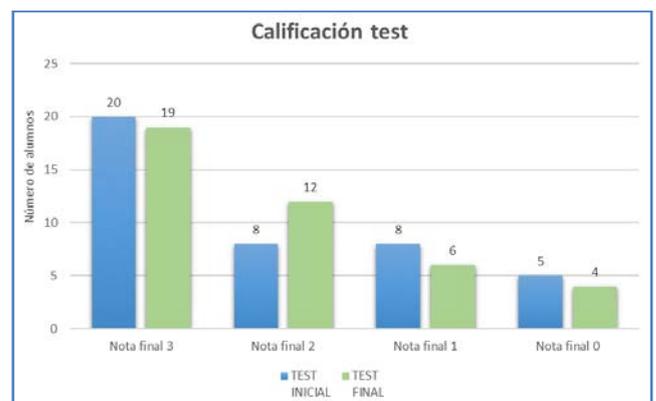


Figura 5. Comparación en la calificación del Test inicial y final.

Se puede constatar que inicialmente el alumnado ya tenía conocimientos previos sobre los contenidos que se desarrollan en el proyecto, ya que aproximadamente el 50 % de ellos obtuvo una calificación igual a 3.

Además, se observa que la mayor parte del alumnado comprendió los conceptos de una manera muy positiva y mejoró su conocimiento y su pensamiento visual-espacial y por ello obtuvieron igualmente muy buenas calificaciones en la prueba final, siendo esta de mayor nivel y complicación que la inicial.

B. Aciertos en cada ejercicio del Test inicial vs Test final

El gráfico de la Figura 6 compara el número de aciertos en cada ejercicio teniendo en cuenta el test inicial y el final. Esta comparación es útil para poder analizar qué conceptos han sido más comprendidos por el alumnado, ya que cada uno de los 3 ejercicios del cuestionario tienen relación con unos contenidos específicos.

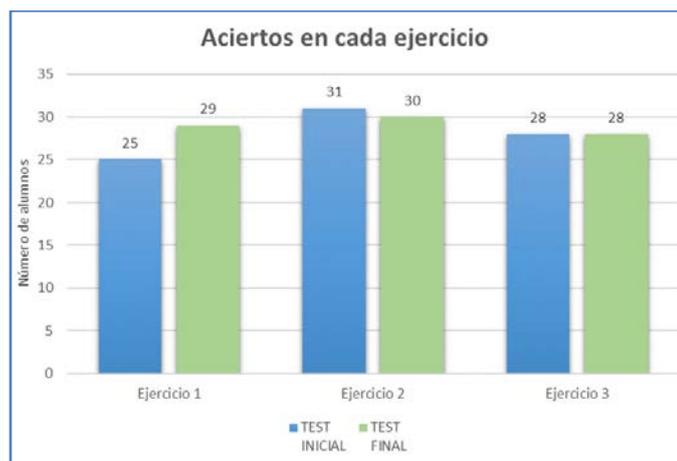


Figura 6. Comparación número de aciertos en cada ejercicio.

Mediante el gráfico anterior se puede observar que aproximadamente el 50% del alumnado tuvo dificultades en la resolución del primer ejercicio del Test inicial, pero tras la implementación del proyecto, al final de la sesión esta cifra mejoró, siendo solo un 25% del alumnado el que no pudo superar este ejercicio.

Con respecto a los ejercicios 2 y 3, en ambos se obtuvieron cifras parecidas comparando los test inicial y final, pero teniendo en cuenta la mayor dificultad del test final, se puede concluir que hubo una mejora en el aprendizaje de los contenidos.

4. CONCLUSIONES

El presente proyecto tenía como objetivo ayudar al alumnado a mejorar su pensamiento lógico mediante la realización de una serie de dinámicas con elementos tridimensionales impresos en 3D. Mediante el desarrollo e implementación de todo el proyecto, se han logrado alcanzar los objetivos establecidos al inicio, además de que se han cumplido las metas que iban surgiendo y se ha logrado realizar las tareas y actividades planificadas de manera exitosa.

Tras la puesta en práctica del proyecto, se puede concluir que este ha tenido una buena acogida y ha generado un impacto positivo en el alumnado. Además, en base a los resultados obtenidos mediante las herramientas de recogida de información diseñadas para el proyecto, se ha llegado a la conclusión de que se han logrado mejoras significativas en el razonamiento espacial del alumnado.

Por último, cabe destacar que a lo largo del proyecto se han identificado líneas de mejora que podrían ser útiles para futuras intervenciones. La principal mejora que debería aplicarse sería recalibrar los test creados para poder analizar los resultados del proyecto. Sería conveniente que ambos test fueran de dificultad similar para poder analizar los resultados de una manera más crítica. Además, es importante tener en cuenta que este tipo de herramientas deben ser lo menos ambiguas posibles para así facilitar el proceso de aprendizaje al alumnado.

A pesar de estas posibles mejoras, tras la puesta en práctica del proyecto podemos concluir que la experiencia ha sido exitosa y ha generado resultados positivos. Se han cumplido los objetivos planteados y se han identificado lecciones y recomendaciones para futuros proyectos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el contexto del Proyecto de Innovación Educativa IE23.1404, financiado por la "Convocatoria de Proyectos de innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza 2022-23", Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

REFERENCIAS

- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books. (Traducción castellana de la segunda edición: *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica, 1993).
- Garmendia, M.; Guisasola, J. & Sierra, E. (2007). First-year engineering students' difficulties in visualization and drawing tasks. *European Journal of Engineering Education*, 32 (3), 315-323.
- Hernández, J.M.; García, M.J.; Caballero, B.M.; Garitaonandia, I.; Albizuri, J.; Fernandes, M.H.; Eguía, M.I.; Aranguiz, I. & Larrauri, M. (2008). Influencia de las materias cursadas en Bachillerato en el rendimiento del alumnado y en la duración de sus estudios universitarios. *Proceedings: XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (XVI CUIEET)*, Cádiz, Spain.
- Jarque-Bou, N., Roda-Sales, A., Plumed, R., & Gracia-Ibáñez, V. (2020). Estudio comparativo de metodologías de dibujo técnico para entrenar la visión espacial. *24th International Congress on Project Management and Engineering*.
- Olivella, C. F. (2015). *Desarrollo de la capacidad espacial en el alumnado de Dibujo Técnico I a través de la Realidad Aumentada*. [Tesis de maestría, Universidad Internacional de La Rioja].
- Vergara Rodríguez, D., Rubio Cavero, M. P. & Lorenzo, M. (2019). On the Use of PDF-3D to Overcome Spatial Visualization Difficulties Linked with Ternary Phase Diagrams. *Education Sciences*, 9 (2), 67.