

Una intervención de sentido espacial con Tinkercad en futuros maestros

An intervention of spatial sense with Tinkercad in future teachers

María Rosa Nortes Martínez-Artero
Universidad de Murcia. Murcia, España
mrosa.nortes@um.es

José Antonio Rabadán Rubio
Universidad de Murcia. Murcia, España
jrabadan@um.es

Resumen

Se presenta una intervención de aula de cinco sesiones para la enseñanza y aplicación del software de diseño 3D Tinkercad con alumnos de segundo curso del Grado de Educación Primaria. Estos alumnos no conocen la herramienta, ni ninguna similar, y no han trabajado contenidos de Geometría desde su formación obligatoria. Para conocer el impacto de esta propuesta se realiza a los participantes un pretest y un postest mediante las pruebas de Aptitud Espacial de los Test de Inteligencia EFAI y BAT7, así como una encuesta inicial para conocer su satisfacción de la intervención y propuestas de mejora. Los resultados en aptitud espacial han mejorado, reduciéndose el porcentaje de alumnos de eneatispo bajo y aumentando el de eneatispo alto, disminuyendo ligeramente el de eneatispo medio, y se mantienen en el mismo eneatispo el 22,5 % de los participantes, el 60 % suben y el 17,5 % bajan. Las encuestas de satisfacción y mejora plantean nuevas vías de trabajo para el futuro y reafirman en el interés y las posibilidades de uso de este recurso.

Palabras clave: formación inicial de maestros, sentido espacial, Tinkercad, propuesta de aula.

Abstract

A five-session classroom intervention is presented for the teaching and application of Tinkercad 3D design software with second-year students of the Primary Education Degree. These students do not know the tool or any similar one, and they have not worked on Geometry content since their compulsory education. To find out the impact of this proposal, a pre-test and a post-test are carried out on the participants through the Spatial Aptitude tests of the EFAI and BAT7 Intelligence Tests, as well as an initial survey to find out their satisfaction with the intervention and proposals for improvement. The results in spatial aptitude have improved, reducing the percentage of students with low enneatype and increasing that of high enneatype, slightly decreasing that of medium enneatype, and 22.5 % of the participants remain in the same enneatype, 60 % go up and 17.5 % drop. Satisfaction and improvement surveys suggest new ways of working for the future and reaffirm the interest and possibilities of using this resource.

Keywords: initial teacher training, spatial sense, Tinkercad, classroom proposal.

1. Introducción

El sentido espacial se define como “la competencia de un sujeto para registrar y representar formas y figuras, reconocer sus propiedades, identificar relaciones entre ellas, ubicarlas y describir sus movimientos” (Flores et al., 2015, p. 129). Y se organiza en dos componentes: 1) el manejo de conceptos geométricos y 2) la visualización. El primero se basa en: a) analizar las propiedades de las figuras y los cuerpos geométricos, b) reconocer

y establecer relaciones geométricas y razonar sobre ellas, c) aplicar transformaciones geométricas y d) orientación espacial. Mientras que la visualización va referida a las habilidades y destrezas para identificar los elementos en el espacio (Ruíz-Hidalgo y Flores, 2022).

“La visualización en el aprendizaje de las matemáticas no solo es contemplada como una propuesta ilustrativa sino que está siendo reconocida como una componente clave del razonamiento, la resolución de problemas y la demostración” (Fernández-Blanco, 2013, p. 36).

Inteligencia, según la RAE (2022) es capacidad de entender o comprender, capacidad de resolver problemas y habilidad, destreza y experiencia. La inteligencia viso-espacial está dentro de las inteligencias definidas por Gardner (1983), conocido por su teoría de las inteligencias múltiples que definió la inteligencia como la capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos en una o más culturas. Junto a la inteligencia viso-espacial estableció la lingüística, la lógico-matemática, la corporal-cinestésica, la musical, la interpersonal, la intrapersonal y la naturalista.

Siguiendo la teoría de inteligencias múltiples, inteligencia espacial es la capacidad para solucionar problemas que exigen desplazamiento y orientación en el espacio, permitiendo crear modelos del entorno viso-espacial y efectuar transformaciones a partir de él y la inteligencia lógico-matemática es la capacidad relacionada con el razonamiento abstracto, la computación numérica, la derivación de evidencias y la resolución de problemas lógicos (Ferrándiz et al., 2006).

Se ha estudiado desde diferentes perspectivas la modificación intencional de la inteligencia y un importante número de trabajos avalan esta orientación (Whimbey y Shaw, 1976; Feuerstein, 1980; Yela, 1983; Pinillos, 1981; Sternberg y Detterman, 1982; Mayor, 1985). Ésta es definida sobre todo por las teorías del procesamiento de la información y, como ejemplo, nos encontramos la teoría de los parámetros modales de Detterman (1982), la teoría de los procesos de Hunt (1973), la teoría triárquica de Sternberg (1984) y la teoría del interaccionismo social de Feuerstein (1980). También se nos presentan como líneas de profundización en la modificabilidad intelectual las teorías de las ideas de Hebb (1949), inteligencia genotípica y fenotípica de Vernon (1969) que además habla de conductas inteligentes aprendidas; de Cattell (1971) que divide la inteligencia en fluida y cristalizada; de Vigotsky (1934) que define la zona de desarrollo potencial en un marco socio-histórico, donde el aprendizaje acelera el desarrollo.

Del Cerro y Morales (2017) dan cuatro razones para incidir en el estudio y mejora de la inteligencia espacial en los estudiantes de educación secundaria, -que pueden extenderse a los estudiantes para maestro-: 1) la inteligencia espacial es una inteligencia clave dentro de las inteligencias múltiples de Gardner (1983), 2) la habilidad espacial es una parte fundamental del pensamiento verbal, 3) el pensamiento espacial ayuda a la hora de realizar, extender o relacionar mapas mentales, esquemas gráficos o croquis utilizando habilidades basadas en la inteligencia lógico-matemática y espacial y 4) juega un papel fundamental en los programas educativos vinculados a ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Estos mismos autores, Del Cerro y Morales (2021a), aplican la Realidad Aumentada para trabajar conceptos relacionados con las funciones matemáticas en alumnos de 4.º de Educación Secundaria Obligatoria a través de Geogebra AR.

Como refleja Feuerstein (1980) se fue considerando la inteligencia como una macro capacidad, como un conjunto de capacidades que, a su vez, son un conjunto de destrezas y éstas, a su vez, un conjunto de habilidades. Al modificar habilidades, destrezas y capacidades se modifica la inteligencia.

En la enseñanza obligatoria se pueden crear una serie de habilidades, destrezas y capacidades en los niños que les ayuden en el resto de su vida y una de ellas es la visualización espacial. El sentido espacial “está constituido por la identificación, representación y clasificación de formas, el descubrimiento de sus propiedades y relaciones, la descripción de sus movimientos y el razonamiento con ellas” (RD 157/2022, p. 24486). En el desarrollo de los contenidos correspondientes al tercer ciclo (5.º y 6.º de Primaria) se menciona un apartado denominado “Visualización, razonamiento y modelización geométrica” que, entre otras cosas, establece modelos geométricos en la resolución de problemas relacionados con los otros sentidos y elaboración de conjeturas sobre propiedades geométricas utilizando instrumentos de dibujo y programas de geometría dinámica (RD 157/2022).

El sentido espacial además de los conceptos tradicionales de la Geometría, supone el manejo de habilidades que implican “rotar, girar, trasladar, transformar, describir o caracterizar objetos o figuras, y las imágenes que nos creemos para representar los conceptos geométricos” (Monge, 2021, p. 10)

El National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2003) al expresar los principios y estándares para la educación matemática indica que los programas de enseñanza de todas las etapas deberían capacitar a todos los estudiantes, entre otras, a: aplicar transformaciones, usar simetría para analizar situaciones matemáticas y utilizar las visualizaciones, el razonamiento matemático y la modelización geométrica para resolver problemas.

Cruz y Ramírez (2018) estudian las componentes del sentido espacial en un test de capacidad espacial. Este trabajo se enmarca en una investigación previa realizada a 331 estudiantes de 2.º, 3.º y 4.º de Educación Secundaria para analizar cómo influye el género en el talento matemático y la capacidad espacial. En dicho estudio se utiliza la prueba de Aptitudes Mentales Primarias (PMA) de Thurstone y Thurstone (1976) que evalúa cinco de siete aptitudes: comprensión verbal, comprensión espacial, razonamiento general, comprensión numérica y fluidez verbal. El test lo forman 20 ítems, y en cada uno se presenta un modelo geométrico plano acompañado de seis figuras similares en distintas posiciones. A partir del ítem 10, va aumentando la frecuencia de los estudiantes que no responden, lo que puede estar ocasionado por la limitación de tiempo asignado para el desarrollo del test (5 minutos).

Roura y Ramírez (2021) se plantean la siguiente pregunta: ¿el nivel de visualización de los futuros maestros está relacionado con el rendimiento al resolver una tarea de sentido espacial? Para comprobarlo eligen 54 estudiantes de 2.º de Grado de Educación Primaria (GEP) de un centro de la universidad de Granada a los que les pasan el test PMA de Aptitudes Mentales Primarias y después les proponen construir todas las piezas que puedan obtener al unir cuatro cuadrados (tetraminó), identificando las que pueden obtenerse a partir de otras mediante movimientos en el plano. El test tiene una puntuación máxima de 54 puntos que dividen los autores en tres tramos iguales: visualización baja

(menor o igual a 18) el 33,34 %, media (19 a 34) el 57,40 % y alta (más de 34) el 9,26 %. En cuanto a la tarea: el 22,22 % construye os 5 tetraminós e identifica todos los movimientos, el 62,97 % construye los 5 tetraminós sin identificar todos los movimientos y el 14,81 % no construye los 5 tetraminós. Teniendo en cuenta el test y la tarea: construye y no identifica (visualización media) el 38,89 %, seguido de no construye y no identifica (visualización baja) el 20,37 %. Como resumen “la visualización puede influenciar la resolución de tareas que involucren sentido espacial, pues los estudiantes con visualización baja o media cometen errores al resolverlas” (p. 543)

Gonzato (2013) en su tesis doctoral evalúa el conocimiento de futuros maestros para la enseñanza de la visualización espacial haciéndose la pregunta: ¿los futuros maestros, después de estudiar el tema “Geometría para maestros”, presentan dificultades para resolver tareas sobre visualización de objetos tridimensionales que involucran tanto conocimiento común como ampliado? La respuesta que obtiene es que el 40 % de los alumnos no contesta de forma óptima a las tareas formales de los libros de texto de primaria.

Fernández-Blanco et al. (2018) presentan los tipos de objetos y procesos puestos en juego por un sujeto ideal en la resolución de una tarea de visualización relacionada con las simetrías en el plano. La metodología de la investigación tiene un componente cualitativo y otro cuantitativo, mostrando los resultados que los futuros maestros que participan en el estudio tienen dificultades en la aplicación de habilidades de visualización para descomponer y recomponer figuras, y en el reconocimiento de la simetría como movimiento en contextos no habituales.

Por otra parte, la nueva legislación educativa LOMLOE, indica expresamente que los maestros deberán formar a sus alumnos en competencia digital y competencia STEM. El RD 157/2022 que establece las enseñanzas mínimas en Educación Primaria incluye las competencias y entre ellas, cita: Competencia digital, que implica el uso de las tecnologías digitales para el aprendizaje y Competencia matemática y Competencia en Ciencia, Tecnología e Ingeniería (STEM) que entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, la tecnología, los métodos de la ingeniería y el pensamiento y representación matemáticos. También incluye como hacer que los niños desarrollen el sentido visual.

Una de las herramientas tecnológicas para este cambio en la enseñanza-aprendizaje de la visualización en educación primaria es el software Tinkercad y las impresoras 3D. Tinkercad es un entorno de diseño online, gratuito, con el que, tras una breve sesión de introducción, los alumnos pueden realizar sus propias creaciones y las impresoras 3D son máquinas que construyen automáticamente un objeto tridimensional a partir de un fichero electrónico (Beltrán-Pellicer y Rodríguez, 2017). El trabajo en las asignaturas de matemáticas con las impresoras 3D desarrolla las destrezas de visualización espacial del alumnado, facilitando el salto de un concepto virtual a un concepto material. Los estudiantes pueden diseñar sus propias figuras geométricas e imprimirlas, aprendiendo las formas y volúmenes.

Tinkercad tiene una parte de simulación de sensores y componentes electrónicos y programación con Arduino, pero a estos trabajos no haremos referencia puesto que la presente investigación se centra en la parte de modelado 3D. Con esta herramienta no son

muchas las propuestas de trabajo que encontramos y mucho menos en futuros maestros. Algunas como la de Montes de Oca (2021) se realizan con alumnos de Secundaria y ni siquiera se centra en la materia de Matemáticas, sino que lo hace en la asignatura de Educación, Plástica visual y Audiovisual. Otras como la de Fernández-Blanco y Fernández-López (2021) presentan propuestas de aula para alumnos de Primaria, pero tampoco para trabajar específicamente matemáticas, ya que es sobre el Camino de Santiago. Algunos como Zichar (2022) trabajan el modelado 3D con alumnos de Licenciatura en Informática.

Más próximos al foco de interés de la presente investigación son los trabajos de Bauza (2021) con maestros en activo que desarrolla una propuesta formativa para enseñar e imprimir recursos didácticos en formato 3D con herramientas digitales y de Eryilmaz y Déniz (2021) que desarrollan una propuesta formativa sobre el efecto del uso del Tinkercad en la educación en programación informática en las habilidades y percepciones del pensamiento computacional de alumnos de Secundaria.

Beltrán-Pellicer y Muñoz-Escolano (2021) describen una experiencia con 22 estudiantes del Máster de formación del profesorado en la especialidad de Matemáticas, siendo la tarea propuesta el modelado de un dado. Utilizan el programa BlocksCAD, que está dentro del entorno CAD al que pertenece Tinkercad, en una sesión de 3 horas y por grupos. Los alumnos encontraron dificultades con el empleo de la herramienta y otras relacionadas con la tarea matemática involucrada. La experiencia formativa conjuga conocimientos y competencias matemáticas con conocimientos y competencias tecnológicas y con la competencia docente de diseño de tareas.

Otros estudios son los de Quiroz y Elizarrarass (2021) que enseñaron Robótica Educativa en tiempos de la pandemia a alumnos de la Escuela Normal Superior de México utilizando Tinkercad para desarrollar habilidades manipulando componentes electrónicos o el de González (2020) con alumnos de 3.º y 4.º de la ESO sobre Geometría tridimensional, o el de Moreno (2016) sobre intervención educativa con alumnos de 5.º y 6.º de Educación Primaria, dan a entender que el uso de Tinkercad y la impresión 3D se puede llevar a cabo en todos los niveles de la enseñanza de las matemáticas.

Los estudios anteriores son actividades puntuales realizadas con los alumnos porque los libros de texto y los apuntes tienen un papel predominante en la enseñanza. Sin embargo, se están empleando nuevas herramientas TIC para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Del Cerro y Morales, 2017). Pese a que los alumnos de Primaria han experimentado un desarrollo tecnológico en su día a día “no se ve reflejado en la metodología tradicional que se sigue empleando mayoritariamente en las aulas de primaria, principalmente por falta de formación docente en el uso de nuevas tecnologías” (Codina et al., 2022, p. 14), siendo necesario introducir en las aulas actividades participativas en donde el rol del profesor pase a ser el de orientador y en donde los alumnos tomen un papel más activo con un fin concreto que dé como resultado un producto (Vega-Moreno et al., 2016), complementando así las metodologías basadas en la transmisión de conocimientos con estas otras que llevan a los estudiantes a construir un aprendizaje significativo y duradero (Mateos, 2021).

En los estudios revisados no se encuentran trabajos que propongan una formación de futuros maestros en la herramienta digital Tinkercad, de uso cada vez más frecuente en

talleres extraescolares o entornos domésticos. Del Cerro y Morales (2021b), en la revisión sistemática que realizan no citan ninguna referencia con esta temática. Parece, por tanto, interesante presentarla a maestros en formación por su simplicidad, su potencial educativo y lúdico, y lo que puede aportar al trabajo de isometrías, contenido que les genera dificultades. Por ello, se ha desarrollado una propuesta de aula basada en su uso que puede contribuir en ambos aspectos: al desarrollo del sentido espacial y al uso de software para la enseñanza de la Geometría.

Tras la revisión efectuada, las preguntas que se plantean en esta investigación son:

- ¿Qué herramientas tecnológicas para el aprendizaje de la Geometría conocen los alumnos de un grupo de segundo curso del Grado de Educación Primaria? ¿Conocen la herramienta Tinkercad?
- ¿Qué nivel de Aptitud Espacial tienen estos alumnos? ¿Puede contribuir esta intervención de aula con Tinkercad a mejorarla?

2. Método

Diseño

Los alumnos, a lo largo de 3 meses, realizan un pretest y un postest de capacidad espacial, así como una intervención (que más adelante se detalla) en la que trabajan con el software de diseño 3D Tinkercad. Previamente, mediante una encuesta sobre herramientas tecnológicas para la Geometría, se confirma que ninguno de ellos conoce Tinkercad. La intervención se aplica tal y como ha sido diseñada, no se modifica ni se readapta, pero se recogen las opiniones y sugerencias de mejora de los alumnos al final del proceso.

Participantes

Son 52 alumnos de segundo del Grado de Educación Primaria que cursan la asignatura Matemáticas y su Didáctica I en la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia en el curso 21/22. Esta asignatura anual, supone el primer contacto con las Matemáticas para la mayoría de ellos desde la Educación Secundaria Obligatoria. Además, en el momento del inicio de la intervención los alumnos aún no han trabajado los contenidos de Geometría de la materia. Estos contenidos se desarrollan de forma paralela a la intervención diseñada. De los 52 alumnos que realizan las sesiones de trabajo, solo 40 realizan tanto el pretest como el postest.

Instrumentos

Los instrumentos empleados son:

1. Breve encuesta sobre uso de herramientas digitales de Geometría en etapas educativas anteriores. Son 10 cuestiones breves centradas en su formación académica formal (en Primaria y Secundaria) y no formal.
2. Pretest: Evaluación Factorial de las Aptitudes Intelectuales (EFAI). Evalúa la capacidad intelectual del sujeto y su agilidad para ponerla en práctica. Permite evaluar las principales áreas de razonamiento y aptitud intelectual de una persona: aptitud espacial, aptitud numérica, razonamiento abstracto, razonamiento verbal y memoria. Se aplica el

subtest Aptitud Espacial Nivel 4 que consta de 22 preguntas en un tiempo de 7 minutos. Son preguntas en las que se da una forma plana con un hueco y 4 piezas de las que hay que decidir cuál de ellas rellenaría ese hueco.

3. Postest: Batería de Aptitudes de TEA (BAT7). Prueba para la evaluación de las aptitudes que han demostrado ser más relevantes en los ámbitos escolar y profesional. Se aplica el subtest de Aptitud Espacial, que evalúa la habilidad para visualizar, recordar y transformar mentalmente imágenes visuales de dos y tres dimensiones. Consta de 28 preguntas y un tiempo de 15 minutos. Son preguntas en las que se da un hexaedro con distintos dibujos en todas sus caras y un desarrollo plano del mismo, pero con solo algunas caras dibujadas. Se pregunta cuál de las cuatro opciones de respuestas podría ser una cara concreta de ese cubo.

4. Breve encuesta de percepción de logros y satisfacción. Se completa con entrevistas personales a algunos sujetos. Consta de siete preguntas breves sobre satisfacción de la intervención realizada, puntos fuertes y débiles y propuestas de mejora.

Se han escogido las pruebas EFAI y BAT7 porque la primera evalúa la aptitud espacial ofreciendo una visión global de su capacidad para resolver ágilmente problemas y la segunda mide la capacidad del sujeto para representar figuras mentalmente, retenerlas en la memoria de trabajo, manipularlas e integrarlas posteriormente con la información disponible. Son de características similares, ambas miden la subescala de capacidad espacial en test de inteligencia, se aplican y corrigen de forma similar, por lo que se considera que, no siendo iguales, miden el mismo aspecto.

Procedimiento

Los instrumentos 1 y 2, se aplican en una sesión previa a la intervención. Posteriormente, se forma a los participantes en el uso de 3D Tinkercad y se les pide una aplicación de los conocimientos adquiridos consistente en el diseño de una tesela tipo Escher y su uso en un mosaico.

Tinkercad es un programa de modelado 3D gratuito, diseñado por la compañía Autodesk. Sirve para crear modelos tridimensionales que, posteriormente, se pueden exportar a formatos para imprimir en impresoras 3D (por ejemplo, STL). Es un programa muy interesante para trabajar en Educación Primaria por su sencillo manejo, tiene pocos comandos (en ocasiones demasiado pocos) y permite trabajar sumando o restando geometrías básicas como poliedros, prismas, cuerpos redondos, articulaciones, letras/números, etc. Esto se hace mediante comandos como trasladar, rotar, hacer simetrías, duplicar, agrupar o alinear, todo ello en un entorno tridimensional. Resulta una herramienta muy interesante para trabajar el sentido espacial, la orientación, las isometrías o la descomposición de figuras complejas en otras más sencillas y viceversa.

Se realizan 5 sesiones (quincenales, una hora de duración cada una) de formación guiada y un trabajo final, con el siguiente desarrollo:

- Sesión 1 (actividad individual): explicación del funcionamiento de una impresora 3D, presentación de Tinkercad y el entorno de trabajo. Práctica guiada paso a paso de creación de llaveros con su nombre. El único paso libre es añadir una argolla que cumpla los requisitos de ser funcional y estética.

- Sesión 2 (actividad individual): creación, paso a paso guiado, de la tesela Nazarí “Hueso”. Previamente se ve en clase teórica cómo se genera a partir de un cuadrado. Los alumnos deben pensar y calcular las dimensiones y los desplazamientos, especialmente en qué orden los van a realizar.
- Sesión 3 (actividad individual): creación, de modo libre, de la tesela Nazarí “Avión”. Similar a la sesión anterior pero menos guiada.
- Sesión 4 y 5 (actividad de creación libre): Requisitos tener dos planos de simetría y ser algo reconocible. La sesión 4 es de creación (individual) y la 5 de discusión (gran grupo).
- Trabajo final (actividad en grupos de 4 personas). Diseño de tesela tipo Escher. Creación en Tinkercad, hacer un paso a paso con instrucciones detalladas, dimensiones y capturas de pantalla. Entrega en formato STL (para impresora 3D) de la tesela diseñada. Para este trabajo se dispone de tutorías grupales. Los alumnos entregan un mosaico con la tesela creada con elección libre de materiales.

Se da a los alumnos un feedback en cada una de las sesiones, los llaveros bien diseñados se imprimen y entregan a sus autores, las creaciones libres se muestran y discuten en gran grupo, el trabajo final es impreso y evaluado en el apartado de Prácticas de la asignatura.

Pasado el plazo de entrega de trabajos, se realiza el posttest y la encuesta de satisfacción

Análisis de resultados

Se emplea el software SPSS v.17 en todas las pruebas excepto en las entrevistas personales, de las que se hacen transcripciones de las respuestas más relevantes.

3. Resultados

Participación y logros en las sesiones presenciales

Sesión 1: todos los participantes realizan la actividad, pero solo 5 alumnos hacen llaveros imprimibles, la mayoría de fallos se deben a poner argollas de dimensiones imposibles o no respetar las instrucciones de algún paso (especialmente las dimensiones de las letras). Se presentan en las Figuras 1 y 2.

Figura 1

Diseños correctos

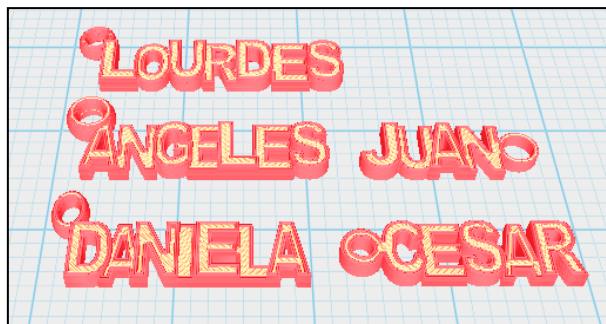
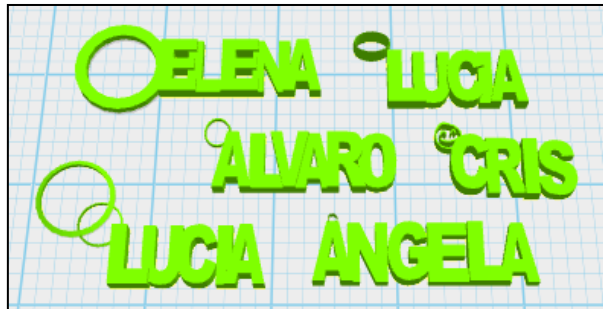


Figura 2

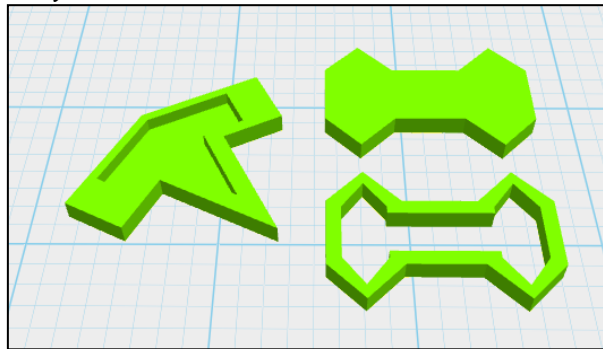
Diseños con errores



Sesiones 2 y 3: los problemas son resueltos en clase y todos los alumnos entregan los diseños terminados. En la Figura 3 se presentan algunas teselas básicas y otras mejoradas estéticamente.

Figura 3

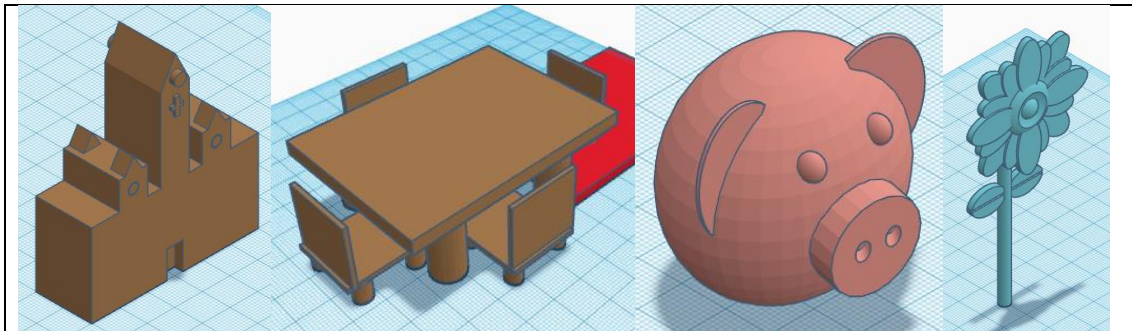
Diseños tesela "Avión" y tesela "Hueso"



Sesiones 4 y 5: todos los participantes entregan un diseño, pero resulta especialmente interesante la discusión (sesión 5) sobre fallos en las simetrías o el número de planos de simetría en algunos diseños. En la Figura 4 se muestran algunos diseños que cumplen los requisitos (edificio y mesa) y otros que no (cerdo y flor).

Figura 4

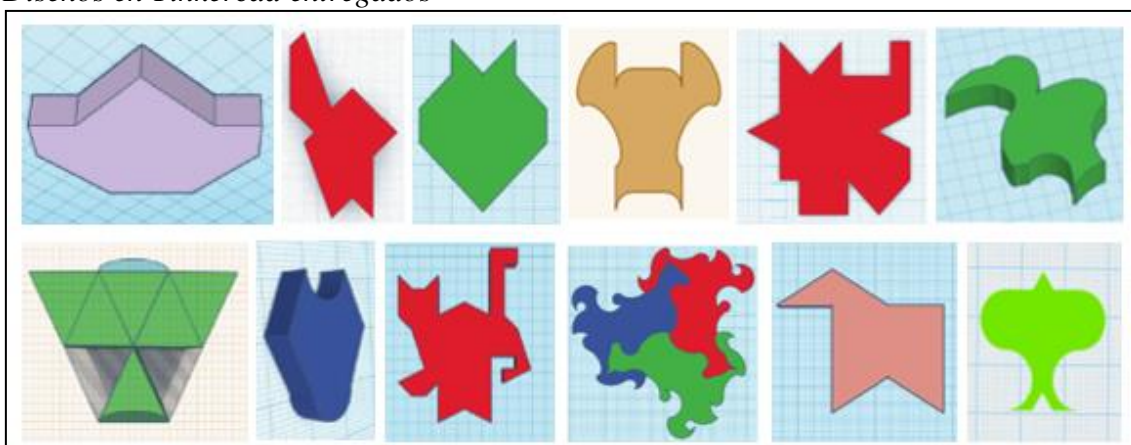
Diseños sesión 4



Trabajo final: se entregan 12 diseños, cuyos resultados se pueden apreciar en la Figura 5. En ocho de ellos el paso a paso está perfectamente definido, dos tiene pequeñas lagunas que se podían resolver de forma intuitiva, uno resulta difícil de seguir porque faltaba mucha información (centros de giro, grados, dimensiones...) y otro presenta el diseño final pero no el paso a paso. Sin entrar en valoraciones estéticas o de originalidad, se puede decir que todos los grupos explican adecuadamente las isometrías que ha sufrido el polígono de partida para dar lugar a la tesela final y todos entregan su archivo STL imprimible excepto el diseño del avión (primer diseño de la segunda fila de la Figura 5) en el que la cola no salía unida al cuerpo del avión. Hay trabajos muy básicos pero que cumplen los requisitos, y otros realmente elaborados y muy bien explicados como el dragón (cuarta imagen de la segunda fila).

Figura 5

Diseños en Tinkercad entregados



Encuesta inicial

Los resultados más destacados son:

- El 100 % afirma no conocer Tinkercad.
- El 22,22 % afirman haber usado alguna herramienta digital para trabajar contenidos de Geometría en Educación Primaria, entre ellos Geogebra, Kahoot, videos o juegos de Geometría.
- En Educación Secundaria este porcentaje sube al 48,89 %, siendo mayoritaria la respuesta Geogebra. Otras son Kahoot, Genially, videos, skeptcha o “programas de Geometría”.
- El software/aplicación más conocido es Geogebra. El 28,89 % afirma haberlo usado en Educación Primaria o Educación Secundaria.
- El 51,22 % no ha usado ningún software/aplicación de Geometría en Educación Primaria, Educación Secundaria o enseñanzas no formales.
- Preguntados si usarían herramientas digitales para trabajar Geometría con sus futuros alumnos, la mayoría dicen que sí. Los demás lo justifican por causas como desconocimiento, necesidad de formación o falta de confianza con herramientas tecnológicas. Llama la atención que la mayoría no lo harían porque creen que la Geometría en Educación Primaria se debe trabajar con materiales manipulativos más que con TIC, cerrándose a la posibilidad de usar este tipo de recursos.

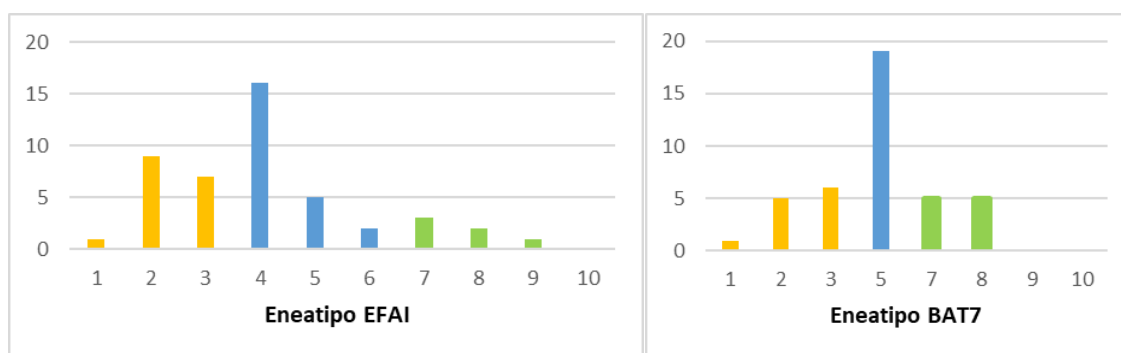
- Al preguntarles qué dificultades prevén en el uso de estas herramientas como docentes muchos dicen que la falta de recursos, de tiempo para formarse o para usarlas en el aula, que es algo nuevo, que son difíciles.

Pretest y postest

Tanto la prueba EFAI como la prueba BAT7 clasifican los resultados en eneatis desde “Muy bajo” (color naranja) a “Muy alto” (color verde), si bien EFAI establece tres niveles de eneatis “Medio” (color azul) mientras que BAT7 los agrupa en uno solo. La primera prueba la realizan 46 alumnos y la segunda 41. Los resultados se pueden ver en la Figura 6.

Figura 6

Resultados de las pruebas (EFAI) y (BAT7)



Nota. a) Resultados pretest (EFAI). b) Resultados postest (BAT7)

En el pretest 17 alumnos obtienen un eneatis bajo, 23 medio y solo 6 alto o muy alto.

En el postest estos números se modifican un poco, encontrando 12 en eneatis bajo, 19 medio y 10 alto.

Además de comparar ambas pruebas por eneatis, se estudia la evolución individual de los 40 participantes que realizaron ambas pruebas. Los resultados fueron:

- 9 participantes se mantuvieron en el mismo eneatis, el 22,50 %.
- 24 subieron de eneatis (11 alumnos un nivel, 8 alumnos dos niveles. 5 alumnos tres niveles), el 60 %.
- 7 participantes bajaron (4 alumnos un nivel, 3 alumnos dos niveles), el 17,50 %.

Ambas pruebas permiten obtener los resultados como percentiles. Al comparar los obtenidos por cada individuo se encuentran aumentos de percentil de hasta 66 puntos y disminuciones de hasta 44 puntos, siendo esto objeto de reflexión en el apartado de Conclusiones.

Encuesta final

En la encuesta final, todos los participantes afirman que les ha gustado aprender Tinkercad y que lo usarían con sus alumnos de Educación Primaria, lo que nos da una

primera información acerca del grado de satisfacción de la propuesta implementada, o al menos de la herramienta. Son participantes que en su mayoría han mejorado su aptitud espacial según los test aplicados.

Ampliando la información mediante entrevistas a alumnos de los tres tipos (los que han mejorado resultados, los que se han mantenido y los que han empeorado) vemos que destacan como puntos fuertes de Tinkercad su facilidad de uso, que es dinámico, su interfaz y que permite ser muy creativo. Por el contrario, como puntos débiles, comentan que al principio cuesta manejarlo, que es demasiado sencillo (entendido como que es limitado en el número de comandos o formas básicas de combinar), que no es colaborativo (aunque sí lo es), o que el plano de trabajo es demasiado sensible a los movimientos del ratón.

Al preguntarles qué aspectos mejorar y cuáles mantener de la intervención se pueden destacar algunas respuestas, como:

- “Tener más tiempo a la hora de hacer las creaciones”.
- “Mantener la explicación previa con la ficha de información y tener la oportunidad para experimentar con la página web en clase. Mejorar ofreciendo unas pautas anteriores a la realización de la actividad libre para poder tener tiempo para pensar en una figura original y que cumpla los parámetros pedidos”.
- “Mantener actividades como la creación del nombre, pero dando mejores instrucciones para asegurar un mayor éxito en la clase”.
- “Explicar más detenidamente cómo establecer las medidas dependiendo de lo que quieras cambiar, y dejar algo más de tiempo durante el proceso de aprendizaje. Por lo demás todo bien”.
- “Dar un poco más de tiempo para los diseños sin ayuda de la docente”.
- “Considero que no hay que mejorar nada, ya que como lo ha hecho este año ha resultado efectivo tanto para mí como para el resto de compañeros”.

4. Discusión y Conclusiones

A la primera pregunta: ¿Qué herramientas tecnológicas para el aprendizaje de la Geometría conocen los alumnos de un grupo de segundo del Grado de Educación Primaria? Se comprueba que se mantiene lo visto en la revisión teórica, que el uso de herramientas tecnológicas de Geometría en Educación Primaria y Educación Secundaria es muy limitado, así como el conocimiento de la existencia de recursos digitales para estos contenidos. Llama la atención esta limitación porque concretamente Tinkercad está ampliamente extendido en la educación no formal. Talleres o extraescolares de Robótica Educativa lo usan de forma habitual con niños a partir de ocho años principalmente.

Debido a que se pueden adquirir impresoras 3D de uso doméstico o educativo de precio reducido, cada vez es más habitual encontrarlas en centros educativos y es más importante (y práctico) aprender a dibujar objetos 3D que respondan a necesidades reales que, simplemente, limitarnos a descargarlos de páginas que comparten este tipo de ficheros.

A la segunda pregunta: ¿Qué nivel de Aptitud Espacial tiene estos alumnos? ¿Puede contribuir una intervención de aula con Tinkercad a mejorarla?

Test EFAI: de los 46 participantes, un 36,96 % se encuentran en nivel bajo, un 50 % en nivel medio y un 13,04 % en nivel alto. Estos resultados de partida, en los que 38 de los 46 alumnos se encuentran en un eneatispo 5 o inferior, están en consonancia con los resultados obtenidos por Roura y Ramírez (2021).

Test BAT7: de los 41 participantes un 29,29 % se encuentra en nivel bajo, un 46,34 % en nivel medio y un 24,39 % en nivel alto. Con ello, se aprecia, globalmente, que los resultados en aptitud espacial han mejorado reduciéndose el porcentaje de alumnos de eneatispo bajo (de 36,96 % a 29,29 %) y aumentando el de eneatispo alto (del 13,04 % al 24,39 %). El eneatispo medio también se reduce ligeramente (del 50 % al 46,34 %). El 22,50 % de los participantes se mantienen en el mismo eneatispo, el 60 % subieron y el 17,50 % bajaron.

No obstante, la interpretación y discusión de ambas preguntas de investigación, la discusión interesante es la de los resultados alumno por alumno. En este sentido, se parte de que ambas pruebas miden lo mismo y, por tanto, sus resultados deberían ser similares. Se esperaba cierta mejoría, pero debido a lo limitado de la intervención que, aun siendo intensa, realizada a lo largo de varias semanas y que ha motivado bastante a los alumnos, no deja de ser puntual. Y una acción de este tipo no puede dar como resultado una variabilidad tan grande en ambas pruebas. Ambas pruebas están validadas y se han aplicado con rigor, siguiendo las instrucciones, los tiempos, etc. indicados en cada una de ellas.

En vez de dar respuesta a la segunda pregunta de la investigación, estos resultados nos llevan a plantearnos si realmente ambas pruebas son equiparables, si miden lo mismo. Sería cuestión de un estudio mucho más profundo y amplio del que se puede aportar en esta investigación. Se ha realizado una pequeña indagación informal y aspectos que han resaltado los alumnos es que en la primera prueba faltaba mucho tiempo (7 minutos, 22 ítems) y en la segunda casi sobra (15 minutos, 28 ítems), y que encontraron la segunda prueba más fácil que la primera.

En cuanto a la valoración que hacen los alumnos de la intervención, ésta es positiva. El programa les ha gustado, se han implicado mucho durante todas las sesiones y afirman que lo usarían con sus alumnos en sus aulas de Educación Primaria, lo que es señal de que les ha proporcionado una herramienta digital que podría combinar con otros recursos de tipo manipulativo, opción que la mayoría no contemplaba al principio. De esta forma se podrían mejorar los resultados en Geometría obtenidos en Nortes y Nortes (2022) en donde el 15% de alumnos resultaban con calificación insuficiente en una prueba para sexto de Educación Primaria.

Al ser la primera vez que se incluye esta experiencia en la asignatura del Grado de Educación Primaria con fines didácticos, hay que mejorarla. De las opiniones de los participantes se destaca la necesidad de disponer de más tiempo para hacer las actividades, especialmente las de creación libre o menos guiada, pero que les ha parecido interesante la propuesta, que les gusta el programa de actividades llevado a cabo y que no consideran que necesite grandes modificaciones. Estas consideraciones pueden agruparse como limitaciones del presente estudio.

Esta intervención de sentido espacial con Tinkercad en futuros maestros forma parte de la visualización en el aprendizaje de la Geometría y “el trabajo con el software contribuye a la adquisición de una imagen mental y conectada de los conceptos estudiados” (Codina et al., 2022, p. 1).

Presentación del artículo: 23 de marzo de 2023

Fecha de aprobación: 1 de junio de 2023

Fecha de publicación: 31 de julio de 2023

Nortes Martínez-Artero, M. R. y Rabadán Rubio, J. A. (2023). Una intervención de sentido espacial con Tinkercad en futuros maestros. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 23(76). <http://dx.doi.org/10.6018/red.562041>

Financiación

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro.

Referencias

- Bauzá, T. (2021). *EVEA guiat de disseny de material 3D amb plataforma digital col laborativa*. [Treial de Fi de Grau, Universitat de les Illes Balears]. <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/155823?show=full>
- Beltrán-Pellicer, P. y Muñoz-Escolano, J. M. (2021). Una experiencia formativa con BlocksCAD con futuros docentes de matemáticas en secundaria. *Didacticae*, 10, 71-90. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8217770>
- Beltrán-Pellicer, P. y Rodríguez, C. (2017). Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio. *ReiDoCrea*, 6, 16-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5908617>
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth and action*. Houghton-Mifflin.
- Codina, A., García, M. M., Romero, I. M. y Lupiañez, J. (2022). Poliedros con el software de realidad virtual inmersiva Neotrie VR, una experiencia con maestros en formación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 25(3), 1-14. <https://doi.org/10.6018/reifop.531841>
- Cruz, A. y Ramírez, R. (2018). Componentes del sentido espacial en un test de capacidad espacial. En L. J. Rodríguez-Muñiz, A. Aguilar-González, P. Alonso, F. J. García García y A. Bruno (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXII* (pp. 211-220). SEIEM. <https://www.seiem.es/docs/actas/22/ActasXXIIDefinitivas.pdf>
- Del Cerro, F. y Morales, G. (2017). Realidad Aumentada como herramienta de mejora de la inteligencia espacial en estudiantes de educación secundaria. *RED. Revista de Educación a Distancia. Núm. 54. Artíc. 5*. <http://dx.doi.org/10.6018/red/54/5>
- Del Cerro Velázquez, F. & Morales Méndez, G. (2021a). Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students. *Mathematics*, 9(4), 369. <https://doi.org/10.3390/math9040369>

- Del Cerro Velázquez, F. & Morales Méndez, G. (2021b). Systematic Review of the Development of Spatial Intelligence through Augmented Reality in STEM Knowledge Areas. *Mathematics*, 9(23), 3067. <https://doi.org/10.3390/math9233067>
- Detterman, D. K. (1982). Does “g” exist? *Intelligence*, 6(2), 99-108. [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(82\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0160-2896(82)90008-3)
- Eryilmaz, G. C. & Deniz, G. Effect of Tinkercad on Students’ Computational Thinking Skills and Perceptions: A Case of Ankara Province. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 20(1), 25-38. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1290797.pdf>
- Fernández-Blanco, T. (2013). La investigación en visualización y razonamiento espacial. Pasado, presente y futuro. En A. Berciano, G. Gutiérrez, A. Estepa y N. Climent (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVII* (pp. 19-42). SEIEM. <https://www.seiem.es/docs/actas/17/Actas17SEIEM.pdf>
- Fernández-Blanco, T. y Fernández-López, A. (2021). Pilgrimage way to Santiago de Compostela through robotics and 3d Printing in primary classroom. In *DULEARN21 Proceedings* (pp. 11628-11633). IATED. <https://dialnet.uniroja.es/servlet/articulo?codigo=8608465>
- Fernández-Blanco, T., Godino, J. D. y Diego-Mantecón, J. M. (2018) Análisis Epistémico y Cognitivo de una Terea de Visualización en el Espacio Bidimensional. *Redimat*, 7(3), 251-279. <https://dialnet.uniroja.es/servlet/articulo?codigo=8608465>
- Ferrándiz, C., Prieto, M. D., Bermejo, M. R. y Ferrando, M. (2006). Fundamentos psicopedagógicos de las inteligencias múltiples. *Revista Española de Pedagogía*, 233, 5-20. <https://dialnet.uniroja.es/servlet/articulo?codigo=1973251>
- Feuerstein, R. (1980). Instrumental Enrichment Program. Glenview, II: Scott, Foresman and Co.
- Flores, P., Ramírez, R. y del Rio, A. (2015). Sentido espacial. En P. Flores y L. Rico (Coord.), *Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en educación primaria* (pp. 127-146). Pirámide.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind*. Basic Books. Traducción al castellano, *Estructuras de la mente. La teoría de las Inteligencias Múltiples*. Fondo de Cultura Económica, 1987.
- González, B. (2020). *Estudio de la Geometría tridimensional mediante software de modelado 3D*. [Tesis Fin de Máster, Universidad de La Laguna]. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/22976>
- Gonzato, M. (2013). *Evaluación de conocimientos de futuros profesores de educación primaria para la enseñanza de la visualización espacial*. [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/20318>
- Hebb, D. O. (1949) *La organización del comportamiento*. Wiley & Sons.
- Hunt, E. (1973). The memory we must have. En R. Schanck y K. Colby (comp.), *Computer simulation of information processes in man*. Freeman.
- Ley Orgánica 3/2020 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *BOE*, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>
- Mateos Núñez, M. (2021). *Diseño y validación de metodologías didácticas aplicadas en el aula de Educación Primaria para mejorar el dominio cognitivo y emocional en la enseñanza/aprendizaje de competencias STEM*. [Tesis de doctorado, Universidad de Extremadura]. <https://dialnet.uniroja.es/servlet/tesis?codigo=302259>
- Mayor, J. (1985). *Actividad humana y procesos cognitivos*. Alhambra Universidad.

- Monge, C. A. (2021). *Análisis de las dimensiones del sentido espacial en futuros profesores*. [Trabajo Fin de Máster. Universidad de Granada]. <https://10.30827/Digibug.71036>
- Montes de Oca, A. (2021). *Adquisición de la visión espacial mediante el uso de diferentes materiales, recursos y herramientas informáticas. Iniciación a la impresión 3D a través de Tinkercad*. [Trabajo Fin de Máster. Universidad de La Laguna]. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/22756>
- Moreno, A. M. (2016). *Impresión 3D para la enseñanza de la Geometría en 5.º de Primaria*. [Trabajo Fin de Grado, Universidad de La Rioja]. <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/3578/MORENO%20GARCIA%20C%20ANA%20MARIA.pdf?sequence=1>
- NCTM (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.
- Nortes, R. y Nortes, A. (2022). La competencia matemática de futuros maestros antes y después del confinamiento por la Covid-19. RED. *Revista de Educación a Distancia*. Núm. 70, Vol. 22. Artíc. 3. <http://dx.doi.org/10.6018/red.513541>
- Pinillos, J. (1981). La mejoría científica de la inteligencia. *Análisis y modificación de conducta*, 7(14 y 15), 115-154.
- Quiroz, J. L. y Elizarraras, S. (2021). Retos de futuros docentes de Matemáticas al aprender Robótica Educativa en pandemia. *Revista Unión*, 63, 1-11. <http://funes.uniandes.edu.co/29811/1/Medardo2021Retos.pdf>
- RAE (2022). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/>
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *BOE*, 52, de 2 de marzo de 2022, 24386-24504. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/02/pdfs/BOE-A-2022-3296.pdf>
- Roura, R. y Ramírez, R. (2021). Sentido espacial en futuros maestros. En Diago, P. D., Yáñez, D. F., González-Astudillo, M. T. y Carrillo, D. (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIV* (pp. 537-544). SEIEM. <https://www.seiem.es/docs/actas/24/ActasXXIVSEIEM.pdf>
- Ruiz-Hidalgo, J. F. y Flores, P. (2022). Sentido matemático escolar. En L. Blanco, N. Climent, M. T. González, A. Moreno, G. Sánchez-Matamoros, C. de Castro y C. Jiménez (Eds.), *Aportaciones al desarrollo del currículo desde la investigación en educación matemática* (pp. 55-79). EUG-SEIEM. https://editorial.ugr.es/libro/aportaciones-al-desarrollo-del-curriculo-desde-la-investigacion-en-educacion-matematica_139289/
- Stemberg, R. J. (1984). *Beyond IQ: A Triarchic Theory of Intelligence*. Cambridge University Press.
- Stemberg R. J. y Detterman, D. K. (1982). *¿Qué es la inteligencia? Enfoque actual de la naturaleza y su definición*. Pirámide.
- Thurstone, L. L. y Thurstone, Th. G. (1976). *Aptitudes Mentales Primarias (PMA)*. Tea ediciones.
- Vega-Moreno, D., Cufié, X., Rueda, M. J. & Llinás, D. (2016). Integración de robótica educativa de bajo coste en el ámbito de la educación secundaria para fomentar el aprendizaje por proyectos. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 6, 162-175. <https://upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1653>

- Vernon, P.E. (1969). Differences genetiques et culturelles dans les aptitudes: implications scolaires et professionnelles, Sumposium, *XVII Congreso Internacional de Psicología Aplicada*, Liege, 1971. Actas Edite at Brixelles, 1972.
- Vygotsky, L. (1934). *Pensamiento y lenguaje*. Ediciones Fausto.
- Whimbey, A. y Shaw, L. (1976). *La inteligencia puede enseñarse*. Bantam.
- Yela, M. (1983). La inteligencia, la percepción y otros estudios psicológicos. *Anthropos*, 23, 26-29.
- Zichar, M. (2022). Mathability in the Fields of 3D Printing and Modeling. *Acta Polytechnika Hungaricka*, 19(1), 31-49. <https://10.12700/APH.19.1.2022.19.3>