



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

Enfoque STEAM: Enseñanza-aprendizaje de la geometría en 4º de ESO a través del diseño de la ciudad sostenible

Trabajo fin de estudio presentado por:	María Labrigui Rubio
Tipo de trabajo:	Propuesta de intervención
Especialidad:	Matemáticas
Director/a:	Ana Garzón Castrillón
Fecha:	06/07/2022

Resumen

La sociedad actual cambia a un ritmo vertiginoso, dada la interconexión innata entre sociedad y educación, donde ambas se influyen mutuamente, la educación debe dar respuesta a los nuevos retos que nos plantea la sociedad y a la vez ser capaz de transformarla. La clase tradicional se ha visto incapaz de esto, por lo que tiene que dejar paso a nuevos enfoques y metodologías que sean capaces de desarrollar individuos con las habilidades del S.XXI. Para dar respuesta a estos retos el presente Trabajo Final de Máster presenta una propuesta basada en el enfoque STEAM, cuyas principales características es el estudio de manera integrada de las disciplinas de ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas.

La propuesta tiene un carácter constructivista, donde el alumno construye y es el protagonista de su propio aprendizaje, esto se realizará mediante metodologías activas, Aprendizaje basado en Proyectos y aprendizaje Cooperativo. Se estudiarán los cuerpos geométricos mediante la realización de un proyecto *El diseño de la ciudad sostenible*, donde los temas transversales como la sostenibilidad, el desarrollo de valores democráticos y la perspectiva de género tienen un papel importante.

De esta manera se pretende proporcionar una enseñanza-aprendizaje conectada con el mundo real, incluyendo temas que son relevantes en el momento actual y así hacer la asignatura de matemáticas más motivadora para los alumnos, fomentar la creatividad y el pensamiento crítico.

Palabras clave: STEAM, Aprendizaje Basado en Proyectos, Geometría, Educación Secundaria, Sostenibilidad.

Abstract

Nowadays, society is changing at a vertiginous pace, given the innate interconnection between society and education, where both influence each other, education must address the new challenges of society and at the same time be capable of transforming it. The traditional classroom has been unable to do this and must give way to new approaches and methodologies that are capable of developing individuals with 21st century skills. In order to give an answer to these challenges, this master's thesis presents a proposal based on the STEAM approach, whose main characteristics are the integrated study of the disciplines of science, technology, engineering, art and mathematics.

The proposal has a constructivist character, where the student builds and is the protagonist of his own learning, this will be done through active methodologies, Project Based Learning and Cooperative Learning. Geometric figures will be studied through the implementation of a project *The design of the sustainable city*, where cross-cutting themes such as sustainability, the development of democratic values and the gender perspective play an important role.

In this way, the aim is to provide teaching-learning connected to the real world, including topics that are relevant at this time and thus making the mathematic subject more motivating for students, encouraging creativity and critical thinking.

Keywords: STEAM, Project Based Learning, Geometry, Secondary Education, Sustainability.

Índice de contenidos

1.	Introducción	10
1.1.	Justificación	11
1.2.	Planteamiento del problema.....	13
1.3.	Objetivos	15
1.3.1.	Objetivo general	15
1.3.2.	Objetivos específicos	16
2.	Marco teórico	17
2.1.	Educación STEAM	17
2.1.1.	¿Qué es la educación STEAM?	17
2.1.2.	De STEM a STEAM, la importancia del arte	18
2.1.3.	Precedentes de la Educación STEAM.....	19
2.1.4.	Bases de la Educación STEAM	20
2.1.5.	El rol del estudiante y el docente	21
2.1.6.	Metodologías usadas.....	22
2.2.	Aprendizaje basado en proyectos dentro del enfoque STEAM	22
2.2.1.	Niveles de implementación del ABPr.....	25
2.2.2.	Fases generales en el diseño de actividades ABPr	26
2.2.3.	Fases ABPr en el aula	27
2.2.4.	La evaluación en el ABPr	28
2.2.5.	Aprendizaje cooperativo dentro del ABPr	29
2.2.6.	Principales retos del ABPr	30
2.3.	Enseñanza y aprendizaje de la geometría dentro de un enfoque STEAM.....	31
2.3.1.	Definición y breve historia de la geometría	31
2.3.2.	Importancia y objetivos de la enseñanza-aprendizaje de la geometría	33

2.3.3.	Modelo de Van Hiele	34
2.3.4.	Dificultades en el proceso enseñanza-aprendizaje de la geometría.....	35
2.3.5.	Metodologías, estrategias y recursos didácticos	36
2.4.	Exploración de propuestas similares	38
3.	Propuesta de intervención	39
3.1.	Presentación de la propuesta.....	39
3.2.	Contextualización de la propuesta	39
3.2.1.	Entorno y características del centro	39
3.2.2.	Descripción del alumnado.....	40
3.2.3.	Legislación	40
3.3.	Intervención en el aula.....	41
3.3.1.	Objetivos	41
3.3.2.	Competencias.....	43
3.3.3.	Contenidos	45
3.3.4.	Metodología	47
3.3.5.	Cronograma y secuenciación de actividades	49
3.3.6.	Recursos	60
3.3.7.	Evaluación	60
3.4.	Evaluación de la propuesta	64
4.	Conclusiones.....	66
5.	Limitaciones y prospectiva	68
	Referencias bibliográficas	69
Anexo A.	Recursos.....	75
	75
Anexo B.	Herramientas de evaluación.....	78

Anexo C. Evaluación de la propuesta..... 83

Índice de figuras

Figura 1. <i>Evolución de las puntuaciones medias estimadas en matemáticas.</i>	13
Figura 2. <i>Evolución del porcentaje de mujeres en la rama de ingenierías y arquitectura en la educación superior.</i>	14
Figura 3. <i>Pirámide STEAM.</i>	20
Figura 4. <i>Cono de la experiencia de Dale.</i>	23
Figura 5. <i>Fases del Aprendizaje Basado en Proyectos.</i>	27
Figura 6. <i>Modelo maqueta de ejemplo.</i>	75
Figura 7. <i>Mapa base trabajo.</i>	76
Figura 8. <i>Plantillas cuerpos geométricos recortables.</i>	77

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Instancias y ejemplos de proyectos según las categorías de Kilpatrick.</i>	24
Tabla 2. <i>Niveles implementación ABP en el currículo.</i>	25
Tabla 3. <i>Niveles de razonamiento de Van Hiele</i>	34
Tabla 4. <i>Relación entre objetivos, contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje.</i>	46
Tabla 5. <i>Cronograma con secuenciación de las actividades.</i>	50
Tabla 6. <i>Actividad 1.</i>	51
Tabla 7. <i>Actividad 2.</i>	52
Tabla 8. <i>Actividad 3.</i>	53
Tabla 9. <i>Actividad 4.</i>	54
Tabla 10. <i>Actividad 5.</i>	55
Tabla 11. <i>Actividad 6.</i>	56
Tabla 12. <i>Actividad 7.</i>	57
Tabla 13. <i>Actividad 8.</i>	58
Tabla 14. <i>Actividad 9.</i>	59
Tabla 15. <i>Recursos.</i>	60
Tabla 16. <i>Tabla relación criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.</i>	62
Tabla 17. <i>Criterios de calificación.</i>	63
Tabla 18. <i>Matriz DAFO.</i>	65
Tabla 19. <i>Escala de observación evaluación continua.</i>	78
Tabla 20. <i>Escala de observación producto final (grupal).</i>	79
Tabla 21. <i>Rúbrica portfolio (individual).</i>	80
Tabla 22. <i>Escala de observación exposición oral.</i>	81
Tabla 23. <i>Cuestionario autoevaluación alumno.</i>	82

Tabla 24. *Autoevaluación docente*..... 83

1. Introducción

A lo largo de la historia, la educación se ha ido conformando de acuerdo con la sociedad y su contexto político, social, económico y cultural; evolucionando y ajustándose a los cambios que se iban produciendo. Si bien la educación se configura entorno a la sociedad, la primera puede tener un papel transformador de la segunda, adoptando un papel crítico y de intervención para ayudar a su mejora (Guichot, 2006).

A finales del siglo XIX surge un movimiento pedagógico bastante crítico con el modelo tradicional de enseñanza, denominado Escuela Nueva (Ortiz, 2015). Este movimiento abogaba por un aprendizaje activo, centrado en el alumno, poniéndose el foco por un lado en el desarrollo integral del alumno y por el otro lado en las necesidades crecientes de la sociedad (IEDE, 2020). Uno de los principales representantes de la Escuela Nueva fue John Dewey, el cual consideraba que el proceso educativo necesitaba una continua reorganización, reconstrucción y transformación, puesto que la educación es inherente a la vida y la vida es dinámica y está en continuo desarrollo (Dewey, 1995). Ya a principios del siglo pasado, Dewey hablaba de dar respuesta al ser humano del siglo XX, un ser humano democrático, a través de la educación (Guichot, 2002), donde el estudio de las ciencias y las humanidades debía tener una interdependencia (Dewey, 1995).

En el pasado, la educación ha demostrado que se podía adaptar a las nuevas exigencias que le iba imponiendo la sociedad, marcando nuevos objetivos, planificando estrategias e implantado reformas (Bauman, 2008). En la actualidad nos encontramos inmersos en la llamada Modernidad Líquida, el mundo que nos rodea está en continuo movimiento, es incierto, múltiple y complejo (Bauman, 2008). Los retos a los que se enfrenta la educación son muy diferentes a los que se había enfrentado en el pasado, la situación actual no tiene precedentes (Bauman, 2008). En los últimos años ha quedado reflejada la complejidad del presente, donde la pandemia del covid-19 ha obligado a tomar nuevas estrategias educativas a marchas forzadas. Además, nos encontramos en un mundo sobresaturado de información (Bauman, 2008), donde la sociedad está cada vez más polarizada y las democracias se encuentran cada vez más desafiadas (Nussbaum, 2016), entendiendo democracia no solo como una forma de gobierno, sino también como una forma de vivir asociado, de una manera conjunta y comunicativa (Dewey, 1995).

Vivimos en un mundo globalizado, donde de manera vertiginosa emergen nuevas industrias y ocupaciones, en las cuales las ciencias, la tecnología, la información y la innovación tienen un papel principal. El tipo de sujeto que puede dar respuesta a las demandas de esta nueva sociedad debe estar científica y tecnológicamente alfabetizado, ser adaptable y reinventarse continuamente frente a los cambios, tiene que estar orientado a la resolución de problemas y poseer un pensamiento crítico y creativo (Kay, 2010).

Debido a la creciente preocupación de los gobiernos para dar respuesta a los nuevos retos del siglo XXI surge el enfoque de educación STEM, del acrónimo en inglés para Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas); con la intención de promover las competencias del siglo XXI. El enfoque STEM tiene como propósito la natural interconexión entre las disciplinas STEM y persigue que el alumnado termine la educación secundaria con unas profundas competencias técnicas y personales (Bybee, 2010; Yakman, 2006). En 2008, Yakman, acuña el término STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics), e introduce las artes en el modelo, ya que considera que para el desarrollo integral del individuo las artes son indispensables.

1.1. Justificación

Dado que a través de la historia de la educación moderna los estudios epistemológicos y de psicología educativa señalan que la educación integrativa es una manera ventajosa para que se produzca un aprendizaje profundo (Yakman, 2008) y dada la coyuntura actual, que se ha venido exponiendo en los párrafos anteriores, se ha elegido realizar esta propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la geometría desde un enfoque STEAM.

Como señala Barrantes et al. (2013), “La principal finalidad de la enseñanza-aprendizaje de la Geometría es conectar a los alumnos con el mundo en el que se mueven” (p. 27). En esta intervención se estudiará la geometría a través del diseño de la ciudad sostenible, de forma integrada con otras disciplinas como la arquitectura, la ingeniería, apoyándonos en la tecnología y en el arte, usando una metodología activa como el Aprendizaje Basado en Proyectos y el trabajo cooperativo.

El arte y la geometría siempre han sido dos disciplinas que han ido cogidas de la mano, en esta propuesta creemos que incorporar el arte tiene varias funciones, entre ellas fomentar el

pensamiento creativo, que es la competencia innovadora que se ha evaluado en el Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA) 2022, también, por otro lado, hacer la propuesta más atractiva para las alumnas, que parten con un mayor rechazo hacia las materias STEM (Grañeras et al., 2022). En un informe llevado a cabo por la OCDE en 2015, *The ABC of Gender Equality in Education*, se señala un peor desempeño de las niñas respecto a los niños en matemáticas, que puede ser debido a una falta de confianza en sus habilidades matemáticas, muchas veces fomentadas por estereotipos. Por esta razón, se quiere incorporar la perspectiva de género para ayudar a romper esos estereotipos, introduciendo en la intervención la figura de mujeres que han sido relevantes en las disciplinas STEAM, como Zaha Hadid, primera mujer en ganar el premio Pritzker de arquitectura en 2004, y que ha sabido conectar geometría y arquitectura de forma magistral.

Si se hace una mirada hacia lo que sugiere la legislación, vemos que a partir de las primeras evaluaciones del programa PISA, la OCDE en el 2003, dentro del Proyecto de Definición y Selección de Competencias (DeSeCo), determina que, para el éxito en la vida del estudiante, entendido como bienestar personal, social y económico; se necesitan más que conocimientos y destrezas, por lo que se definen y se seleccionan las competencias clave. A raíz del programa DeSeCo se introducen las competencias clave en el currículo en España, en la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) (Mateo, 2010).

Las sucesivas leyes educativas han puesto un especial esfuerzo en la promoción de un aprendizaje que capacite a los estudiantes para desarrollar un pensamiento crítico y creativo. En el Anexo II de la Instrucción 9/2020, de 15 de junio, de la Dirección General de Ordenación y Evaluación Educativa, de la Junta de Andalucía, se pone en relieve la “influencia e importancia de las matemáticas en la vida cotidiana” (p. 789) y su “carácter instrumental e interdisciplinar ya que se relacionan con casi todos los campos de la realidad, no solo en la parte científico-tecnológica, como las Ciencias de la Naturaleza, Física, Química, Ingeniería, Medicina, Informática, sino también con otras disciplinas que supuestamente no están asociadas a ellas como las Ciencias Sociales, la Música, los juegos, La poesía o la política” (p. 789). En el bloque de Geometría, como estrategias metodológicas se recomienda establecer relaciones con otros ámbitos como la naturaleza, el arte, la arquitectura y el diseño, la utilización de metodologías activas y el uso de aplicaciones de geometría dinámica.

En el nuevo Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, tiene como objetivo “adaptar el sistema educativo a los retos y desafíos del siglo XXI, de acuerdo con los objetivos fijados por la Unión Europea y la UNESCO para la década 2020-2030” (p. 1) y “la vinculación entre competencias clave y retos del siglo XXI es la que dará sentido a los aprendizajes” (p. 24).

Aunque en esta propuesta nos basaremos en la LOMCE, se ha hecho una mirada hacia la LOMLOE, para intentar incorporar algunos puntos característicos de esta nueva ley, como son; el fomento del trabajo de la creatividad, la concepción de la ciencia de una manera integrada, la educación en la sostenibilidad, el enfoque transversal de igualdad de género y la inclusión de las destrezas socioafectivas para mejorar el rendimiento en matemáticas.

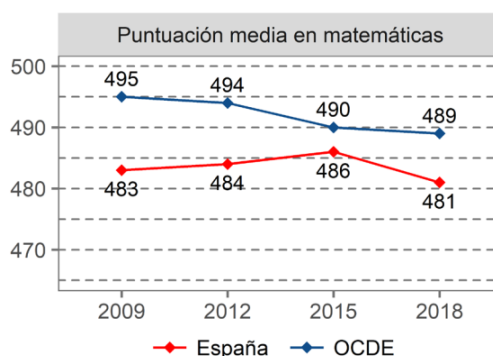
1.2. Planteamiento del problema

Las problemáticas que se intentan abordar mediante esta intervención engloban problemas que van de un plano más general a otro más específico. A continuación, vamos a exponer los principales problemas que se han detectado:

I) Descenso del rendimiento en matemáticas:

El informe PISA 2018 muestra que España se sitúa por debajo de la media de la Unión Europea y de los países de la OCDE, tanto en la competencia matemática como en la de ciencias, además se ha producido un descenso en el rendimiento en estas dos competencias en el último ciclo, de 2015 a 2018, como se muestra en la figura 1:

Figura 1. Evolución de las puntuaciones medias estimadas en matemáticas.

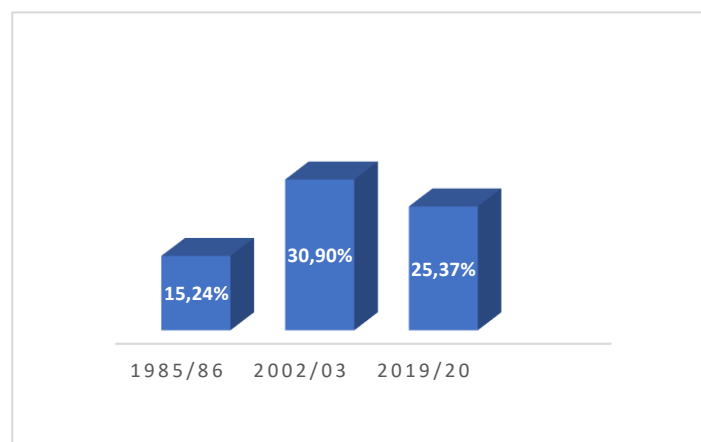


Fuente: OCDE, 2018.

II) Descenso de las vocaciones científico-técnicas entre las niñas:

La Comisión Europea se ha marcado como prioridad en el ámbito de la educación la equidad, la inclusión y el fomento de las vocaciones STEAM. De igual modo en el año 2021 el Ministerio de Educación y Formación Profesional ha lanzado una iniciativa *La Alianza STEAM por el talento femenino. Niñas en pie de ciencia* cuyo objetivo es promover la formación científica y tecnológica de las niñas. Estas iniciativas están surgiendo puesto que como se expone Grañeras et al. en *Radiografía de la brecha de género en la formación STEAM (2022)* en las dos últimas décadas no solo es evidente una brecha de género en la educación superior STEM, sino que además en algunas de ellas se está produciendo un retroceso de la presencia de mujeres, como por ejemplo en el grado de matemáticas, como se puede ver en la figura 2:

Figura 2. Evolución del porcentaje de mujeres en la rama de ingenierías y arquitectura en la educación superior.



Fuente: Elaboración propia partir de Grañeras, 2022

III) Baja motivación de los jóvenes en la asignatura de matemáticas:

Los factores que influyen a la falta de motivación de los alumnos pueden ser de diversa índole, pero si nos ajustamos a las causas asociadas al entorno escolar, los docentes señalan dificultades en la concentración-atención de los alumnos, clases muy numerosas, problemas de indisciplina, prevalencia de aulas expositivas, entre otros (Ricoy y Couto, 2018). Aunque el modelo pedagógico tradicional no tiene muchos defensores, en la realidad de las aulas el modelo tradicional sigue teniendo mucha presencia (Ortiz, 2015). Alguna de la problemática

expuesta escapa de los propósitos de esta intervención, pero otros creemos que se puede abordar mediante metodologías activas que fomente un aprendizaje relacionado con la vida real.

IV) Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la geometría:

Vemos que en las últimas décadas se ha producido una tendencia a la aritmetización de la geometría, memorizar conceptos y propiedades geométricas, donde la resolución de problemas se hacía de forma automática, no se incluían materiales manipulables ni visuales (Barrantes et al., 2013). Este enfoque hace que los alumnos lleguen a niveles superiores de educación con serias dificultades para trabajar mentalmente con figuras tridimensionales y con una visión espacial muy poco desarrollada (Gacto y Albaladejo, 2014).

La propuesta de intervención que se va a desarrollar en el presente TFM, intenta abordar la problemática que se acaba de exponer. Se va a realizar mediante un enfoque STEAM, estudiando la geometría de una manera integrada con otras disciplinas. La metodología que se va a emplear es el Aprendizaje por proyectos, donde los alumnos trabajarán de manera cooperativa, donde se fomentará el diálogo en clase y los valores democráticos, ya que algunas actividades necesitarán el consenso del grupo-clase. El proyecto conductor será el diseño de la ciudad sostenible y nos apoyaremos en la ciencia, la arquitectura y el arte para situar el aprendizaje. Se partirá de la geometría plana para evaluar los conocimientos previos e introducir la materia de una manera jerarquizada, para luego pasar a modelar sólidos en el espacio a partir de las pautas que nos da el proyecto, lo que va a implicar la resolución de problemas y la investigación. Nos serviremos de herramientas tecnológicas y de las TIC durante todo el proceso. Por último, los temas transversales que estarán presentes a lo largo del proyecto son la sostenibilidad y la igualdad de género.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

El objetivo general del presente TFM es diseñar una propuesta de intervención para los alumnos de matemáticas del bloque de Geometría de 4º de la Enseñanza Secundaria obligatoria, mediante un enfoque STEAM para el diseño de una ciudad sostenible, utilizando como metodologías el Aprendizaje Basado en Proyectos y el trabajo cooperativo.

1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que se persiguen mediante la elaboración de este TFM son los siguientes:

- Investigar y profundizar en el enfoque de educación STEAM.
- Indagar en el Aprendizaje Basado en Proyectos y como integrarlo dentro de un enfoque STEAM.
- Detectar las principales dificultades que se producen en el aprendizaje de la geometría y como mejorarlas mediante una metodología activa, estrategias y recursos didácticos manipulativos y tecnológicos.
- Diseñar actividades interdisciplinares teniendo en cuenta el desarrollo de valores democráticos, la perspectiva de género y la sostenibilidad como temas transversales.

2. Marco teórico

2.1. Educación STEAM

En los últimos años, el término STEAM ha ido cobrando protagonismo en la educación, tanto a nivel internacional como en España (Mantecón et al., 2017). Gobiernos como los de Estados Unidos, Reino Unido o Corea del Sur, entre otros, han hecho una fuerte apuesta por introducir el enfoque STEAM en los sistemas educativos de sus respectivos países (Kang, 2019).

En el caso de España, vemos que a nivel institucional son varias las iniciativas para ir incorporando el marco STEAM en la educación formal, así como en la informal. Uno de los ejemplos, es la iniciativa del Ministerio de Educación y Formación Profesional, la *Alianza STEAM por el talento femenino. Niñas en pie de ciencia*, una serie de estrategias con el objetivo de fomentar las vocaciones STEAM entre niñas y jóvenes. De igual modo la nueva Ley de Educación, en el Real Decreto 217/2022, reformula la competencia clave *Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología*, y pasa a llamarse *Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM)* (competencia STEM por sus siglas en inglés), donde la adquisición de esta competencia por parte de los alumnos “entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible” (p. 28).

Si bien el término de educación STEM apareció a finales del siglo pasado, ha cobrado especial relevancia en los últimos años (Sanders, 2009.), el modelo se ha ido redefiniendo, pasando de STEM a STEAM, al incluir las artes en el modelo (Yakman, 2008). A continuación, se pasará a definir educación STEAM, sus objetivos, orígenes, evolución y el concepto de aprendizaje.

2.1.1. ¿Qué es la educación STEAM?

En 2008 el término de Educación STEAM es acuñado por Yakman, la cual crea un marco para este modelo de educación, que en ese momento se encontraba en desarrollo, en el cual las asignaturas tradicionales de ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas son estructuradas de una forma integrada en el currículo. STEAM es definido por Yakman como “Ciencia y Tecnología, interpretadas a través de la Ingeniería y las Artes, todo basado en el lenguaje de las Matemáticas” (p. 18). Más recientemente, en 2020, la Fundación Coreana por

el Avance de la Ciencia y la Creatividad (KOFAC por sus siglas en inglés) define STEAM como un enfoque interdisciplinar e integrado, donde a través de métodos creativos, promover en los estudiantes el pensamiento integrador, rico en creatividad, habilidades para la resolución de problemas científicos y sensibilidad humanística.

2.1.2. De STEM a STEAM, la importancia del arte

Para situar el actual enfoque STEAM nos tenemos que remontar a los inicios de STEM. El término STEM surge en la década de los noventa, fue introducido por la Fundación Nacional de Ciencia de los Estados Unidos (NSF por sus siglas en inglés). Se usaba como una etiqueta para designar cualquier actividad, práctica, programa, etc., que involucrara una o más disciplinas STEM (Bybee, 2010). Pero es en el siglo XXI cuando el gobierno de Estados Unidos, preocupado por mantener su competitividad en el mercado global, comienza a desarrollar más interés por la educación STEM (Chen, 2009). Según Domènech-Casal (2018) los objetivos que persigue STEM tienen un carácter político, que radicaría en fomentar las vocaciones científico-tecnológicas y una alfabetización científica y tecnológica, dejando de lado otros objetivos fundamentales para la formación integral del individuo de carácter más humanístico, como son el pensamiento crítico, la creatividad, la búsqueda de la belleza y la estética a través de las artes.

Viendo que la educación STEM sólo estaba centrada en dotar a los alumnos de competencias científico-técnicas, con una intención fundamentalmente instrumentalista, donde las artes y humanidades se encontraban totalmente marginadas, Yakman en 2008, decide incorporarlas al enfoque, ya que considera que son fundamentales para la formación integral de los alumnos. Perignat y Katz (2019) exponen, que una de las principales razones para introducir las artes en la Educación STEM fue promover la creatividad. Trilling y Fadel (2010) manifiestan que formar alumnos para un mundo que todavía no existe, donde muchos de los trabajos que van a desempeñar en el futuro todavía no han sido inventados, necesita ciudadanos creativos. Recientes estudios muestran que la educación en arte puede incrementar las siguientes habilidades en los alumnos (Perignat y Katz, 2019, p.32):

- Creatividad
- Pensamiento crítico
- Innovación

- La colaboración y las habilidades de comunicación interpersonales

Así como mejorar las siguientes capacidades cognitivas:

- Razonamiento espacial
- Pensamiento abstracto
- Pensamiento divergente
- Desarrollo de la auto eficiencia de manera creativa
- Pensamiento abierto hacia la experimentación
- Curiosidad

2.1.3. Precedentes de la Educación STEAM

La idea de estudiar diferentes disciplinas de una manera integral no es algo nuevo. Ya en el siglo XVII, Descartes y Comenius hicieron grandes aportaciones a la educación moderna. Comenius expuso la idea, de que para el desarrollo de los alumnos había que utilizar métodos donde el alumno se involucrara en el aprendizaje, a través de la observación, la cual procede al análisis. Posteriores filósofos, pensadores e investigadores como Rousseau, Pestalozzi o Herbart, fueron haciendo aportaciones sobre la educación integrada (Yakman, 2008).

A principios del siglo pasado empieza a surgir un movimiento transformador de la educación, denominado Escuela Nueva, uno de sus principales propulsores, John Dewey, establece que el aprendizaje se debe producir a través de la experiencia, involucrando a los estudiantes con temas que permitan situar el conocimiento, donde sean los discentes el centro de la educación y así construir su propio aprendizaje (Stroud y Baines, 2019).

Más tarde, dentro de la psicología de la educación, aparece el constructivismo como una nueva teoría pedagógica. Piaget, indagó para entender como es el proceso para que el individuo crea conocimiento basado en la experiencia, llegando a la conclusión de que los individuos interactúan continuamente con el ambiente y el aprendizaje se produce mediante un proceso continuo de desequilibrio cognitivo y acomodación. Por lo que poner a los estudiantes en situaciones donde se produzca disonancia cognitiva, brindando oportunidades para que se restaure el equilibrio, hará que los estudiantes puedan construir esquemas elaborados de pensamiento (Stroud y Baines, 2019).

Vygotsky hace de igual modo importantes aportaciones al constructivismo, su teoría del desarrollo sociocultural reconoce la importancia de las interacciones sociales en la

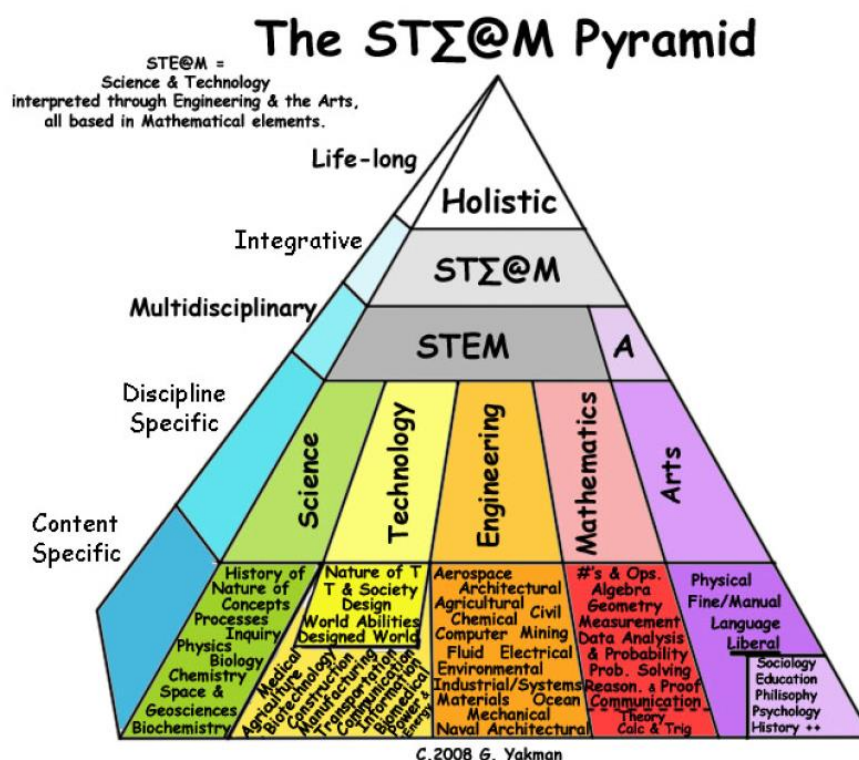
construcción del conocimiento y como las personas aprenden sobre la base de conocimientos previamente adquiridos. Además, Vygotsky afirma que la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), se expande cuando se trabaja en colaboración con semejantes (Gross y Gross, 2016).

Incorporar las teorías constructivistas al enfoque STEAM, significa diseñar situaciones que permitan a los estudiantes construir el conocimiento, se han propuesto diferentes abordajes como son el aprendizaje por indagación orientado a la resolución de problemas de la vida real, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr), el Aprendizaje Basado en el Diseño (ABD) y más recientemente el Aprendizaje Basado en el Diseño ingenieril (ABDi) (Gross y Gross, 2016).

2.1.4. Bases de la Educación STEAM

Las bases sobre las que se sustenta la Educación STEAM se pueden resumir como constructivista, integrada e interdisciplinar (Santillán et al., 2020). Uno de los principales puntos de desencuentro entre la comunidad educativa es como se produce la interacción entre las diferentes disciplinas. En la figura 1. Se puede ver la propuesta de Yakman (2008):

Figura 3. Pirámide STEAM.



Fuente: Yakman, 2008

En la base de la pirámide se encontraría el contenido específico de cada disciplina, dentro del contenido de las artes, se puede observar cómo Yakman no solo incluye las bellas artes, sino que introduce todas aquellas materias consideradas humanistas. En el tercer nivel de la pirámide se puede encontrar lo que sería el aprendizaje multidisciplinar donde las materias STEM aparecen separadas del arte. En el cuarto nivel se encuentra el aprendizaje integrado, que es al que se aspiraría en el centro educativo, trabajando de manera interdisciplinar. El último nivel corresponde al aprendizaje holístico, aquel que se va adquiriendo a lo largo de toda la vida y no se limita solo a lo que se aprende en el centro educativo, sino en todos los ámbitos de la vida.

Si nos centramos en el nivel donde el aprendizaje es integrado, los elementos más representativos de STEAM concretados por Santillán et al., (2019, p.475-476), son los que se muestran a continuación:

- 1) El enfoque interdisciplinario
- 2) Las habilidades sociales para resolver problemas
- 3) Las estrategias creativas
- 4) Las oportunidades y desafíos digitales
- 5) Las capacidades integrales del equipo humano

2.1.5. El rol del estudiante y el docente

En el caso del rol que tiene el estudiante, hay bastante unanimidad en los diversos estudios hechos al respecto, la gran mayoría coinciden en que es el elemento principal del aprendizaje, siendo un agente activo, que a lo largo del proceso debe adoptar una actitud crítica, proactiva y reflexiva, esto se consigue a través de la indagación, principalmente colaborando con sus pares, pero teniendo espacio también para el trabajo individual. Algunos autores afirman que mediante este enfoque se desarrolla una actitud de curiosidad ante el conocimiento, además de la adquisición de forma de trabajo estructurada, sistémica y positiva (Zamorano et al., 2018).

Por su parte el rol del docente es más de guía, orientador y facilitador. Probablemente una de las funciones más importantes del docente es la selección de un tema que resulte atractivo para los alumnos. Una buena planificación y diseño de las actividades es una parte

fundamental del proceso y puede determinar su éxito o fracaso. Una vez en el aula, el profesor guiará el proceso, propiciará la indagación, adaptando elementos de la clase socrática. De igual forma hay autores que ven conveniente que en el proceso de investigación por parte del alumno, el docente ayude aportando una curación de la información necesaria. Debe de igual modo ir proporcionando un *feedback* constructivo a sus alumnos e ir evaluando continuamente el proceso, dándole más peso a este que al resultado final. También es importante una evaluación de la propia práctica educativa, para la continua mejora, por lo que hay mantenerse actualizado y dominar las habilidades que desean transmitir (Zamorano et al., 2018).

2.1.6. Metodologías usadas

Las metodologías empleadas son metodologías activas que sitúan al alumno en el centro de su propio aprendizaje, como El aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Aprendizaje basado en Proyectos (ABPr), el Aprendizaje Basado en el Diseño (ABD) o *Flipped Classroom*. Principalmente en el enfoque STEAM las más usadas son las tres primeras (Zamorano et al., 2018).

La KOFAC (2020), ha adoptado como metodología el ABP y ha diseñado una herramienta para facilitar la introducción de las clases STEAM en las escuelas. Se basa en tres estadios para acometer los retos que surgen frente a un nuevo problema, que se podrían aplicar al resto de metodologías:

- 1) Presentación del Contexto: entender la necesidad de resolver un problema
- 2) Diseño creativo: voluntad por encontrar maneras de resolver un problema
- 3) Toque emocional: Disfrutar el proceso de la resolución de un problema

En este apartado no se van a describir las metodologías expuestas arriba, ya que para nuestra propuesta de intervención emplearemos el ABPr y en el próximo apartado se profundizará en esta metodología.

2.2. Aprendizaje basado en proyectos dentro del enfoque STEAM

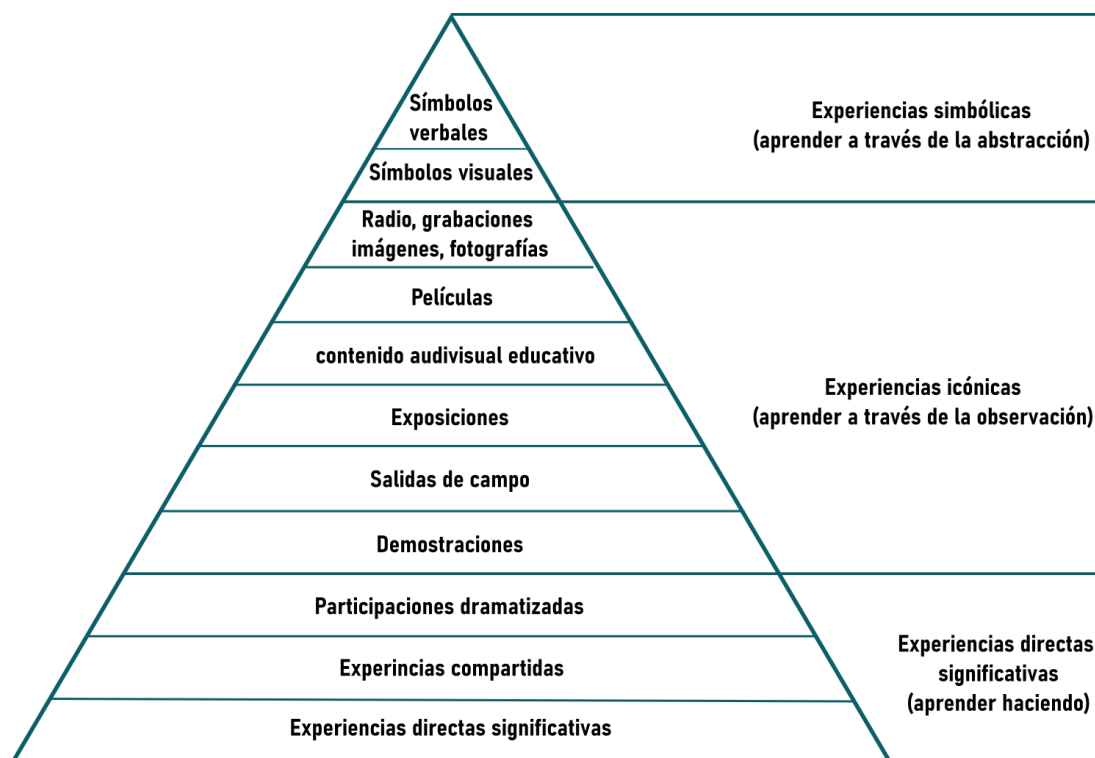
El ABP es una metodología que organiza el aprendizaje a través de proyectos. La realización del proyecto es una tarea compleja, formada por muchas subtarear que estarán basadas en la resolución de problemas, en la indagación, investigación, la toma de decisiones, diseño de

soluciones, todo esto le dará al alumno la oportunidad de trabajar de manera autónoma y con sus pares, guiados por el docente, en situaciones reales y culminar todo el proceso en un producto o una presentación (Thomas, 2000). Pérez (2017, p.1) lo define como “un procedimiento de aprendizaje que permite alcanzar los objetivos a través de la propuesta práctica de una serie de acciones, interacción y recursos, con motivo de resolver una situación o problema”.

Con esta metodología el estudiante, indaga, investiga, crea situaciones o productos conectadas con la realidad, lo que hace que el aprendizaje sea significativo, por lo tanto, dotado de sentido, todo esto incrementa la motivación intrínseca y hace que el aprendizaje sea verdadero. El ABPr se aleja de la manera directa de enseñanza, basada solo en entender y memorizar, y busca experiencias directas con sentido, aprender haciendo (Trujillo, 2014).

En 1946 Edgar Dale, siguiendo el concepto de Dewey de aprender a través de la experiencia, desarrolla el cono de la experiencia, en versiones posteriores integra en el cono tres modos de aprendizaje de Bruner (Lee y Reeves, 2018), como se muestra en la figura 4:

Figura 4. Cono de la experiencia de Dale.



Fuente: Elaboración propia a partir de Lee y Reeves, 2018

En el cono, la base ilustra la importancia de las experiencias directas para comunicar y aprender de manera efectiva, los cimientos del aprendizaje se fundamentarían en aprender haciendo.

Aunque en la actualidad hay un resurgir del ABPr, es una metodología didáctica que surgió hace muchos años, concretamente fue propuesta por William H. Kilpatrick en 1918, recogida en el tratado *The Project Method*, donde establece 4 categorías de proyectos (p. 147):

- Tipo 1: donde el propósito es materializar alguna idea o plan
- Tipo 2: donde el propósito es disfrutar alguna experiencia artística o estética
- Tipo 3: donde el propósito mejorar alguna dificultad intelectual o resolver algún problema
- Tipo 4: donde el propósito es desarrollar alguna competencia u obtener algún grado de conocimiento

En la tabla 1, se puede ver la clasificación que hace Domènech-Casal et al. (2018b) en función de las categorías de Kilpatrick:

Tabla 1. *Instancias y ejemplos de proyectos según las categorías de Kilpatrick.*

Instancia	Tipos de Kilpatrick	Ejemplos de Metodologías
Queremos hacer...	Elaborar un producto	“Design Thinking”
	Resolver un problema	Controversias Estudio de Casos Aprendizaje-Servicio Ciencia Ciudadana
	Disfrutar de una experiencia estética	STE[A]M
Queremos saber...	Obtener un conocimiento	Indagación y Modelización

Fuente: Domènech-Casal et al.,2018b

Actualmente el ABPr ha sufrido una evolución respecto a sus planteamientos iniciales y se encuentran proyectos que no se encasillan en solo uno de los tipos definidos por Kilpatrick, sino que cogen elementos de varios tipos.

2.2.1. Niveles de implementación del ABPr

El nivel de implementación del ABPr, nos indica el grado de integración en el currículo y a nivel institucional, García y Pérez (2018) recogen los tres niveles de implementación del ABPr, definidos por Kolmos, Hadgraft y Holgaard (2015), recogidos en la tabla 2:

Tabla 2. Niveles implementación ABP en el currículo.

<p>Add-on strategy</p>	<p>Está enfocada a la aplicación del ABP dentro de una asignatura individual y es llevada a cabo por un solo profesor o un equipo pequeño de profesores. Es una estrategia que modifica o añade un componente sin modificar la estructura existente. Supone añadir nuevas actividades de aprendizaje dentro de los cursos ya existentes, o bien puede estar organizada como actividades co-curriculares. Tiene la ventaja de poder adoptar los cambios y comenzar las actividades sin involucrar a la escuela o al departamento. Sin duda, esta es la estrategia más extendida y se ve a menudo como una estrategia individual.</p>
<p>Integration strategy</p>	<p>Va un paso más allá, coordinando varias asignaturas e integrando aspectos de empleabilidad, tales como habilidades para gestionar proyectos o emprendimiento. En la integration-strategy se coordinan varias asignaturas para implementar actividades de ABP multidisciplinares. Los cambios en la estructura del currículo son limitados, pero los cambios en las asignaturas individuales pueden ser significativos. El nivel de coordinación y la visión de conjunto del currículo se incrementan significativamente, y estos cambios necesitan generalmente estar respaldados por los gestores académicos (coordinadores, directores, decanos, etc.). Muchas agencias de acreditación esperan actualmente al menos este nivel de integración (whole-of-program integration).</p>
<p>Re-building strategy</p>	<p>Es la estrategia más compleja, ya que requiere más cambios en la organización y en la visión académica. El cambio fundamental de la visión académica consiste en enlazar la institución con el contexto social y sus necesidades. Requiere un conjunto de valores compartidos, identidad y compromisos, junto con un fuerte soporte institucional.</p>

Fuente: García y Pérez, 2018

2.2.2. Fases generales en el diseño de actividades ABPr

Mediante el análisis de varios métodos para el proceso de diseño de actividades dentro del ABPr, García y Pérez (2018), establecen unas fases generales (p. 48):

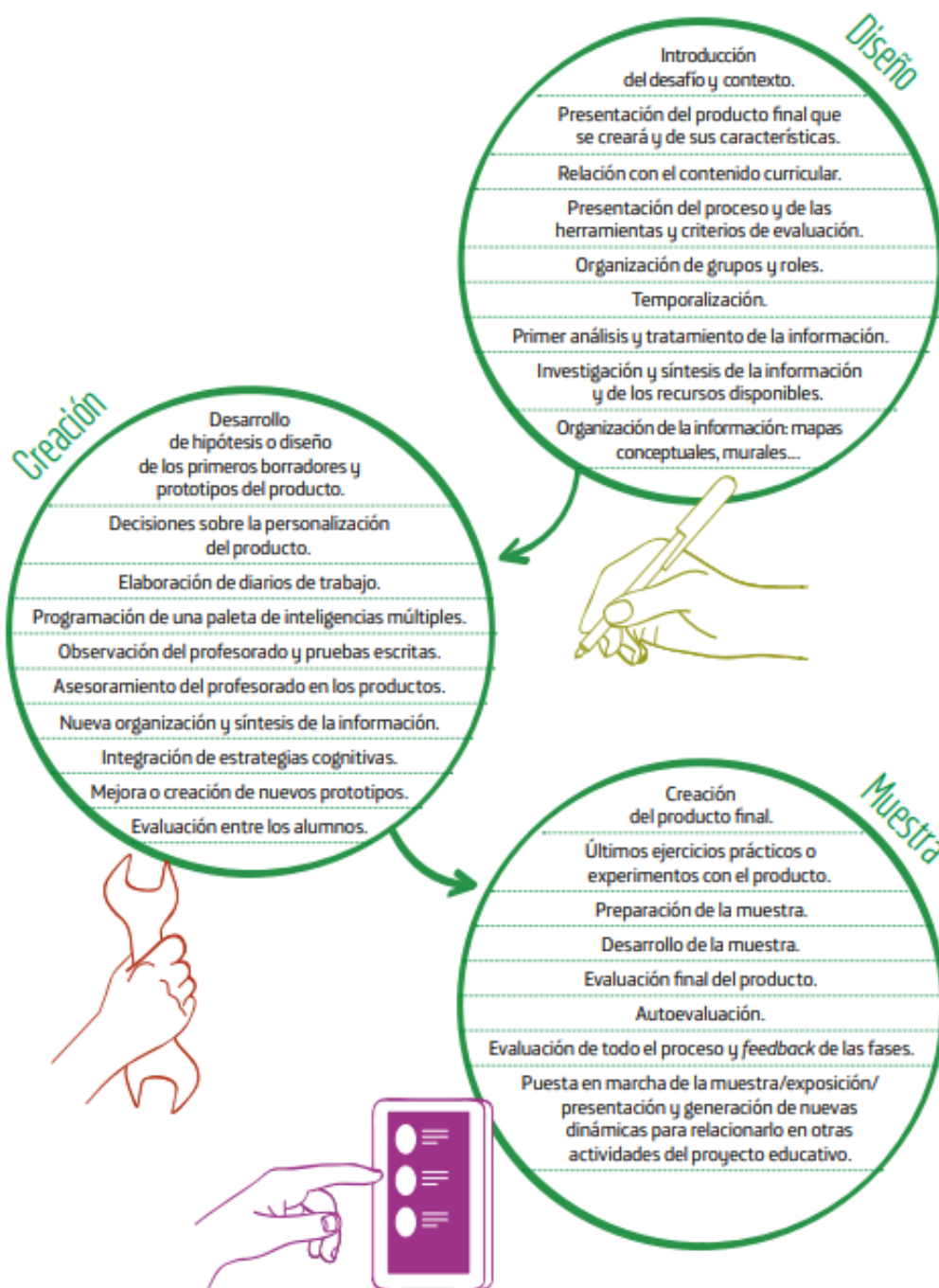
- 1) Desarrollo de la idea del Proyecto. Análisis del contexto y pregunta motriz
- 2) Preparación del soporte. Preparación del material, prever dificultades
- 3) Planificación de las actividades
- 4) Presentación final del proyecto y evaluación

El diseño de actividades en el ABPr es una parte crucial del proceso, donde el docente debe prestar más atención, ya que elegir una idea que sea atractiva tanto para él como para los alumnos, determinará que se produzca motivación por ambas partes y que se involucren y emocionen con el proyecto. Preparar un buen material y anticiparse a las dificultades, facilitará el desarrollo posterior y la evaluación continua hará que se mejore, puesto que una vez de se implanta el ABPr como metodología de una manera continuada, es un proceso que precisa actualización y mejora.

2.2.3. Fases ABPr en el aula

Para llevar a cabo el ABPr en el aula debemos seguir una secuencia didáctica que definirá el proyecto, esta secuencia no es cerrada, pero se debe llevar un orden coherente. Hernando (2015) en la figura 5, nos propone una secuenciación de las fases de un proyecto:

Figura 5. Fases del Aprendizaje Basado en Proyectos.



Fuente: Hernando, 2015

Como se ve en la figura las fases son diseño, creación y muestra, para implementar el ABPr no será necesario incluir todos los puntos que propone Hernando, para hay algunos que son muy convenientes. En la fase de diseño es importante introducir el reto a los alumnos de una manera adecuada, con un producto final para que los ayude a hacerse una idea de que es lo que se pide, hay que explicar todas las fases, el contenido que van a estudiar, el proceso, las herramientas y temporalización para que quede todo claro, en esta fase es muy importante la investigación y la indagación. En la segunda fase los alumnos ya han investigado y empiezan a crear los primeros bocetos y prototipos. Por último, en la fase de muestra los alumnos crean el producto final y lo muestran, el hecho de tener audiencia en la muestra es un punto importante puesto que produce más compromiso y motivación.

2.2.4. La evaluación en el ABPr

La manera de evaluar debe ser acorde con la metodología empleada, hay una correlación entre enseñanza y evaluación, y esta última determina la manera en la que aprenden los estudiantes. A la hora de usar el ABPr, lo que debemos valorar es como aprenden los alumnos, que contenidos han aprendido desarrollando el proyecto, la calidad del producto final y las competencias que han trabajado. Al tener tantas variables que analizar, la evaluación no se puede realizar con las herramientas tradicionales. Además de evaluar el aprendizaje, para que la evaluación sea completa y constructiva, se debe evaluar el proyecto y la práctica docente (Trujillo, 2013).

Un aspecto para tener en cuenta en el ABPr es quién evalúa, esta metodología es idónea para que sea compartida entre el docente y el alumno. La autoevaluación ayuda a que el estudiante se haga responsable de su propio aprendizaje, analizando el proceso y los resultados obtenidos, detectando los momentos que le suponen un mayor reto o encuentra más dificultades, en definitiva, haciendo un ejercicio de reflexión sobre su aprendizaje (Trujillo, 2013).

Cuando se aprende realizando un proyecto, se produce un proceso de aprendizaje que culmina en un producto final, por lo tanto, es importante evaluar tanto el producto final como el proceso. Para evaluar el proceso se puede usar como procedimiento la observación sistémica, usando como instrumentos escalas de observación o diarios de clase.

Por otro lado, para evaluar el producto final, se puede hacer un análisis documental o del producto, a nivel documental el portfolio es una herramienta muy útil, donde el alumno lleva un registro de todo el proceso y recoge todo el material elaborado durante el desarrollo del proyecto, como: textos, imágenes, videos, tablas, bocetos. Esta herramienta, además de servir para hacer una evaluación sumativa, puede ayudar a la evaluación continua, haciendo una revisión periódica, detectando problemas que pueden experimentar los alumnos y retroalimentando el proceso. Una buena opción son los portfolios digitales, que además ayudarán a trabajar la competencia digital, un recurso específico para la elaboración de portfolios digitales es [Mahara](#). El portfolio es un elemento multidimensional, que puede contener rúbricas y partes del diario de aprendizaje (Trujillo, 2014).

Las rúbricas son instrumentos muy útiles para evaluar, consiste en una matriz que por un lado concretiza unos objetivos o criterios de evaluación, expresados en un lenguaje comprensible para los alumnos, y los ordena en función de niveles de consecución. En primer lugar, esto va a hacer que los alumnos sepan de antemano que necesitan realizar para llevar a cabo las tareas con éxito. En segundo lugar, ayuda al docente a realizar una evaluación objetiva, justa y precisa (Trujillo, 2014). Además, la rúbrica es un buen instrumento para llevar a cabo autoevaluación y coevaluación por parte de los alumnos (Trujillo, 2013).

2.2.5. Aprendizaje cooperativo dentro del ABPr

El aprendizaje cooperativo es una de las bases del enfoque STEAM y del ABP, donde las interacciones sociales cobran gran relevancia y el desarrollo del proceso de aprendizaje se realiza, mayormente, a través de la intervención entre iguales.

El concepto de cooperación implica trabajar de manera conjunta para lograr un objetivo común. En un entorno cooperativo se busca lograr resultados que favorezcan tanto al individuo como al grupo. Johnson et al. (1999), define el aprendizaje cooperativo como “el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás” (P.5).

A través del aprendizaje cooperativo se puede incrementar el rendimiento de los alumnos, si es bien implementado, tanto los alumnos con mayores capacidades como aquellos que presentan más dificultades se ven beneficiados. También ayuda a que se creen buenas

relaciones sociales en el aula, abrazando la diversidad. De igual modo brinda unas condiciones para que se produzca un desarrollo social, psicológico y cognitivo sano en el alumno (Johnson et al., 1999).

Un aspecto importante que tener en cuenta en el aprendizaje cooperativo es la conformación de los grupos, no hay una regla fija que defina el número concreto de alumnos para formar un grupo, pero debería encontrarse entre dos y cuatro miembros. Para determinar el tamaño del grupo, se deben tener en cuenta los objetivos, la edad de los estudiantes, el tiempo y la experiencia que tienen en trabajo en grupo. Cuando los grupos son numerosos se enriquecen con las aportaciones que hace cada miembro, pero también aumenta el número de interacciones, por lo que pueden aparecer problemas de comunicación, menor intimidad para expresar para expresarse y una menor responsabilidad individual. De igual modo, si el tiempo es limitado, es preferible que el grupo sea lo más reducido posible. Por lo tanto, cuando los grupos son reducidos, se produce una mayor participación de todos los miembros y es más fácil detectar las dificultades individuales (Johnson et al., 1999).

La distribución de los alumnos en grupos se puede hacer de una forma homogénea, donde en algunas situaciones resultará interesante, pero de manera general, se intentará que los grupos sean lo más heterogéneos posible. Cuando los miembros tienen diferentes rendimientos e intereses, se enriquece el proceso al aportar otros puntos de vista y diversidad en la forma en la que se abordan las tareas, esto hace que se produzca un mayor desequilibrio cognitivo, que motivará el aprendizaje y promoverá un pensamiento más profundo (Johnson et al., 1999).

Por último, la asignación de roles en el aprendizaje cooperativo es importante, puesto que guía al alumno en la función a desempeñar dentro del grupo, previene la adopción de actitudes pasivas o dominantes y hace que se produzca una interdependencia positiva entre los estudiantes.

2.2.6. Principales retos del ABPr

Aunque el ABPr ha demostrado que es un método que al implementarlo correctamente en el aula mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje, también se enfrenta a algunos retos. A continuación, se muestran los problemas más frecuentes que se encuentran los alumnos y decentes (García y Pérez, 2018):

- Dificultades de los alumnos al enfrentarse al aprendizaje autónomo.
- La evaluación del aprendizaje es más compleja.
- Dificultad para la organización del profesor por la diversidad en el ritmo de aprendizaje.
- Incremento de la carga de trabajo para el docente al tener que planificar los proyectos, diseñar las actividades y la evaluación.
- Incremento del tiempo de trabajo del alumno.
- Metodología costosa puesto que demanda más materiales y recursos.

2.3. Enseñanza y aprendizaje de la geometría dentro de un enfoque STEAM

2.3.1. Definición y breve historia de la geometría

Se puede definir la geometría como el estudio de las propiedades, magnitudes, relaciones y elementos constitutivos de las figuras en el plano o en el espacio (Andonegui, 2006). Esta definición posiblemente simplifique la riqueza de la geometría, ya que esta rama de las matemáticas tiene un carácter polifacético, se relaciona con otros ámbitos matemáticos, así como con las ciencias, las humanidades y en general con la vida cotidiana, por lo que es multidimensional. Dentro de las dimensiones de la geometría, se encuentra la biológica, relacionada con las capacidades del ser humano de percepción, sentido espacial y visualización. Su dimensión física analiza las figuras y objetos, su representación y modelización. Su dimensión aplicada sirve como herramienta para otros campos del conocimiento. Cuando hablamos de su dimensión teórica, se alude al rigor y la abstracción (Camargo y Acosta, 2012).

Analizando las diferentes dimensiones, se puede ver que por un lado existe una parte más empírica y en contraposición otra más teórica. A lo largo de la historia de la geometría, ha sido evidente esta interdependencia entre las dos partes, al estar relacionada desde su aparición a las actividades de los grupos humanos; sociales, artísticas, culturales, científicas y tecnológicas (Camargo y Acosta, 2012).

Buscando los orígenes de la geometría como disciplina científica, nos tenemos que remontar a la antigua Grecia, donde Euclides con su tratado *Elementos*, recoge todo el conocimiento matemático de la época con gran rigor; aportando definiciones, postulados y axiomas; usando

la abstracción y el pensamiento deductivo, sentando las bases de un modelo de sistematización racional (Camargo y Acosta, 2012; Ostermann y Wanner, 2012).

Aunque la teoría más aceptada es que los griegos dotaron a la geometría de su carácter abstracto, algunos documentos reconocen un alto grado de desarrollo geométrico en los egipcios. Realmente, la aparición de la geometría de una manera empírica se remonta a las sociedades primitivas, donde se encuentra el uso de detalles geométricos para uso ornamental, así como la búsqueda de la simetría y de formas definidas a la hora de construir edificaciones, joyas, instrumentos. Hay varias civilizaciones prehelénicas que habían desarrollado conocimientos geométricos de los que hay constancia, como son la Cultura del Valle del Indo, la China antigua, Mesopotamia y Egipto. De hecho, el término Geometría proviene del griego γεωμετρία, palabra compuesta por la raíz γεω-tierra y el verbo μετρία-medir, que significaría el arte de medir la tierra, y según el Historiador Herodoto, tiene su origen en Egipto. La geometría habría surgido, debido a la necesidad de medir los campos agrícolas periódicamente por las inundaciones que producía el río Nilo. Más adelante estos conocimientos se introducirían en la Antigua Grecia, probablemente por Thales de Mileto, que viajó por Egipto y Mesopotamia donde adquirió parte de los conocimientos que estas dos civilizaciones habían desarrollado (Cornelio, 2011; Ostermann y Wanner, 2012; Scriba y Schreiber, 2010).

Los tratados de Euclides y su legado, reflejado en el posterior desarrollo de las matemáticas en la antigua Grecia, han sido hegemónicos durante casi 2000 años. No es hasta el renacimiento que hay nuevas aportaciones significativas, surgiendo la geometría proyectiva. Más adelante aparecerá la geometría analítica, que combina métodos algebraicos, y ya en el siglo XVIII la geometría descriptiva, desarrollando métodos de representación de objetos en tres dimensiones, estas disciplinas son capaces de combinar aspectos visuales y conceptuales. Pero es en el siglo XIX cuando hay una gran explosión de varias disciplinas geométricas y aparece la geometría no-euclidiana, caracterizada por un alto nivel de abstracción. Este florecimiento continuará hasta principios del siglo XX. En los últimos años se produce un nuevo interés por la geometría debido a los avances tecnológicos, que han dado origen a nuevos campos de investigación (Camargo y Acosta, 2012; Scriba y Schreiber, 2010).

Si bien hubo un momento en el que se trató de liberar la geometría de su empirismo y concebirla desde un punto racional absoluto, estudios psicológicos y epistemológicos,

determinaron la necesidad de tener una base empírica para construir la teórica. Los avances en geometría no se deben solo a la investigación matemática, sino que hay otras áreas que han hecho grandes aportaciones como; el arte, la arquitectura, la ciencia. El desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas, con las que se puede trabajar de manera más visual ha permitido el estudio de la geometría de una manera significativa (Camargo y Acosta, 2012).

2.3.2. Importancia y objetivos de la enseñanza-aprendizaje de la geometría

Según Barrantes et al. (2013) la potenciación de la capacidad visual de los alumnos y la verificación empírica de conceptos teóricos; mediante la visualización, manipulación y experimentación con objetos reales, tiene una gran influencia en el desarrollo de otras capacidades matemáticas. Andonegui (2006, p. 9) afirma que: “el estudio de la geometría, además de desarrollar la intuición espacial, trata de integrar la visualización con la conceptualización; la manipulación y experimentación con la deducción; y todo ello, con la resolución de problemas y la aplicación de los conocimientos geométricos”.

Dado el carácter multidimensional, polifacético y la riqueza de la geometría, esta es probablemente la rama de las matemáticas que más aporta a la formación del alumno. Resumiendo, se podría decir que la importancia del estudio de la geometría radica por un lado en la influencia que tiene para el desarrollo cognitivo y por otro lado la conexión que brinda al alumno con la vida real, influyendo así en el desarrollo del individuo (Barrantes et al., 2013; Camargo y Acosta, 2012).

A continuación, vamos a exponer algunos de los objetivos que persigue la enseñanza de la geometría, según Barrantes et al. (2013), y Camargo y Acosta (2012):

- Integrar su enseñanza con el ambiente que nos rodea para que el alumno pueda explorar el espacio tridimensional
- Preparar al alumno para desarrollar capacidades que le permitan abordar futuras tareas mediante un razonamiento lógico
- Introducir la parte teórica a través de la percepción y la intuición
- Lograr el balance entre la parte empírica y teórica de la enseñanza de la geometría

Las investigaciones en didáctica de la geometría empezaron a desarrollarse a mitad del siglo pasado. Jean Piaget hace valiosas aportaciones en este campo sobre el desarrollo de manera

Enfoque STEAM: Enseñanza-aprendizaje de la geometría en 4º de ESO a través del diseño de la ciudad sostenible progresiva de conceptos geométricos en los niños (Camargo, 2011). A finales de los años cincuenta Dina Van Hiele-Geldof y Pierre Marie Van Hiele, presentan un modelo de razonamiento y aprendizaje de la geometría, que sigue teniendo gran vigor hoy en día (Andonegui, 2006).

2.3.3. Modelo de Van Hiele

El modelo de Van Hiele, está basado en las investigaciones que llevaron a cabo sus autores, alentadas por dar respuesta a la problemática que se encontraban en sus aulas. Los problemas más habituales eran la falta de comprensión de conceptos, poca capacidad de razonamiento o la tendencia a memorizar las demostraciones (Jaime y Gutiérrez, 1990). El modelo estructura por niveles el avance en el desarrollo del razonamiento geométrico. A continuación, en la tabla 3, se muestran los niveles de manera resumida por Andonegui (2006, p. 10):

Tabla 3. *Niveles de razonamiento de Van Hiele*

Nivel 1	Reconocimiento	Las personas reconocen las figuras geométricas sólo por su forma, por su apariencia física, globalmente. No reconocen sus partes, ni sus propiedades.
Nivel 2	Análisis	Ahora las personas pueden reconocer que las figuras tienen partes o elementos, incluso las figuras pueden ser reconocidas por sus partes, aunque no se identifican las relaciones existentes entre ellas. Las propiedades de las figuras se establecen experimentalmente.
Nivel 3	Clasificación	En este nivel, las figuras se determinan por sus propiedades. Los objetos geométricos pueden ser definidos incluso de más de una manera a partir de las propiedades que relacionan a sus elementos. Esto permite diferenciar unos objetos de otros a partir de sus semejanzas y diferencias, es decir clasificarlos.
Nivel 4	Deducción formal	Llegados a este nivel, las personas están en capacidad de desarrollar demostraciones, es decir, de formar una secuencia deductiva de argumentaciones para ir obteniendo nuevos resultados a partir de los anteriores.

Fuente: Elaboración propia a partir de Andonegui, 2016, p. 10

El modelo de Van Hiele tiene características que lo definen, lo primero es que los niveles están organizados de un manera jerarquizada y secuencial, para alcanzar un nivel es necesario haber superado el nivel anterior. También hay que prestar especial atención al lenguaje, ya que a cada nivel le corresponde un lenguaje específico. Por último, el paso de un nivel a otro debe

producirse de manera gradual, produciéndose en el alumno momentos de transición entre niveles (Jaime y Gutiérrez, 1990)

2.3.4. Dificultades en el proceso enseñanza-aprendizaje de la geometría

En el proceso de enseñanza-aprendizaje pueden surgir algunas dificultades que impidan conseguir los objetivos que se persiguen. En la clase tradicional ha primado un aprendizaje deductivo, donde hay una tendencia a la memorización de conceptos y procedimientos, esto unido a una excesiva aritmetización y algebrización de la geometría, hace que los alumnos en el contexto del aula puedan calcular problemas de relativa dificultad pero que, en la práctica, cuando se encuentran con un problema más elemental en la vida cotidiana no sean capaces de abordarlo (Barrantes et al., 2013).

Se ve también inconsistencia por parte de los alumnos a la hora de justificar los criterios seguidos en la resolución de actividades geométricas, que muestran una desconexión entre definición del concepto e imagen del concepto. Esta desconexión se acentúa especialmente en el espacio tridimensional (Gutiérrez y Jaime, 2015).

Tall y Vinner (1981) estudiaron el conflicto cognitivo que se produce en los estudiantes de matemáticas entre la imagen individual que crean de un concepto y su concepto formal. Definen *imagen de concepto* como “el total de estructuras cognitivas que están asociadas con el concepto, lo que incluye todas las imágenes mentales, propiedades asociadas y procesos. Es construida a lo largo de los años a través de todo tipo de experiencias, cambiando conforme los individuos experimentan nuevos estímulos y maduran” (p. 152). Por otro lado, la *definición de concepto* se recibe de manera verbal y sería una “formación de palabras usadas para especificar un concepto [...] esta forma de palabras es lo que el estudiante usa para dar su propia explicación (lo que le evoca) su imagen de concepto” (p. 152).

Según Turégano (2006) para evitar que se produzca esta disonancia cognitiva se deben proporcionar diversidad de ejemplos y contraejemplos para que los estudiantes vayan conformando la imagen de concepto de la manera más rica posible.

2.3.5. Metodologías, estrategias y recursos didácticos

Las tendencias actuales en educación secundaria se centran en enseñar unos contenidos de geometría con un carácter más práctico, conectados con la vida real que desarrollen habilidades cognitivas más generales y que proporcionen los cimientos para niveles de razonamiento superior. Es en esta etapa cuando sin olvidar que el alumno debe seguir manipulando y aprendiendo de manera intuitiva, el profesor debe ir estructurando y dando rigor a los conocimientos que los alumnos van adquiriendo de manera empírica (Barrantes et al., 2013).

Dado el proceso de enseñanza-aprendizaje de la geometría, las metodologías que favorecen este proceso, son aquellas con una base constructivista, como son el Aprendizaje basado en Problemas, el Aprendizaje basado en Proyectos o el Aprendizaje basado en la Indagación. Los conocimientos construidos por los alumnos son más significativos, profundos y extrapolables a diferentes contextos (Barrantes et al., 2013).

Al implementar estas metodologías es importante incorporar recursos y estrategias didácticas que favorezcan el aprendizaje.

La integración de otras materias como son la historia y evolución de las matemáticas, la relación con el arte, la arquitectura y las ciencias, son altamente motivantes porque producen un conocimiento situado (Barrantes et al., 2013).

Por otro lado, es importante todavía en los niveles de secundaria seguir incorporando recursos manipulativos ya que: incrementan la motivación; ayudan a la construcción del aprendizaje, llegando a la abstracción mediante la manipulación de los objetos; relacionan el conocimiento formal con los esquemas sensoriomotores (Barrantes et al., 2013; Papert, 1980).

En los últimos años el desarrollo de la tecnología ha hecho que las TIC empiecen a estar muy presentes en las aulas. Especialmente para la enseñanza de la geometría ha tomado especial relevancia el uso de aplicaciones de geometría dinámica, tanto para la representación en el plano como en el espacio tridimensional. Las investigaciones indican que el uso de estas aplicaciones tiene mayormente una influencia positiva en el aprendizaje (Gutiérrez y Jaime, 2015). Últimamente también han irrumpido con fuerza las propuestas que incorporan la impresión 3D y la realidad aumentada, recursos que son altamente motivantes para los alumnos.

Son diversos los recursos tecnológicos de geometría dinámica o diseño asistido por ordenador (CAD por sus siglas en inglés), que podemos aplicar en el aula, a continuación, enumeramos los más usados:

- GeoGebra
- Cabri 3D
- The Geometer's Sketchpad
- AutoCAD
- TinkerCAD

2.4. Exploración de propuestas similares

En los últimos años se están llevando a cabo multitud de iniciativas innovadoras basadas en el enfoque STEAM. Los ejemplos a nivel mundial son numerosos, de igual modo también podemos ver que en España están cogiendo más fuerza. A continuación, exponen algunos proyectos:

- El proyecto KIKS (Kids Inspire Kids for STEAM, en español Chicos Motivan Chicos en Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) es un proyecto de la Unión Europea, dentro del Marco Erasmus +, de dos años de duración. Han llevado a cabo con éxito numerosas actividades STEAM que se pueden consultar en la página web del proyecto: <https://www.kiks.unican.es/>
- Robotimáticas: STEAM en el aula de Matemáticas. Es un proyecto que Jerónimo Torres que ha llevado a cabo en el IES Pérez de Guzmán, con la intención de “enseñar a los alumnos a poner en práctica modelos matemáticos a través de la programación y su interacción con el mundo que nos rodea, mostrando las matemáticas que podemos encontrar en el Arte, la Música, la Tecnología, ... fomentando así el pensamiento estructurado, la resolución de problemas, la creatividad, el autoaprendizaje y un largo etc.” (Iglesias, 2021, p. 1)
- ABP Mates es una página web donde su autor, Javier Benjumedá, comparte los proyectos llevados a cabo en el centro IES El Parador, donde imparte clase, algunos de los proyectos que ha llevado a cabo son: *Ciudad Sostenible*, *Código Da Vinci*, *CDV aventura digital*, *Mateschef*, *Mathletics*. Se pueden consultar en su página web: <https://abpmates.es/>

3. Propuesta de intervención

3.1. Presentación de la propuesta

Analizando en el currículo de secundaria el bloque de geometría vemos que a lo largo de los tres primeros cursos los alumnos van estudiando la geometría plana y las figuras geométricas de una manera jerarquizada. Una vez que llegamos a 4º de ESO vemos que los contenidos han sido la mayoría estudiados en cursos anterior y que lo que se pretende en este curso es mostrar un uso más instrumental de la geometría, por un lado, apoyado en los recursos tecnológicos y por otro adquirir mayores niveles de abstracción y afianzar la resolución algebraica de problemas geométricos.

Esta propuesta se basa en la realización de un proyecto, usando metodologías activas como el ABPr y el Aprendizaje cooperativo. El proyecto consiste en la realización de una maqueta, donde el río es el elemento que conformará la planificación de la ciudad. Para ir introduciendo los contenidos de manera jerarquizada, como sucede en los proyectos reales, los alumnos deberán planificar en el plano para después pasar a dimensionar y diseñar los edificios de la ciudad, sirviéndose software de geometría dinámica y entornos CAD, para luego materializar el modelo imprimiéndolo en 3D. El proyecto concluirá con la creación del producto final que es una maqueta de la ciudad.

3.2. Contextualización de la propuesta

3.2.1. Entorno y características del centro

El centro donde se desarrollará la propuesta se encuentra en la ciudad de Granada, en la comunidad autónoma de Andalucía. Granada es una ciudad media, que cuenta con una población de 231.775 habitantes. El centro educativo se encuentra en una zona céntrica de la ciudad, en un barrio de nivel socioeconómico medio-alto, donde los niveles de población inmigrante son bajos. Las familias cuentan con un nivel educativo medio y se involucran bastante en el aprendizaje de sus hijos.

Se trata de un centro privado concertado de carácter laico, gestionado por una cooperativa de enseñanza, que ofrece las etapas de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y una amplia oferta de Estudios de Formación Profesional Básico, Medio y Superior. Debido al

carácter del centro, se apuesta fuertemente por metodologías activas, innovación y apertura del aula a la sociedad.

3.2.2. Descripción del alumnado

La intervención se va a realizar en un grupo de 4º ESO, en la asignatura de matemáticas orientadas a las enseñanzas académicas. El total de alumnos que conforma el grupo es de 22, siendo 13 chicas y 9 chicos.

Se trata de un grupo heterogéneo, donde el ritmo de aprendizaje es muy variado. Aun cuando los ritmos de aprendizaje son diferentes, los rendimientos suelen ser buenos, ya que los alumnos trabajan de manera constante y tienen una gran capacidad de esfuerzo personal. Lo que si se percibe es falta de motivación de manera generalizada cuando las actividades son repetitivas y no están contextualizadas.

Hay un alumno repetidor proveniente de otro centro, tiene un bajo autoconcepto como alumno de matemáticas, pero se esfuerza mucho en mejorar. También hay una alumna con altas capacidades que a veces se aburre en clase y molesta a otros compañeros. En ninguno de los dos casos se precisa de adaptación curricular significativa.

3.2.3. Legislación

La propuesta de intervención presentada se basa en la legislación educativa estatal, la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), que modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE), y en la legislación andaluza. Concretamente la normativa seguida para desarrollar la propuesta es la siguiente:

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3, de 3 de enero de 2015 (RD 1105/2014).
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria y el bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 25, de 29 de enero de 2015 (Orden ECD/65/2015).
- Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la

diversidad, se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado y se determina el proceso de tránsito entre distintas etapas educativas.

3.3. Intervención en el aula

3.3.1. Objetivos

En este apartado se recogen los objetivos que se pretenden conseguir con las actividades propuestas en esta intervención. Se parte de los objetivos generales para la etapa de la ESO, para continuar con los objetivos de materia, ambos establecidos en la legislación estatal y autonómica respectivamente. Para finalizar se recogen los objetivos específicos didácticos, que se han elaborado en base a los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.

3.3.1.1. Objetivos generales de etapa

Los objetivos generales de etapa establecidos en el Real Decreto 1105/2014, en los que se trabajará con el desarrollo de las actividades, son:

OGE.1. Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.

OGE.2. Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.

OGE.3. Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.

OGE.4. Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.

OGE.5. Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

OGE.6. Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.

OGE.7. Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.

OGE.8. Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.

3.3.1.2. Objetivos de área

Objetivos que se pretenden alcanzar recogidos en el Anexo II de la Orden de 15 de enero de 2021, de la Comunidad Autónoma de Andalucía:

OA.1. Identificar las formas y relaciones espaciales que encontramos en nuestro entorno; analizar las propiedades y relaciones geométricas implicadas y ser sensible a la belleza que generan, al tiempo que estimulan la creatividad y la imaginación.

OA.2. Utilizar de forma adecuada las distintas herramientas tecnológicas (calculadora, ordenador, dispositivo móvil, pizarra digital interactiva, etc.), tanto para realizar cálculos como para buscar, tratar y representar información de índole diversa y también como ayuda en el aprendizaje.

OA.3. Manifestar una actitud positiva ante la resolución de problemas y mostrar confianza en su propia capacidad para enfrentarse a ellos con éxito, adquiriendo un nivel de autoestima adecuado que le permita disfrutar de los aspectos creativos, manipulativos, estéticos, prácticos y utilitarios de las matemáticas.

OA.4. Integrar los conocimientos matemáticos en el conjunto de saberes que se van adquiriendo desde las distintas materias de modo que puedan emplearse de forma creativa, analítica y crítica.

3.3.1.3. Objetivos específicos didácticos

Los objetivos específicos didácticos establecidos para la presente unidad son los siguientes:

OE.1. Programar las fases y detectar los problemas que se deben resolver para llegar al producto final

OE.2. Organizar información e identificar las variables que deben ser tomadas en cuenta para plantear el problema

OE.3. Identificar formas geométricas planas y en el espacio en el entorno de la ciudad y su arquitectura

OE.4. Resolver problemas métricos que surgen en el contexto presentado en el proyecto

OE.5. Aplicar la razón de semejanza para trabajar a escala en el plano y con modelos.

OE.6. Diferenciar y clasificar los diferentes cuerpos geométricos según sus características usando material manipulativo y geometría dinámica.

OE.7. Calcular áreas y volúmenes de cuerpos geométricos a través de la experimentación de sus desarrollos con material manipulativo o geometría dinámica y aplicando fórmulas.

OE.8. Construir figuras en el plano y en el espacio usando herramientas tecnológicas.

OE.9. Usar herramientas tecnológicas para documentar el proceso de elaboración del proyecto.

OE.10. Reflexionar sobre el propio aprendizaje y el proceso.

3.3.2. Competencias

Mediante esta propuesta de intervención se pretende que los alumnos adquieran las competencias clave recogidas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. A continuación, se detalla cómo se van a trabajar:

Competencia comunicación lingüística (CCL)

Mediante el desarrollo de las sesiones se va a trabajar la comunicación lingüística de diferentes formas, la presentación e instrucciones para el desarrollo del proyecto precisa de una buena comprensión de textos, y va a aportar nuevos términos que enriquecerán el léxico de los alumnos. Mediante la elaboración del portfolio se trabajará la expresión escrita en diferentes formatos. El trabajo cooperativo tiene un gran peso, se formará una asamblea donde los alumnos como gran grupo mediante el diálogo crítico y el debate deben tomar decisiones acerca del proyecto, también cuando se trabaje en grupos pequeños, se producirá diálogo entre los diferentes miembros. Finalmente, los alumnos tendrán que exponer su trabajo, lo que fomenta la exposición sintética y la expresión oral en un escenario diferente al del día a día.

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)

Durante el desarrollo de las sesiones los alumnos adquirirán términos y conceptos geométricos, así como científicos y tecnológicos relacionados con el diseño asistido por ordenador y la impresión 3D, que serán algunas de las herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto. Se aplicarán los principios y procesos matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el proyecto, así como el uso de herramientas tecnológicas, para resolución de problemas en el plano y la representación de cuerpos geométricos en 3D. Se fomentará el uso ético de la tecnología para mejorar la sociedad.

Competencia digital (CD)

La adquisición de las competencias digitales se desarrolla mediante el uso de los recursos tecnológicos para investigar y recopilar información que nos servirá para poder desarrollar el proyecto de manera adecuada. De igual modo se aprenderá geometría experimentando con programas de geometría dinámica, diseño asistido por ordenador y la impresión 3D. También se servirán de otras herramientas para crear contenido para el portfolio del proyecto y servicios web educativos.

Se fomentará una actitud activa hacia la alfabetización digital, mostrando como se pueden optimizar procesos en el proyecto cuando se hace un uso crítico y adecuado de los medios las TIC.

Competencia aprender a aprender (CAA)

Durante la parte introductoria de la actividad, se anima a los alumnos a reflexionar sobre lo que saben y desconocen de los contenidos que se van a tratar. Al trabajar por proyectos se muestran estrategias de planificación para la resolución de tareas, así como formas de autoevaluación de la actividad desarrollada. Con esta intervención se pretende fomentar la creatividad y la reflexión, lo que produce motivación en los alumnos y les hace ser protagonistas de su propio aprendizaje.

Competencias sociales y cívicas (CSC)

La propuesta sigue un enfoque STEAM, que se fundamenta en la integración de diferentes disciplinas y la cooperación para llevar a cabo el proyecto, por lo que el éxito del proyecto solo se produce cuando se trabaja de una manera integrativa. A través del trabajo cooperativo con grupos heterogéneos se fomentará la igualdad, la no discriminación y el respeto entre todos los miembros del aula. De igual forma mediante el diálogo se pretende escuchar activamente todos los puntos de vista y enriquecer el trabajo con las propuestas que aporten los diferentes miembros del grupo.

Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (CSIEE)

Debido al carácter de la propuesta basada en un proyecto, los alumnos tienen que trabajar en grupo y tomar decisiones en cuanto a cómo van a desarrollar las propuestas, consensuar como se repartirá el trabajo, su planificación y que cuerpos geométricos van a elegir.

Competencia conciencia y expresiones culturales (CEC)

Se estudiarán la geometría a través de la arquitectura y se pondrá en relieve el gran aporte de la geometría a las artes y al patrimonio cultural, desarrollado a través de la historia. De igual forma se fomentará la apreciación del sentido estético en la arquitectura, y el desarrollo de la imaginación y la creatividad, a través de las creaciones de los alumnos.

3.3.3. Contenidos

Los contenidos a desarrollar forman parte del bloque 3. Geometría, de la asignatura de matemáticas aplicadas a las enseñanzas académicas de 4º de ESO, recogidos en el anexo II de la Orden de 15 de enero de 2021. En la tabla 4 se presentan los contenidos relacionados con los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje:

Tabla 4. *Relación entre objetivos, contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje.*

Objetivos	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
OE.1.	C1. Planificación del proceso de resolución de problemas	CE.1. Expresar verbalmente, de forma razonada el proceso seguido en la resolución de un problema.	EA.1. Expresa verbalmente, de forma razonada, el proceso seguido en la resolución de un problema, con el rigor y la precisión adecuada.
OE.2.	C2. Planteamiento de investigaciones matemáticas escolares en contextos numéricos, geométricos, funcionales, estadísticos y probabilísticos.	CE.2. Elaborar y presentar informes sobre el proceso, resultados y conclusiones obtenidas en los procesos de investigación.	EA.2. Expone y defiende el proceso seguido, además de las conclusiones obtenidas utilizando distintos lenguajes: algebraico, gráfico, geométrico, estadístico-probabilístico.
OE.3.	C3. Práctica de los procesos de matematización y modelización, en contextos de la realidad y en contextos matemáticos.	CE.3. Desarrollar procesos de matematización en contextos de la realidad cotidiana (numéricos, geométricos, funcionales, estadísticos o probabilísticos) a partir de la identificación de problemas en situaciones problemáticas de la realidad.	EA.3. Establece conexiones entre un problema del mundo real y el mundo matemático, identificando el problema o problemas matemáticos que subyacen en él y los conocimientos matemáticos necesarios.
OE.10.	C4. Confianza en las propias capacidades para desarrollar actitudes adecuadas y afrontar las dificultades propias del trabajo científico.	CE.4. Reflexionar sobre las decisiones tomadas, aprendiendo de ello para situaciones similares futuras.	EA.4. Reflexiona sobre los problemas resueltos y los procesos desarrollados, valorando la potencia y sencillez de las ideas claves, aprendiendo para situaciones futuras similares.
OE.8. OE.9.	C5. Utilización de medios tecnológicos en el proceso de aprendizaje para: a) la recogida ordenada y la organización de datos c) facilitar la comprensión de propiedades geométricas o funcionales y la realización de cálculos de tipo numérico, algebraico o estadístico e) la elaboración de informes y documentos sobre los procesos llevados a cabo y los resultados y conclusiones obtenidas f) comunicar y compartir, en entornos apropiados, la información y las ideas matemáticas.	CE.5. Emplear las herramientas tecnológicas adecuadas, de forma autónoma, realizando cálculos numéricos, algebraicos o estadísticos, haciendo representaciones gráficas, recreando situaciones matemáticas mediante simulaciones o analizando con sentido crítico situaciones diversas que ayuden a la comprensión de conceptos matemáticos o a la resolución de problemas.	EA.5. Recrea entornos y objetos geométricos con herramientas tecnológicas interactivas para mostrar, analizar y comprender propiedades geométricas.

Objetivos	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
OE.4. OE.6. OE.7.	C.6. Aplicación de los conocimientos geométricos a la resolución de problemas métricos en el mundo físico: medida de longitudes, áreas y volúmenes.	CE.6. Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación de modo habitual en el proceso de aprendizaje, buscando, analizando y seleccionando información relevante en Internet o en otras fuentes, elaborando documentos propios, haciendo exposiciones y argumentaciones de los mismos y compartiendo estos en entornos apropiados para facilitar la interacción.	EA.6.1. Elabora documentos digitales propios (texto, presentación, imagen, video, sonido, ...), como resultado del proceso de búsqueda, análisis y selección de información relevante, con la herramienta tecnológica adecuada y los comparte para su discusión o difusión. EA.6.2. Utiliza los recursos creados para apoyar la exposición oral de los contenidos trabajados en el aula. EA.6.3. Usa adecuadamente los medios tecnológicos para estructurar y mejorar su proceso de aprendizaje recogiendo la información de las actividades, puntos fuertes y débiles de su proceso académico y estableciendo pautas de mejora.
OE.5.	C.7. Semejanza. Figuras semejantes. Razón entre longitudes, áreas y volúmenes de cuerpos semejantes.	CE.7. Calcular magnitudes efectuando medidas directas e indirectas a partir de situaciones reales, empleando los instrumentos, técnicas o fórmulas más adecuadas y aplicando las unidades de medida.	EA.7.1. Utiliza las herramientas tecnológicas, estrategias y fórmulas apropiadas para calcular ángulos, longitudes, áreas y volúmenes de cuerpos y figuras geométricas. EA.7.2. Utiliza las fórmulas para calcular áreas y volúmenes de triángulos, cuadriláteros, círculos, paralelepípedos, pirámides, cilindros, conos y esferas y las aplica para resolver problemas geométricos, asignando las unidades apropiadas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Orden de 15 de enero de 2021

3.3.4. Metodología

Como bien se menciona en el Anexo II de la Orden de 15 de enero de 2021, de la Comunidad Autónoma de Andalucía, las matemáticas tienen un carácter instrumental e interdisciplinar. En el proceso enseñanza-aprendizaje, enfocado a la adquisición de las competencias clave, debe potenciarse la transversalidad y el carácter integral del mismo. Concretamente para el bloque de geometría, la orden propone usar metodologías activas y como estrategias

metodológicas el uso de material manipulativo, el uso de programas y aplicaciones de geometría dinámica, así como incorporar en el aprendizaje las relaciones con otras disciplinas como el arte, la naturaleza, la arquitectura o la ciencia.

Con el desarrollo de esta propuesta se ha intentado desarrollar el carácter polifacético de la geometría mediante un enfoque STEAM, usando como metodologías el Aprendizaje Basado en Proyectos y el trabajo cooperativo para aprender geometría a través de la ciencia, el arte y la arquitectura, apoyándonos en el uso de material manipulativo, geometría dinámica, entornos CAD y la impresión 3D, para hacer la asignatura más experimental, donde se puedan manipular los objetos y por lo tanto más motivadora.

Como se ha expuesto en el marco teórico, con esta metodología se busca aprender a través de la experiencia, aprender haciendo, para ello los alumnos durante el desarrollo del proyecto irán adquiriendo los contenidos y trabajando las competencias. Según los tipos de proyectos de Kilpatrick (1918), el presente proyecto es una combinación de los tipos *elaborar un producto* y *disfrutar de una experiencia estética*. El nivel de implantación será solo dentro de la asignatura de matemáticas, aunque tendrá elementos de otras disciplinas. Para el desarrollo del ABP en el aula se seguirán las fases propuestas por Hernando (2015): diseño, creación y muestra; que se detallarán en el cronograma de las actividades.

El trabajo cooperativo va a ser una pieza fundamental, según las actividades se trabajará con distintos tipos de agrupamiento. Se partirá de una asamblea general donde se trabajará como grupo-clase, promoviendo la participación de todos los alumnos mediante lluvia de ideas, escucha activa y respetuosa de los compañeros, diálogo crítico y toma de decisiones de una manera consensuada y democrática. La mayoría de las actividades se van a realizar de manera cooperativa, se formarán grupos heterogéneos de entre 3 y 4 alumnos, aunque también es fundamental dar espacio el trabajo individual, siempre apoyado en el grupo y el profesor como guía del proceso.

Durante algunas actividades deberá haber coordinación entre los diferentes grupos que se formen, por lo que se nombrará un coordinador general del proyecto. Se va a crear un espacio en Google Classroom <https://classroom.google.com/u/1/c/NDQ0NzM1MjE4Nzc0?hl=es> donde se compartirá todo el material y recursos para que los alumnos puedan acceder siempre a ellos, respetando los ritmos y particularidades de cada uno de ellos. De igual modo a través de la plataforma los alumnos compartirán su trabajo.

Las primeras actividades se centran en analizar los problemas que nos plantea el proyecto y darles respuesta mediante la observación del entorno, la indagación y la investigación. En la segunda etapa nos centramos más en el diseño, el alumno ya ha investigado, reflexionado y debe dar respuesta a los problemas planteados de una manera creativa. En la siguiente etapa los alumnos deben materializar su propuesta, sirviéndose de recursos tecnológicos para crear los edificios de la ciudad basándose en figuras geométricas. Por último, se debe presentar el producto final en coordinación con todo el equipo. En todo momento el alumno debe ser el protagonista de su aprendizaje, el docente será facilitador y guiará el proceso.

3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades

Para hacer el cronograma y secuenciación de las actividades, basadas en las fases del ABPr en el aula propuestas por Hernando (2015), se recogen en la tabla 5:

Tabla 5. Cronograma con secuenciación de las actividades.

CRONOGRAMA ABPr DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE				
Fases ABPr		Actividades	Sesión 55'	
DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> Introducción del desafío y contexto Presentación del producto final Relación con el contenido curricular Presentación del proceso, herramientas y criterios de evaluación Organización de grupos y roles Temporalización 	1. Presentación de la ciudad sostenible	1	Sostenibilidad
	<ul style="list-style-type: none"> Primer análisis y tratamiento de la información Investigación y síntesis de la información Organización de la información 	2. Pensando la ciudad sostenible	2	
		3. La geometría a través de la ciudad y su arquitectura	3 4	
CREACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de hipótesis de diseño Primeros bocetos, borradores y modelos 	4. Geometría a la egipcia: se desborda el río, ¡A medir la tierra!	5 6	Elaboración Portfolio
		5. Experimentando con los cuerpos geométricos, una historia platónica	7 8	
MUESTRA	<ul style="list-style-type: none"> Creación del producto final Últimos ejercicios prácticos Preparación de la muestra 	6. Creando el modelo	9 10 11 12	
		7. Preparando la maqueta	13	
	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación final del producto por parte del profesor Autoevaluación Evaluación del proceso 	8. ¿Qué tal lo hemos hecho?	14 15	
	<ul style="list-style-type: none"> Exposición y generación de nuevas dinámicas 	9. Exhibiendo en público <i>La ciudad sostenible</i>	16	

■ Actividades enfocadas a romper estereotipos de género mostrando mujeres que han destacado en disciplinas científico-tecnológicas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Actividad 1.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE		
Actividad 1. Presentación de la Ciudad Sostenible	Sesión 1	
Objetivos	Contenidos	
OGE.1, OGE.2, OGE. 5, OG. 6, OA.4, OE.1, OE.2	C1	
Desarrollo de la actividad	Competencias	
<p>Introducción al proyecto: En la primera sesión se introduce el proyecto mediante el dossier del proyecto y la maqueta de ejemplo de producto final. Se presentan los contenidos que se van a trabajar con la realización del proyecto, así como el proceso y sus fases, las herramientas que se van a usar y como se lleva a cabo la evaluación. Se muestra la plataforma educativa <i>Google Classroom</i> y el material que se puede encontrar allí. (20')</p> <p>Ronda de preguntas: Se realizan preguntas de manera bidireccional, primero serán los alumnos los que pregunten las dudas y una vez resueltas, el docente lanzará preguntas para asegurarse de que los alumnos han comprendido el proceso. (15')</p> <p>Organización de grupos y roles: Se forman 6 grupos de 3 alumnos y 1 grupo de 4, que serán fijos durante todo el proyecto. Se asignan los roles, en cada grupo habrá un coordinador, un controlador y un portavoz. En el grupo de 4, el cuarto alumno, que será la chica con altas capacidades, tendrá el rol de coordinadora general del proyecto. A continuación, se consensuan las normas y se explican las funciones de cada rol. Se produce la primera reunión del grupo e intercambio de las primeras ideas. (15')</p> <p>Temporalización: Una vez formados los grupos se muestra el cronograma y la temporalización del proyecto. (5')</p> <p>Tarea de casa: Investigar de forma individual sobre la sostenibilidad en la ciudad.</p>	CCL	
	CMCT	
	CD	
	CAA	
	CSC	
	CSIEE	
	CEC	
Agrupamiento	Recursos	
Grupo clase	Docente, proyector, ordenador docente, Google Classroom, ejemplo de maqueta, dossier del proyecto	
Evaluación		
No se evaluará esta actividad		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Actividad 2.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE		
Actividad 2. Pensando la ciudad sostenible		Sesión 2
Objetivos		Contenidos
OGE.1, OGE.2, OGE.4, OGE.5, OGE.6, OGE.7 OA.2, OE.2, OE.9		C2, C5
Desarrollo de la actividad		Competencias
<p>¿Qué es una ciudad sostenible?: Se plantea esta pregunta al grupo clase para saber que concepto tienen los alumnos acerca de la sostenibilidad, mediante una lluvia de ideas se recogen los comentarios de los alumnos, usamos <i>Jamboard</i>. (5')</p> <p>Exposición docente: Se expondrán las características que se van a tener en cuenta para la sostenibilidad de la ciudad mediante la planificación urbana; el transporte, la energía, configuración de la ciudad entorno al río y su ecosistema, zonas verdes. (15')</p> <p>Investigación: Los alumnos hacen una pequeña investigación de forma individual sobre la sostenibilidad de una ciudad usando sus ordenadores. (15')</p> <p>Debate, ¿Qué características queremos que tenga nuestra ciudad para que sea sostenible?: Se parte de lo recogido en la lluvia de ideas inicial, mediante un debate se irán completando estas ideas en función de lo investigado y de lo expuesto por el docente en clase. Hay tres aspectos obligatorios que deben ser tenidos en cuenta para la realización del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de movilidad: creación de carril bici, ciudad sin coches, etc. ▪ Planificación en función del río y su llanura de inundación. ▪ Tanto por ciento del suelo que se destinará a zonas verdes (parques, huertos urbanos, etc.). <p>Los alumnos podrán añadir otros aspectos que consideren relevantes para hacer la ciudad más sostenible, deberán valorar si pueden quedar reflejados en el proyecto. La coordinadora general recogerá las conclusiones y las compartirá en <i>Google Classroom</i>. (20')</p> <p>Tarea de casa: Ir recogiendo la información en el portfolio personal</p>		CCL
		CMCT
		CD
		CAA
		CSC
		CSIEE
		CEC
Agrupamiento	Recursos	
Grupo clase, individual	Docente, proyector, pizarra digital, ordenador docente, ordenador alumnos, ejemplo de maqueta, <i>Jamboard</i> , <i>Google Classroom</i>	
Evaluación		
Detección de ideas. Observación → no calificable		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Actividad 3.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE		
Actividad 3. La geometría a través de la ciudad y su arquitectura	Sesión 3 y 4	
Objetivos	Contenidos	
OGE.1, OGE.2, OGE.3, OGE.4, OGE.5, OGE.7, OGE.8 OA.1, OA.2, OA.4, OE.3, OE.9	C3, C5	
Desarrollo de la actividad	Competencias	
<p>La actividad consta de dos partes, la sesión 1 se llevará a cabo en el aula y en la sesión 2 se realizará una salida por la ciudad de Granada, en la que participarán también docentes de los departamentos de Ed. Plástica y Ciencias Sociales.</p> <p>Sesión 1: Exposición docente: Se expondrá la influencia de la geometría en la planificación urbana y el diseño arquitectónico. Se partirá de la planificación para ver cómo se configura a través de conceptos y figuras de la geometría plana, se mostrarán ejemplos como la cuadrícula romana y el Eixample de Cerdá. Para después pasar al espacio y mostrar como la geometría conforma el diseño arquitectónico; las formas, la modularidad, la simetría. Se presentará la figura de la arquitecta Zaha Hadid a través de algunas de sus obras. (25')</p> <p>Investigación alumnos: Los alumnos por grupos investigarán usando el ordenador sobre lo expuesto por el profesor, ampliando la información que les servirá en el momento de empezar a diseñar su propuesta. El docente irá resolviendo las dudas que vayan surgiendo. (30')</p> <p>Sesión 2: La salida a la ciudad está dividida en 3 partes, en las 2 primeras los docentes acompañarán a los alumnos y servirán de guías, comentando aspectos históricos, artísticos y geométricos relevantes: Visita al río Darro: se visitarán las tres zonas del río que se dan en la ciudad; la zona no intervenida, la encauzada y la soterrada. (25')</p> <p>Visita a los exteriores de la Alhambra y el palacio de Carlos V. (45')</p> <p>Exploración libre de los alumnos: se recomienda que identifiquen y analicen como se relaciona la geometría con la ciudad, que recojan información que les inspire para el desarrollo del proyecto ya sea mediante fotos, videos, dibujos, descripciones y añadirla al portfolio una vez en casa. (95')</p> <p>(La duración total de la salida son 165'; 55' dep. Matemáticas, 55' dep. Plástica, 55' dep. Ciencias Sociales, los desplazamientos están incluidos en la exploración libre de los alumnos)</p>	CCL	
	CMCT	
	CD	
	CAA	
	CSC	
	CSIEE	
	CEC	
Agrupamiento	Recursos	
Grupos de 3 y 4 Grupo clase Individual	Alumnos, docentes, proyector, pizarra digital, ordenador docente, ordenador alumnos, ejemplo de maqueta, <i>Google Classroom</i> , dispositivo con cámara de fotos, cuaderno, útiles para dibujar	
Evaluación		
Observación sistémica → Instrumento: Escala de observación		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Actividad 4.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE	
Actividad 4. Geometría a la egipcia: ¡Se desborda el río!, ¡a medir la tierra!	Sesión 5 y 6
Objetivos	Contenidos
OGE.1, OGE.2, OGE.3, OGE.4, OGE.5, OGE.7, OGE.8 OA.1, OA.2, OA.3, OA.4, OE.2, OE.3, OE.4, OE.8, OE.9	C3, C6, C5
Desarrollo de la actividad	Competencias
<p>Sesión 1:</p> <p>Introducción histórica: Se presenta la actividad con una pequeña introducción histórica del surgimiento de la geometría en el Antiguo Egipto debido a la necesidad de medir la tierra después de las inundaciones que producía el río Nilo. Se explicará la etimología de la palabra geometría, de origen griego, y su relación con los egipcios. (10')</p> <p>Planificación urbana: Como sucedía en el Antiguo Egipto, en nuestro proyecto el río es el elemento principal que va a marcar la planificación del terreno. Se le entregará el mapa del terreno donde deberán diseñar la ciudad. El mapa es un mapa simplificado donde es atravesado por un río con una geometría también simplificada. Cada grupo debe trabajar para diseñar una estrategia que implique, medir el terreno, delimitar la zona de llanura de inundación (datos aportados por el docente), calcular el área del río y su llanura de inundación, calcular el área del terreno disponible, propuesta de planificación para dividir el terreno entre los 6 grupos. El mapa impreso servirá para ir bocetando. (20')</p> <p>Introducción a los aspectos básicos de AutoCAD: Se hará una introducción al programa usando como ejemplo el mapa con el que tiene que trabajar. Se explicará cómo navegar por su interfaz y los comandos básicos que van a necesitar los alumnos; dibujar polilíneas, rectángulos, polígonos, círculos, arcos; medir longitudes, radios, ángulos y áreas; modificar objetos con mover, rotar, desfase, hacer simetría, escalar. (25')</p> <p>Tarea de casa: Trabajar de manera individual en el mapa usando AutoCAD</p> <p>Sesión 2:</p> <p>Trabajo por grupos usando la herramienta AutoCAD: Los grupos deben trabajar en su propuesta usando AutoCAD y presentar el diseño que creen más apropiado. (35')</p> <p>Asamblea: Se formará una asamblea, el portavoz de cada grupo presentará su propuesta, mediante un debate y posterior votación se elegirá la propuesta que se adoptará para seguir desarrollando el proyecto (20').</p>	CCL
	CMCT
	CD
	CAA
	CSC
	CSIEE
	CEC
Agrupamiento	Recursos
Grupos de 3 y 4 Grupo clase	Alumnos, docente, proyector, pizarra digital, ordenador docente, ordenador alumnos, ejemplo de maqueta, planos, útiles de dibujo AutoCAD
Evaluación	
Observación sistémica → Instrumento: Escala de observación	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Actividad 5.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE			
5. Experimentando con los cuerpos geométricos, una historia platónica	Sesión 7 y 8		
Objetivos	Contenidos		
OGE.1, OGE.2, OGE.3, OGE.4, OGE.5, OGE.6, OGE.8 OA.1, OA.2, OA.3, OA.4, OE.6, OE.7, OE.8, OE.9	C5, C6		
Desarrollo de la actividad	Competencias		
<p>Una vez que en la actividad anterior la distribución y el diseño en el plano se ha hecho, los alumnos pasarán a llevar a las 3 dimensiones su propuesta. Ya está medida la tierra, sabemos que área va a ocupar nuestro sector, la densidad de población de la ciudad y el espacio vital que necesita una persona para vivir. Una vez que se tengan todas las variables, se podrá dimensionar el edificio geométrico.</p> <p>Cada alumno deberá diseñar tres propuestas de edificio que se ajusten a los requerimientos del proyecto. La primera propuesta debe estar formada por al menos un sólido de revolución, la segunda por al menos un sólido platónico y la tercera al menos un poliedro de libre elección. Se describirán las características y clasificación de los cuerpos empleados, así como sus medidas. Las propuestas pueden ser modulares, albergando la combinación de varios cuerpos geométricos. Se incentivará la originalidad y la creatividad de las propuestas. En el aula se trabajará en grupo</p> <p>Sesión 1</p> <p>Pequeña introducción histórica: Se hará una pequeña reseña sobre la geometría en la Antigua Grecia, Euclides, los sólidos platónicos e Hipatia de Alejandría. (15')</p> <p>Experimentación con material manipulativo: Se proporcionará a los alumnos material manipulativo, cuerpos geométricos y plantillas recortables de desarrollos de cuerpos geométricos, para que puedan experimentar con ellos para el diseño de sus propuestas. (40')</p> <p>Sesión 2</p> <p>Uso de GeoGebra: Se utilizará la aplicación GeoGebra, ya conocida por los alumnos, para dimensionar y diseñar los cuerpos geométricos y crear sus fichas, que contendrán: planteamiento del problema y definición de las variables que se han usado para dimensionar el sólido, clasificación, descripción de propiedades, desarrollo, cálculos de áreas y de volúmenes. (55')</p> <p>Tarea de casa: Terminar la propuesta sino no se ha terminado en el aula</p>	CCL		
	CMCT		
	CD		
	CAA		
	CSC		
	CSIEE		
	CEC		
Agrupamiento	Recursos		
Grupos de 3 y 4 Individual	Alumnos, docente, proyector, pizarra digital, ordenador docente, ordenador alumnos, material manipulativo, GeoGebra		
Evaluación			
Observación sistémica → Instrumento: Escala de observación			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Actividad 6.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE																
6. Creando el modelo		Sesión 9 ,10, 11 y 12														
Objetivos		Contenidos														
OGE.1, OGE.2, OGE.3, OGE.4, OGE.5, OGE.7, OGE.8 OA.1, OA.2, OA.3, OA.4, OE.5, EO.8, EO.9		C5, C6, C7														
Desarrollo de la actividad		Competencias														
<p>Sesión 1 Debate del grupo de trabajo: Cada miembro del grupo deberá mostrar y explicar las características de sus tres propuestas de edificio y entre todos los miembros deben seleccionar una propuesta por alumno. (25')</p> <p>Actualización del plano: Cada grupo actualizará su sector del plano incluyendo las plantas de los edificios que van a crear y los enviarán a la coordinadora general, que se encargará de actualizar el plano común de todo el proyecto. (30')</p> <p>Sesión 2 Dimensionamiento del modelo: Una vez que el edificio real ya está diseñado, se realizará el modelo a escala 1:500 y en una ficha se hará un análisis comparativo de las dimensiones y el procedimiento que se ha seguido, usando la proporcionalidad y las razones de semejanza. (55')</p> <p>Sesión 3 Modelado con TinkerCAD: Al ser TinkerCAD una herramienta muy intuitiva se hará una pequeña introducción de como navegar por la interfaz, pero serán los alumnos los que irán indagando las herramientas de la aplicación mientras van desarrollando el modelo. (55')</p> <p>Tarea de casa: Terminar el modelo en TinkerCAD en caso de no haberlo terminado en el aula</p> <p>Sesión 4 Impresión 3D del modelo: Una vez que ya están diseñados los modelos en TinkerCAD se procede a su impresión 3D (55')</p>		<table border="1"> <tr><td>CCL</td><td></td></tr> <tr><td>CMCT</td><td></td></tr> <tr><td>CD</td><td></td></tr> <tr><td>CAA</td><td></td></tr> <tr><td>CSC</td><td></td></tr> <tr><td>CSIEE</td><td></td></tr> <tr><td>CEC</td><td></td></tr> </table>	CCL		CMCT		CD		CAA		CSC		CSIEE		CEC	
CCL																
CMCT																
CD																
CAA																
CSC																
CSIEE																
CEC																
Agrupamiento	Recursos															
Grupos de 3 y 4 Grupo clase Trabajo individual	Alumnos, docente, proyector, pizarra digital, ordenador docente, ordenador alumnos, ejemplo de maqueta, plano, AutoCAD, procesador de textos, TinkerCAD, impresora 3D															
Evaluación																
Observación sistémica → Instrumento: Escala de observación																

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Actividad 7.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE			
7. Preparando de la maqueta		Sesión 13	
Objetivos		Contenidos	
OGE.1, OGE.2, OGE.3, OGE.5, OGE.8 OA.1, OA.3, OA.4, OE.4, OE.8, OE.9		C5, C6	
Desarrollo de la actividad		Competencias	
<p>Se preparará el producto final del proyecto, una maqueta a escala 1:500.</p> <p>Creación de los elementos del plano: A partir de los planos impresos de la ciudad que los alumnos han diseñado, cada grupo irá dando forma con cartón pluma a su sector: manzanas, carreteras, calles, carril bici, parques, etc. (20')</p> <p>Incorporación de los volúmenes 3D: Cuando estén todos los elementos del plano se añadirán los modelos de los edificios impresos en 3D. Además, se crearán de manera manual con materiales reciclados otros elementos que se encuentran en la ciudad, árboles, mobiliario urbano, esculturas. No hay ningún requisito los alumnos deberán dar rienda suelta a su imaginación. (35')</p>		CCL	
		CMCT	
		CD	
		CAA	
		CSC	
		CSIEE	
		CEC	
Agrupamiento	Recursos		
Grupos de 3 y 4 Grupo clase	Alumnos, docente, plano, soporte maqueta, cartón pluma, útiles para dibujar, cúter, sólidos impresos 3D, material reciclado, pintura		
Evaluación			
Observación sistémica → Instrumento: Escala de observación			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Actividad 8.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE																
8. ¿Qué tal lo hemos hecho?		Sesión 14 y 15														
Objetivos		Contenidos														
OGE.1, OGE.2, OGE.3, OGE.4, OGE.5, OGE.7, OGE.8 OA.1, OA.2, OA.4, OE.9, OE.10		C4, C5														
Desarrollo de la actividad		Competencias														
<p>Sesión 1</p> <p>Presentación del producto final en clase: Se presentará la maqueta terminada y se organizará el orden de presentación de los grupos. (5')</p> <p>Presentación de cada grupo: El portavoz de cada grupo hará una pequeña presentación de su sector y posteriormente cada miembro del grupo presentará su edificio, exponiendo las características geométricas que lo definen, cada grupo tendrá aproximadamente 12 minutos para exponer su parte. En esta sesión expondrán su trabajo 4 grupos. (aprox. 50')</p> <p>Sesión 2</p> <p>Continuación presentación de cada grupo: Los dos grupos restantes harán su presentación. (aprox. 25')</p> <p>Autoevaluación: Los alumnos se autoevaluarán usando una rúbrica. (10')</p> <p>Evaluación del proceso: Cada alumno evaluará el proceso mediante un cuestionario donde en el último apartado podrá escribir sugerencias. (10')</p> <p>Tarea de casa: Si no ha dado tiempo a realizar la autoevaluación y la evaluación del proceso el alumno lo podrá completar en casa. Por último, los alumnos deberán entregar el portfolio incluyendo la autoevaluación y cuestionario de evaluación de la propuesta</p>		<table border="1"> <tr><td>CCL</td><td></td></tr> <tr><td>CMCT</td><td></td></tr> <tr><td>CD</td><td></td></tr> <tr><td>CAA</td><td></td></tr> <tr><td>CSC</td><td></td></tr> <tr><td>CSIEE</td><td></td></tr> <tr><td>CEC</td><td></td></tr> </table>	CCL		CMCT		CD		CAA		CSC		CSIEE		CEC	
CCL																
CMCT																
CD																
CAA																
CSC																
CSIEE																
CEC																
Agrupamiento	Recursos															
Grupos de 3 y 4 Trabajo individual	Alumnos, docente, proyector, pizarra digital, ordenador docente, ordenador alumnos, maqueta, por															
Evaluación																
Exposición oral → Instrumento: Escala de observación																

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Actividad 9.

DISEÑANDO LA CIUDAD SOSTENIBLE		
9. Exhibiendo en público <i>La ciudad sostenible</i>		Sesión 16
Objetivos		Contenidos
OGE.1, OGE.2, OGE.3, OGE.5, OGE.7, OGE.8 OA.1, OA.2, OA.3, OA.4, OE.10		C4
Desarrollo de la actividad		Competencias
<p>Se realizará una exhibición abierta de la muestra donde puede acudir público del centro, familiares, gente del entorno del centro, etc.</p> <p>Presentación de la exposición: La coordinadora general hará la introducción de la muestra. A continuación, los portavoces de cada equipo a través de la maqueta irán explicando el proceso de creación.</p> <p>Generación de nuevas dinámicas: Se establecerá una ronda de preguntas para posteriormente establecer un diálogo donde los asistentes propongan nuevas ideas para generar nuevas dinámicas.</p> <p>Conclusión del proyecto: El profesor recogerá las conclusiones y se dará por concluido el proyecto.</p> <p>La exhibición seguirá en el centro por un mes.</p>		CCL
		CMCT
		CD
		CAA
		CSC
		CSIEE
		CEC
Agrupamiento	Recursos	
Grupo clase	Alumnos, docente, maqueta	
Evaluación		
Actividad no evaluable		

Fuente: Elaboración propia

3.3.6. Recursos

Durante el transcurso de las actividades se han utilizado diferentes recursos, en la tabla 15 se muestran todos los recursos empleados:

Tabla 15. *Recursos.*

Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alumnos ▪ Docentes: Dep. Mat., Dep. Ed. Plástica, Dep. Ciencias sociales
Recursos materiales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pizarra ▪ Maqueta ▪ Planos impresos ▪ Útiles de dibujo ▪ Material manipulable geometría: sólidos, recortables desarrollos ▪ Cartón pluma, cúter, compás ▪ Materiales reciclados para construir algunas partes de la maqueta ▪ Soporte de la maqueta ▪ Impresora 3D
Recursos TIC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proyector ▪ Ordenador docente ▪ 1 ordenador por alumno ▪ Jamboard ▪ Google Classroom ▪ AutoCAD ▪ GeoGebra ▪ TinkerCAD ▪ Dispositivo con cámara fotográfica ▪ Procesador de textos ▪ Porfolio digital Mahara
Recursos espaciales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aula ▪ Ciudad ▪ Salón de actos y exposiciones

Fuente: Elaboración propia

3.3.7. Evaluación

Dado que la metodología usada es el ABPr, la evaluación se centrará en el proceso de desarrollo del proyecto y en el producto final. Se evaluará el aprendizaje de los contenidos, así como el desarrollo de las competencias clave, el esfuerzo personal y la actitud. Para realizar la evaluación se van a tener en cuenta criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, objetivos, criterios de calificación. También se van a utilizar diversos instrumentos y herramientas. Todo esto se detalla en los siguientes apartados.

3.3.7.1. Tipos de evaluación

Los tipos de evaluación que se van a llevar a cabo son los siguientes:

- Evaluación del proceso:
 - Evaluación diagnóstica o inicial que servirá para detectar que ideas previas tienen los alumnos sobre los contenidos y otros conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto.
 - Evaluación formativa o continua que se llevará a cabo durante todo el proceso, detectando como avanzan los alumnos en el aprendizaje y proporcionando feedback.
- Evaluación final o sumativa, donde se evalúa el producto final y el material documental que se ha elaborado durante el desarrollo del proyecto.

Además de la evaluación por parte del docente los alumnos realizarán una autoevaluación, que les obligará a hacer un ejercicio de reflexión sobre su propio aprendizaje.

3.3.7.2. Atención a la diversidad

Dadas las características del alumnado expuestas en el apartado 3.2.2, no se va a precisar ninguna adaptación curricular significativa. Lo que si se percibe son ritmos de aprendizaje diferentes, por lo en el diseño de las actividades se ha tenido esto en cuenta, dando espacio para que cada alumne lleve su propio ritmo. Se ha evitado mandar mucho trabajo para casa, para que aquellos alumnos a los que no le ha dado tiempo a terminar la tarea en la sesión, la puedan completar en su casa. Se ha tenido en cuenta la heterogeneidad de los alumnos al conformar los grupos, hay 6 grupos de 3 alumnos y 1 grupo de 4, en el grupo de 4 se encontrarán el alumno repetidor y la alumna con altas capacidades, además a esta alumna, ya que es un poco inquieta por que se aburre, se la ha nombrado coordinadora general del proyecto, un rol que va a tener un poco más de carga de trabajo.

3.3.7.3. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

Para llevar a cabo la evaluación se considerarán los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje recogidos en el anexo II de la Orden de 15 de enero de 2021. Los criterios de evaluación son, según los define el RD 1105/2014, “el referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado. Describen aquello que se quiere valorar y que el alumnado debe lograr, tanto en conocimientos como en competencias; responden a lo que se pretende

conseguir en cada asignatura” (p.172). De igual modo el RD 1105/2014 define los estándares de aprendizaje evaluables como “especificaciones de los criterios de evaluación que permiten definir los resultados de aprendizaje, y que concretan lo que el estudiante debe saber, comprender y saber hacer en cada asignatura; deben ser observables, medibles y evaluables y permitir graduar el rendimiento o logro alcanzado. Su diseño debe contribuir y facilitar el diseño de pruebas estandarizadas y comparables” (p.172). A continuación, en la tabla 16, se muestra la relación entre ambos elementos del currículo:

Tabla 16. *Tabla relación criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.*

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
CE.1. Expresar verbalmente, de forma razonada el proceso seguido en la resolución de un problema.	EA.1. Expresa verbalmente, de forma razonada, el proceso seguido en la resolución de un problema, con el rigor y la precisión adecuada.
CE.2. Elaborar y presentar informes sobre el proceso, resultados y conclusiones obtenidas en los procesos de investigación.	EA.2. Expone y defiende el proceso seguido, además de las conclusiones obtenidas utilizando distintos lenguajes: algebraico, gráfico, geométrico, estadístico-probabilístico.
CE.3. Desarrollar procesos de matematización en contextos de la realidad cotidiana (numéricos, geométricos, funcionales, estadísticos o probabilísticos) a partir de la identificación de problemas en situaciones problemáticas de la realidad.	EA.3. Establece conexiones entre un problema del mundo real y el mundo matemático, identificando el problema o problemas matemáticos que subyacen en él y los conocimientos matemáticos necesarios.
CE.4. Reflexionar sobre las decisiones tomadas, aprendiendo de ello para situaciones similares futuras.	EA.4. Reflexiona sobre los problemas resueltos y los procesos desarrollados, valorando la potencia y sencillez de las ideas claves, aprendiendo para situaciones futuras similares.
CE.5. Emplear las herramientas tecnológicas adecuadas, de forma autónoma, realizando cálculos numéricos, algebraicos o estadísticos, haciendo representaciones gráficas, recreando situaciones matemáticas mediante simulaciones o analizando con sentido crítico situaciones diversas que ayuden a la comprensión de conceptos matemáticos o a la resolución de problemas.	EA.5. Recrea entornos y objetos geométricos con herramientas tecnológicas interactivas para mostrar, analizar y comprender propiedades geométricas.
CE.6. Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación de modo habitual en el proceso de aprendizaje, buscando, analizando y seleccionando información relevante en Internet o en otras fuentes, elaborando documentos propios, haciendo exposiciones y argumentaciones de los mismos y compartiendo estos en entornos apropiados para facilitar la interacción.	<p>EA.6.1. Elabora documentos digitales propios (texto, presentación, imagen, video, sonido, ...), como resultado del proceso de búsqueda, análisis y selección de información relevante, con la herramienta tecnológica adecuada y los comparte para su discusión o difusión.</p> <p>EA.6.2. Utiliza los recursos creados para apoyar la exposición oral de los contenidos trabajados en el aula.</p> <p>EA.6.3. Usa adecuadamente los medios tecnológicos para estructurar y mejorar su proceso de aprendizaje recogiendo la información de las actividades, puntos fuertes y débiles de su proceso académico y estableciendo pautas de mejora.</p>

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
CE.7. Calcular magnitudes efectuando medidas directas e indirectas a partir de situaciones reales, empleando los instrumentos, técnicas o fórmulas más adecuadas y aplicando las unidades de medida.	<p>EA.7.1. Utiliza las herramientas tecnológicas, estrategias y fórmulas apropiadas para calcular ángulos, longitudes, áreas y volúmenes de cuerpos y figuras geométricas.</p> <p>EA.7.2. Utiliza las fórmulas para calcular áreas y volúmenes de triángulos, cuadriláteros, círculos, paralelepípedos, pirámides, cilindros, conos y esferas y las aplica para resolver problemas geométricos, asignando las unidades apropiadas.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la Orden de 15 de enero de 2021

3.3.7.4. Criterios de calificación

Los criterios de calificación nos van a cuantificar el grado de aprendizaje de los alumnos. En la tabla 17, se muestran la relación entre los tipos de evaluación, los procedimientos de evaluación, los instrumentos de evaluación y su valor porcentual:

Tabla 17. *Criterios de calificación.*

Tipo de evaluación	Procedimiento	Instrumento	Porcentaje
Diagnóstica	Observación sistémica	Observación (grupal)	0%
Formativa	Observación sistémica	Escala de observación (individual)	30%
Sumativa	Análisis producto final	Escala de observación (grupal)	20%
	Análisis documental	Rúbrica portfolio (individual)	30%
	Exposición oral	Escala de observación (individual)	10%
Autoevaluación	Valoración trabajo personal	Cuestionario (individual)	10%

Fuente: Elaboración propia

Los instrumentos de evaluación utilizados se pueden encontrar en los anexos siguientes:

- Escala de observación evaluación continua (individual)
- Escala de observación producto final (grupal)

- Rúbrica portfolio (individual)
- Escala de observación exposición oral (individual)
- Cuestionario autoevaluación alumno (individual)

3.4. Evaluación de la propuesta

La presente propuesta de intervención dadas sus características de interdisciplinaridad y el tipo de metodología hace que el desarrollo de las actividades sea complejo y bastante alejado de la clase tradicional, puesto que deben incorporar elementos que las relacionen con la vida real, de una forma verdadera. Es importante a la de la evaluación tener en cuenta si se han conseguido los objetivos establecidos, si la metodología ha sido efectiva para el tipo de contenidos y las competencias clave, si los alumnos y el profesor se han encontrado motivados y han disfrutado del proceso.

Para hacer la evaluación de la propuesta se elabora una matriz DAFO donde se analizan las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la propuesta y una encuesta a los alumnos.

A continuación, en la tabla 18 se muestra la matriz DAFO:

Tabla 18. Matriz DAFO.

Factores internos		Factores externos	
Debilidades		Amenazas	
D1. Dificultad a la hora de diseñar las actividades D2. Falta de tiempo para desarrollar las actividades de una manera adecuada D3. Aumento de carga de trabajo para el docente y del alumno D4. Dificultad del alumno a la hora de hacerse responsable de su aprendizaje, falta de iniciativa, de compromiso y constancia. D5. Evaluación multidimensional y compleja D6. Distracción de los alumnos cuando trabajan en grupo		A1. Falta de apoyo de otros departamentos y del centro A2. Revisión constante del proyecto para continua mejora, con la implicación de la carga de trabajo A3. Una vez que los alumnos conocen la metodología falta de interés por no ser novedoso A4. Necesidad de muchos recursos	
Fortalezas		Oportunidades	
F1. Actividades diversas, dinámicas y creativas F2. Alta conexión con la vida real F3. Apoyo constante del grupo y del profesor en el aprendizaje F4. Acercamiento a las matemáticas a través de otras disciplinas lo que motiva a aquellos alumnos que parten con un rechazo hacia las matemáticas.		O1. Crear un currículum integrado trabajando de manera interdisciplinar varios departamentos O2. Conectar el centro con el contexto que lo rodea O3. Acercar las matemáticas a alumnos con bajo autoconcepto como estudiantes de matemáticas O3. Crear sentimiento de comunidad	

Fuente: Elaboración propia

El cuestionario de evaluación de la propuesta se puede encontrar en el Anexo C.

4. Conclusiones

Con la elaboración de la presente propuesta de intervención se ha intentado dar respuesta a una problemática que se viene produciendo en los últimos años en las aulas de matemáticas. Esta problemática es principalmente del descenso del rendimiento de los estudiantes y la baja motivación por la materia, unido a la dificultad del aprendizaje de la geometría cuando no se estudia en sus múltiples dimensiones, junto con el descenso de las vocaciones científico-tecnológicas en las mujeres. Para abordar estos aspectos, se estableció como objetivo general diseñar una propuesta de intervención para los alumnos de matemáticas del bloque de Geometría de 4º de la Enseñanza Secundaria obligatoria, mediante un enfoque STEAM para el diseño de una ciudad sostenible, utilizando como metodologías el Aprendizaje Basado en Proyectos y el trabajo cooperativo. A rasgos generales el objetivo general creemos que se ha cumplido, pero consideraremos los objetivos específicos para un análisis más pormenorizado.

El primer objetivo específico planteado era “investigar y profundizar en el enfoque de educación STEAM”, se puede decir que se ha hecho una extensa investigación, pero se han encontrado dificultades a la hora de establecer sus características y profundizar un poco más en su implantación, puede ser debido a la falta de consenso entre la comunidad educativa acerca del enfoque y la diversidad de información en la documentación estudiada.

El segundo objetivo específico era “Indagar en el ABPr y como integrarlo dentro de un enfoque STEAM”. Este objetivo se ha cumplido, ya que una vez que se empieza a investigar acerca del enfoque y de la metodología, se observa la natural simbiosis entre enfoque y metodología, ya que para llevar a cabo STEAM, es imprescindible una metodología activa, que nos permita trabajar de manera integrada y el ABPr tiene estas características.

El tercer objetivo era “detectar las principales dificultades que se producen en el aprendizaje de la geometría y como mejorarlas mediante una metodología activa, estrategias y recursos didácticos manipulativos y tecnológicos”. Consultado la bibliografía se han podido detectar estas dificultades y describir sus principales causas. En cuanto a la manera en la que mejorarlas se ha investigado en la literatura científica, pero sin llegar a profundizar mucho en el tema.

El cuarto y último objetivo era “diseñar actividades interdisciplinares teniendo en cuenta el desarrollo de valores democráticos, la perspectiva de género y la sostenibilidad como temas transversales”. La consecución de este objetivo es el que más retos puede suponer, debido a

la complejidad de diseñar actividades interdisciplinarias usando la metodología ABPr, ya que es complicado secuenciar, temporalizar y que todas las actividades sigan el mismo hilo conductor, para conseguirlo se ha hecho un gran trabajo de planificación y revisión, puesto que al ser el alumno el protagonista de su aprendizaje, surgen muchas dudas sobre el tiempo que llevará realizar las actividades, teniendo en cuenta también que contextualizar las actividades supone un tiempo extra difícil de estipular. Se tenía especial interés en darle relevancia a los temas transversales, pero es difícil debido a que el currículo es muy extenso y el tiempo es limitado. El tema de la sostenibilidad ha tenido un lugar protagónico, se ha dedicado una sesión específica a tratarlo, así como el desarrollo de los valores democráticos donde se ha incentivado el debate y el diálogo, ya que, para el éxito del proyecto, donde se realiza un producto común debe haber consenso entre todo el grupo. Sin embargo, creemos que la perspectiva de género no se ha trabajado lo suficiente de manera específica y ha quedado en algo anecdótico.

Dada la deriva que adoptó la educación por separar las disciplinas científicas y de las humanidades y los esfuerzos que se vienen haciendo en los últimos años en algunos sectores de la educación por volver a unirlas, creemos que esta propuesta puede servir de muestra de cómo uniendo disciplinas, se da contexto, se enriquece el proceso de aprendizaje y se ayuda a formar a individuos más críticos y creativos.

5. Limitaciones y prospectiva

Para concluir este TFM se van a exponer las limitaciones que nos hemos encontrado durante su elaboración y el planteamiento de su prospectiva.

Las limitaciones han sido varias, a continuación, se enumeran y explican las principales:

1. Durante el proceso de documentación sobre el enfoque STEAM se han encontrado dificultades, debido a la falta de consenso entre la comunidad educativa. Aunque es un enfoque que surgió hace casi dos décadas, ha tomado más relevancia en los últimos años, así que algunos autores lo consideran un enfoque nuevo que se encuentra desarrollándose, todavía no está bien definido y sus características varían de unos autores a otros.
2. Durante la indagación en el ABPr ha sido complicado encontrar aplicaciones prácticas de la metodología, de implementación o estrategias a seguir en los textos académicos, sin embargo, se encuentra mucha información en blogs o páginas web, pero de dudosa calidad al no tener ningún tipo de referencias bibliográficas fiables.
3. Se ha encontrado dificultad para integrar contenidos, competencias y elementos transversales y ajustarlos a la temporalización, ya que los contenidos del currículo son muy extensos para el tiempo con el que se cuenta.
4. La evaluación es otro aspecto en el que se han encontrado dificultades, debido a la complejidad de evaluar ABPr, aunque en la documentación se encuentran sugerencias de herramientas, no se han encontrado muchos ejemplos prácticos.

Para finalizar me gustaría decir que las líneas que se deberían seguir a partir de esta propuesta son las de trabajar de manera integrada a nivel de centro, donde todos los departamentos participen en proyectos interdisciplinares, centrados en la adquisición de competencias y habilidades del S. XXI y ayudando al desarrollo integral del individuo.

Referencias bibliográficas

- Andonegui Zabala, M. (2006). Geometría: conceptos y construcciones elementales. *Serie desarrollo del pensamiento matemático*, Caracas: UNESCO.
<http://scioteca.caf.com/handle/123456789/531>
- Barrantes, M., Balletbo I., y Fernández M. A. (2013). Enseñar geometría en Secundaria. *Revista de Ciencias de la Educación Academicus. Volumen I, Número 3*.
<https://www.researchgate.net/publication/261170095> Enseñar geometría en Secundaria
- Bauman, Z. (2008). *Los retos de la educación en la modernidad líquida*. Editorial Gedisa.
<https://bv.unir.net:2769/es/ereader/unir/44352?>
- Benjumeda Muñoz, F. J. (2022). Catálogo de Proyectos para el aula. *ABP Mates*.
<https://abpmates.es/proyectos/>
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996.
<https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Camargo Uribe, L. (2011). El legado de Piaget a la didáctica de la Geometría. *Revista colombiana de educación*, (60), 41-60.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-39162011000100003
- Camargo, L., y Acosta, M. (2012). La geometría, su enseñanza y su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (32), 4-8.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0121-38142012000200001
- Chen, X. (2009). Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education. *Stats in Brief*. NCES 2009-161. National Center for Education Statistics. <https://eric.ed.gov/?id=ED506035>
- Cornelio Recalde, L. (2011). Los filósofos Presocráticos: la naturaleza como fuente de experiencia abstracta. *Revista De Ciencias*, 14, 87-99.
<https://doi.org/10.25100/rc.v14i0.656>
- Dewey, J. (1995). *Democracia y educación*. Morata.

- Diego-Mantecón, J. M., Blanco, T. F., González, M. J., Pérez, M., Gorgal, A., González-Ruiz, I., Búa, J. y Recio, T. (2017). Proyecto KIKS (kids inspire kids for steam). En FESPM. *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática* (pp. 87-94). Madrid, España: FESPM. https://www.kiks.unican.es/wp-content/uploads/2018/03/ACTAS_FINALS.pdf
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM: componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 21(2), 29-42. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/21834>
- Gacto Sánchez, M. y Albaladejo Romero, J. J. (2014). Reflexiones sobre la docencia del Dibujo Técnico en los niveles de Bachillerato: una propuesta metodológica basada en el Aprendizaje Cooperativo y las Nuevas Tecnologías. *El Artista*, (11), 88-112. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87432695005>
- García, J., y Pérez, J. E. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: método para el diseño de actividades. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (10), 37-63. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6775334>
- Grañeras, M., Moreno, M. E., Isidoro, N. (2022) Radiografía de la brecha de género en la formación STEAM. Secretaría General Técnica. *Centro de Publicaciones*. Ministerio de Educación y Formación Profesional <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/radiografia-de-la-brecha-de-genero-en-la-formacion-steam-un-estudio-en-detalle-de-la-trayectoria-educativa-de-ninas-y-mujeres-en-espana/ciencia-espana-igualdad-de-genero/25710>
- Gross, K., y Gross, S. (2016). Transformation: Constructivism, design thinking, and elementary STEAM. *Art Education*, 69(6), 36-43. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224869>
- Guichot, V. (2002). Los fines de la educación en el siglo XXI. Una respuesta desde la pedagogía de John Dewey (1859-1952). *Revista Colombiana de Educación*, (43). <https://doi.org/10.17227/01203916.5456>
- Guichot, V. (2006). Historia de la educación: reflexiones sobre su objeto, ubicación epistemológica, devenir histórico y tendencias actuales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), 2(1), 11-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134116859002>

- Gutiérrez, A. y Jaime, A. (2015). Análisis del aprendizaje de geometría espacial en un entorno de geometría dinámica 3-dimensional. *PNA*, 9(2), 53-83.
<http://hdl.handle.net/10481/34155>
- Iglesias, C. (2021, 17 febrero). *Robotimáticas: STEAM en el aula de Matemáticas*. Magisnet.
<https://www.magisnet.com/2021/02/robotimaticas-steam-en-el-aula-de-matematicas/>
- Instituto Europeo de Educación. (2020, 8 abril). *Qué es la Escuela Nueva*.
<https://ieeducacion.com/escuela-nueva/>
- Instrucción 9/2020, de 15 de junio, de la dirección general de ordenación y evaluación educativa, por la que se establecen aspectos de organización y funcionamiento para los centros que imparten educación secundaria obligatoria.
<https://www.juntadeandalucia.es/educacion/portals/web/ced/novedades/-/contenidos/detalle/instruccion-9-de-15-de-junio-por-la-que-se-establece-aspectos-de-organizacion-y-funcionamiento-para-los-centros-que>
- Jaime, A., y Gutiérrez, A. (1990). Una propuesta de fundamentación para la enseñanza de la geometría: El modelo de Van Hiele. En Llinares, S., y Sánchez, M.V. (eds.), *Teoría y práctica en educación matemática*, 295-384.
<https://www.uv.es/angel.gutierrez/archivos1/textospdf/JaiGut90.pdf>
- Kang, N.H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5: 6. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>
- KIKS - Kids Inspire Kids for STEAM. (2017) Unión Europea. <https://www.kiks.unican.es/>
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity [KOFAC] (2020). STEAM Education. https://steam.kofac.re.kr/?page_id=11269&langs=eng
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., y Holubec, E. J. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula.
<https://www.ucm.es/data/cont/docs/1626-2019-03-15-JOHNSON%20El%20aprendizaje%20cooperativo%20en%20el%20aula.pdf>
- Kay, K. (2010). *21st Century Skills: Why They Matter, What They Are, and How We Get There*. *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn* (1.ª ed.). Solution Tree.

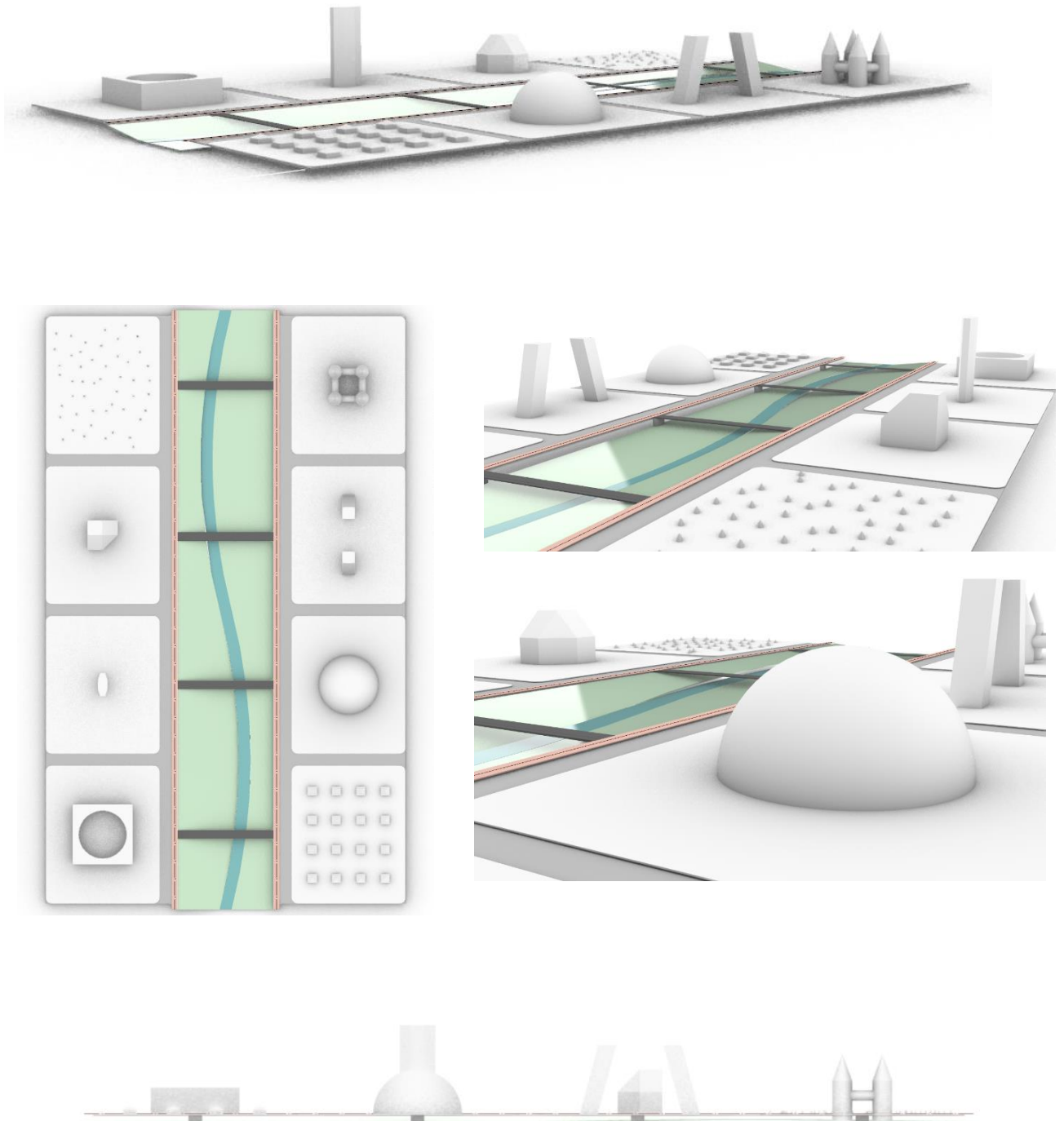
- Kilpatrick, W.E. (1918). *The Project Method: the use of the purposeful act in the educative process*. New York: Teachers college, Columbia University. <https://doi.org/10.1086/708360>
- Lee, S. J., y Reeves, T. (2018). Edgar dale and the cone of experience. *Foundations of Learning and Instructional Design Technology: The Past, Present, and Future of Learning and Instructional Design Technology*. EdTech Books https://edtechbooks.org/lidtfoundations/edgar_dale
- Diego-Mantecón, J. M., Blanco, T. F., González, M. J., Pérez, M., Gorgal, A., González-Ruiz, I., ... y Recio, T. (2017). *Proyecto kids (kids inspire kids for STEAM)*. En Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (Ed.), VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (pp. 87-94), Madrid, España. <http://funes.uniandes.edu.co/19588/>
- Mateo, L. (2010). Origen y desarrollo de las Competencias Básicas en Educación Primaria. *Temas para la educación. Nº 7*. Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía. <https://www.feandalucia.ccoo.es/docuipdf.aspx?d=6989&s=>
- Nussbaum, M. C. (2016). Educación para el lucro educación para la libertad. *Nómadas, Nº. 44*, 13-25. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5721685>
- OCDE (2019). PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español. Ministerio de Educación y Formación Profesional. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/download.action?f_codigo_agc=20372
- Ortiz, A. (2015). *Metodología para configurar el modelo pedagógico de la organización educativa: un debate sobre la formación, la enseñanza y el aprendizaje*. Editorial Unimagdalena. <https://bv.unir.net:2769/es/ereader/unir/70102>
- Ostermann, A. y Wanner, G. (2012). *Geometry by its history* (pp. 3-26). Berlin: Springer.
- Palmero Aranda, M. (2020). *Plantillas de cuerpos geométricos*. <https://moisespalmeroaranda.wordpress.com/2020/03/16/para-entretenernos-durante-el-coronavirus/plantillas-de-cuerpos-geometricos/>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc., Publishers / New York.

- Pérez, J. (2017). Bases teóricas del método por proyectos en la Educación. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*.
<http://www.eumed.net/rev/atlante/2017/08/proyectos-educacion.html>
- Perignat, E., y Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking skills and creativity*, 31, 31-43.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. «BOE» núm. 76, de 30/03/2022. Ministerio de Educación y Formación Profesional.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>
- Ricoy, M.C. y Couto, M. J. (2018). Desmotivación del alumnado de secundaria en la materia de matemáticas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(3), 69-79.
<https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.3.1650>
- Sanders, M. E. (2008). *Stem, stem education, stemmania*. The technology teacher.
<http://hdl.handle.net/10919/51616>
- Santillán-Aguirre, J. P., Jaramillo-Moyano, E. M., Santos-Poveda, R. D., & Cadena-Vaca, V. D. C. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo del conocimiento*, 5(8), 467-492. DOI: 10.23857/pc.v5i8.1599
- Scriba, C. J., y Schreiber, P. (2015). *5000 years of geometry: Mathematics in history and culture*. Birkhäuser. DOI:[10.1007/978-3-0348-0898-9](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-0898-9)
- Stroud, A. y Baines, L. (2019). Inquiry, Investigative Processes, Art, and Writing in STEAM. *STEAM Education Theory and Practice*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1>
- Tall, D. y Vinner, S. (1981) Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educ Stud Math* 12, 151–169.
<https://doi.org/10.1007/BF00305619>
- The Pritzker Architecture Prize (2004). The Pritzker Architecture Prize. The Hyatt Foundation.
<https://www.pritzkerprize.com/laureates/2004>
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. *San Rafael, CA: Autodesk Foundation*. http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf

- Trilling, B., y Fadel, C. (2010). *21st century skills: Learning for life in our times*. E L Kurdyla Publishing LLC. <https://bv.unir.net:2610/#!/search?ho=t&include.ft.matches=f&l=es-ES&q=21st%20Century%20Skills:%20Learning%20for%20Life%20in%20Our%20Times%20by%20Bernie%20Trilling%20&%20Charles%20Fadel=t>
- Trujillo Sáez, F. (2013). *Aprendizaje Basado en Proyectos. La evaluación en el Aprendizaje basado en Proyectos*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. https://formacion.intef.es/pluginfile.php/37233/mod_resource/content/1/PDF/5_AbP_bl_oq3_u1.pdf
- Trujillo Sáez, F. (2014) *Aprendizaje Basado en Proyectos. Diario de aprendizaje, rúbricas y portafolios*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. https://formacion.intef.es/pluginfile.php/117137/mod_resource/content/2/AbP_14_10_14_B3_T2_diarios.pdf
- Trujillo Sáez, F. (2015) *Aprendizaje Basado en Proyectos. Definición ABP*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. https://formacion.intef.es/pluginfile.php/62104/mod_resource/content/4/AbP_3_15_B1_definicionAbP.pdf
- Turégano Moratalla, P. (2006). Una interpretación de la formación de conceptos y su aplicación en el aula. *Ensayos: revista de la Escuela Universitaria de Formación del Profesorado de Albacete*. <https://hdl.handle.net/11162/219663>
- Yakman, G. (2006). STEM Pedagogical Commons for Contextual Learning: How Fewer Teaching Divisions Can Provide More Relevant Learning Connections. DOI:10.13140/RG.2.2.10682.44489
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education
- Zamorano Escalona, T., García Cartagena, Y., y Reyes González, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: Estudios De Humanidades Y Ciencias Sociales*, (41). <http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>

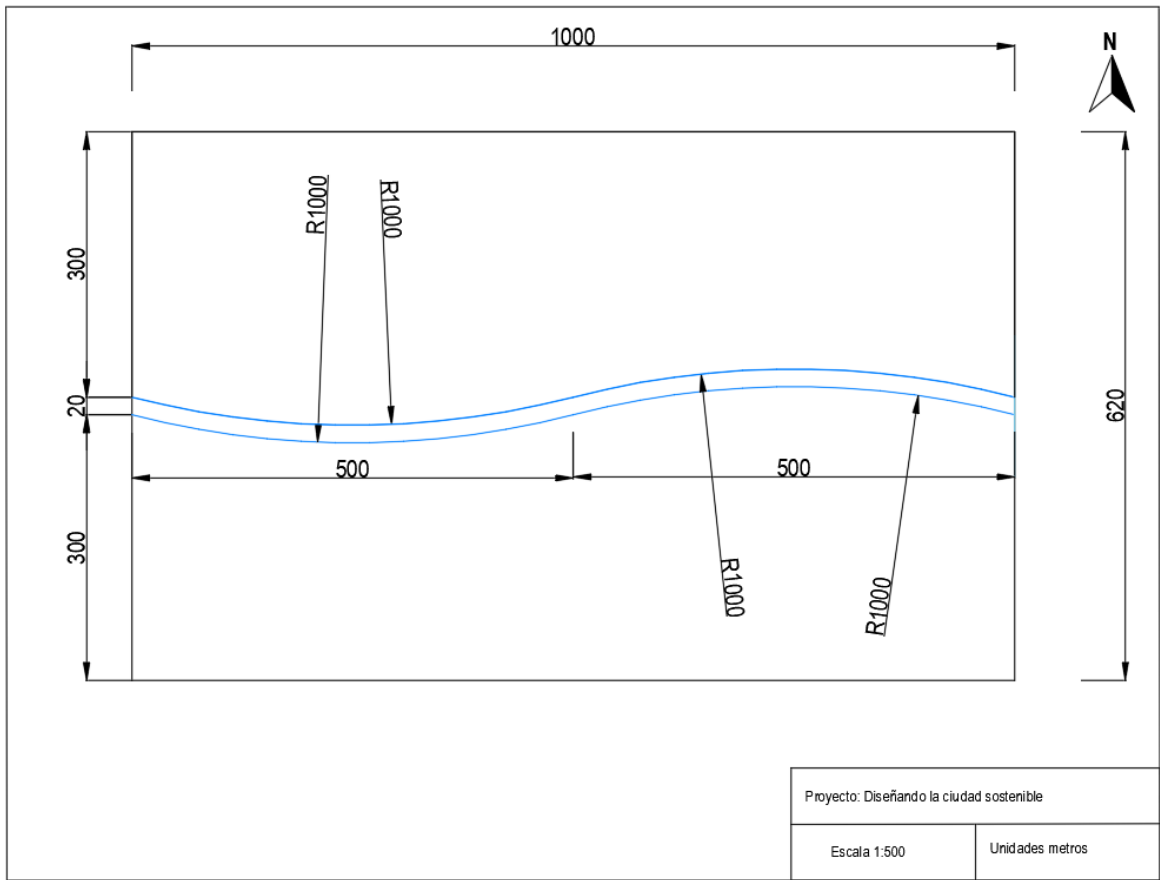
Anexo A. Recursos

Figura 6. Modelo maqueta de ejemplo.



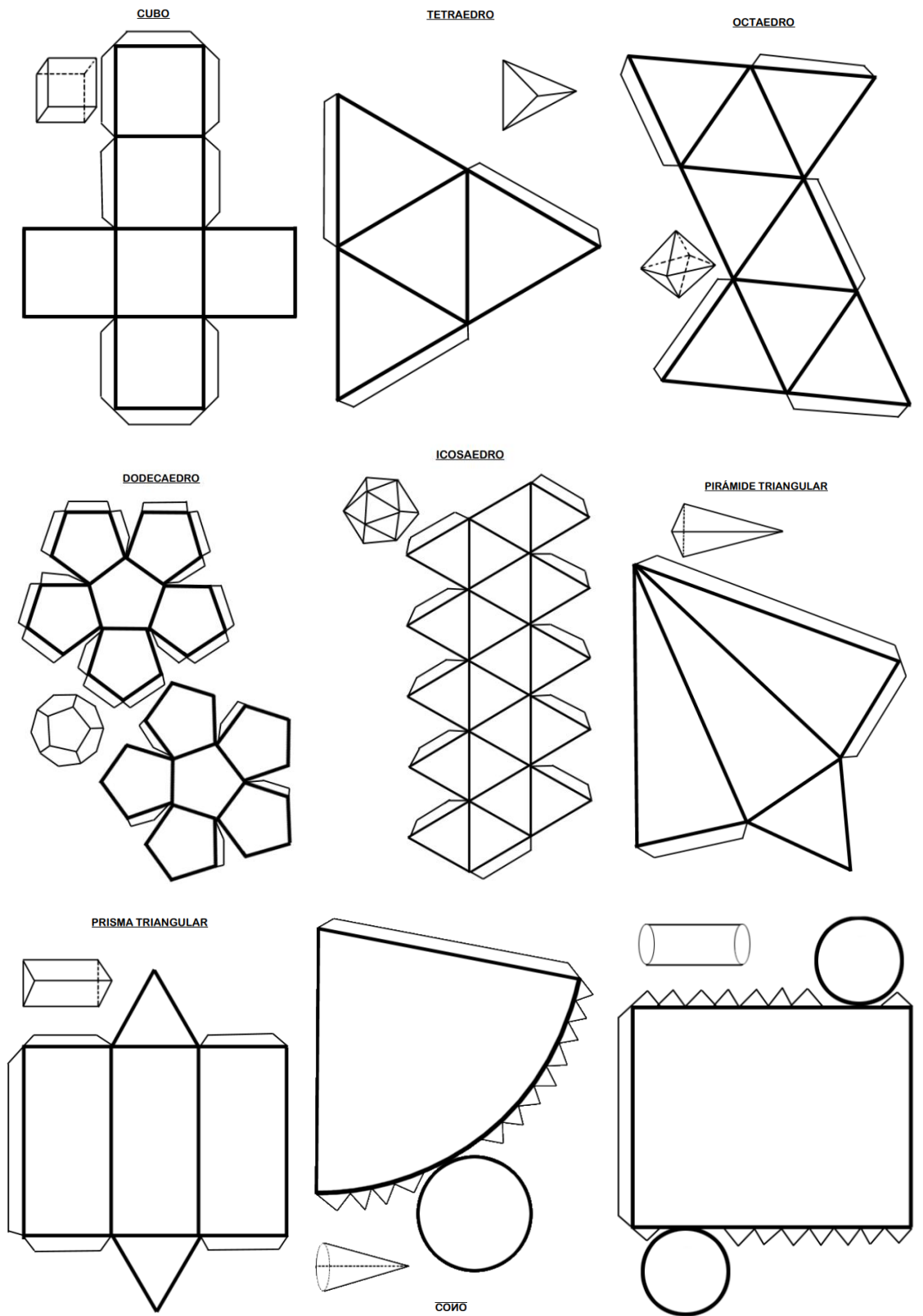
Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Mapa base trabajo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Plantillas cuerpos geométricos recortables.



Fuente: Palmero, 2020

Anexo B. Herramientas de evaluación

Tabla 19. Escala de observación evaluación continua.

Escala de observación evaluación continua						
Proyecto: Diseñando la ciudad sostenible						
Alumno:						
Indicadores		Niveles de logro				
		0%	25%	50%	75%	100%
TRABAJO INDIVIDUAL	Puntualidad					
	Interés por el proyecto					
	Grado de compromiso					
	Esfuerzo personal					
	Actitud emprendedora y proactiva					
	Uso de correcto de las TIC					
TRABAJO COOPERATIVO	Cooperación con los miembros del grupo					
	Respeto a los compañeros y a sus opiniones					
	Participación en los debates y asambleas del grupo clase					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. *Escala de observación producto final (grupal).*

Escala de observación producto final					
Proyecto: Diseñando la ciudad sostenible					
Grupo clase					
Indicadores	Niveles de logro				
	0%	25%	50%	75%	100%
El diseño de la ciudad cumple con los criterios de sostenibilidad establecidos, movilidad, llanura de inundación del río, zonas verdes, y resto de criterios establecidos en la asamblea					
Se ha trabajado usando la escala adecuada					
Se han incorporado elementos geométricos en la planificación de la ciudad					
Los sectores de la ciudad de cada grupo están bien integrados unos con otros					
El conjunto es equilibrado y tiene armonía					
La maqueta es original y muestra creatividad					
Se han incorporado los materiales reciclados de una manera original a la maqueta					
Se ha cuidado el aspecto, limpieza y calidad					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Rúbrica porfolio (individual).

INDICADORES	RÚBRICA PORFOLIO					
	Nivel 1 (0%)	Nivel 2 (50%)	Nivel 3 (75%)	Nivel 4 (100%)	Nivel	Punt.
Expresa verbalmente, de forma razonada, el proceso seguido en la resolución de un problema, con el rigor y la precisión adecuada.	No sabe razonar el proceso de resolución del problema.	Razona el proceso de resolución del problema, pero no sabe expresarlo correctamente.	Razona el proceso de resolución del problema, lo expresa verbalmente, pero le falta rigor.	Razona el proceso de resolución del problema, lo expresa verbalmente de manera adecuada y con rigor		
Expone y defiende el proceso seguido, además de las conclusiones obtenidas utilizando distintos lenguajes: algebraico, gráfico, geométrico.	No conoce el proceso seguido, ni sabe sacar conclusiones usando distintos lenguajes	Expone y defiende el proceso, pero no expresa las conclusiones usando distintos lenguajes	Expone y defiende el proceso, expresa las conclusiones usando un solo lenguaje	Entiende todo el proceso, es capaz de definirlo, exponerlo y sacar conclusiones usando diferentes lenguajes		
Elabora documentos digitales propios (texto, presentación, imagen, video, sonido), como resultado del proceso de búsqueda, análisis y selección de información relevante, con la herramienta tecnológica adecuada.	Elabora documentos digitales pobres, con falta de contenido, formato y estilo	Elabora documentos basados en el proceso de investigación, aunque no selecciona de manera adecuada la información relevante	Elabora documentos seleccionando herramientas adecuadas, investigando y reflejando información relevante, pero no uso formato adecuado	Elabora documentos seleccionando herramientas adecuadas, investigando y reflejando información relevante de manera adecuada		
Utiliza las herramientas tecnológicas, estrategias y fórmulas apropiadas para calcular ángulos, longitudes, áreas y volúmenes de cuerpos y figuras geométricas.	No sabe usar las herramientas tecnológicas, ni estrategias ni fórmulas para resolver problemas geométricos	Resuelve problemas geométricos, pero no domina las herramientas tecnológicas, las estrategias o la selección de fórmulas apropiadas	Resuelve problemas geométricos usando todos los recursos, pero a veces comete fallos seleccionar fórmulas, herramientas o estrategias	Resuelve problemas geométricos seleccionando las fórmulas, estrategias y herramientas tecnológicas adecuadas		
Utiliza las fórmulas para calcular áreas y volúmenes de triángulos, cuadriláteros, círculos, paralelepípedos, pirámides, cilindros, conos y esferas y las aplica para resolver problemas geométricos, asignando las unidades apropiadas.	No sabe aplicar las fórmulas de manera correcta para resolver problemas geométricos	Resuelve problemas geométricos cometiendo fallos en el proceso de aplicación de algunas fórmulas debido a desconocimiento de conceptos	Resuelve problemas geométricos aplicando las fórmulas cometiendo pequeños fallos	Resuelve problemas geométricos aplicando de manera correcta fórmulas		
Recrea entornos y objetos geométricos con herramientas tecnológicas interactivas para mostrar, analizar y comprender propiedades geométricas.	No comprende las características de los cuerpos geométricos ni sabe incorporar herramientas tecnológicas en el aprendizaje	Crea objetos geométricos, pero no comprende la totalidad de sus propiedades	Crea objetos geométricos de poca complejidad con herramientas tecnológicas y se sirve de ellas para analizar sus propiedades geométricas	Crea entornos y objetos geométricos de forma autónoma sirviéndose de herramientas tecnológicas y comprende todas sus propiedades		









































Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Escala de observación exposición oral.

Escala de observación exposición oral					
Proyecto: Diseñando la ciudad sostenible					
Alumno:					
Indicadores	Niveles de logro				
	0%	25%	50%	75%	100%
Expresa oralmente, de forma razonada, el proceso seguido en la realización del producto					
Hace una un buen ejercicio de síntesis seleccionando aquellos aspectos más relevantes a exponer					
Se expresa de forma clara, tiene una buena expresión oral, usando un vocabulario adecuado					
Usa con rigor el lenguaje matemático					
Emplea un tono de voz adecuado					
Tiene una expresión corporal correcta y realiza contacto visual con la audiencia					
Logra captar la atención de la audiencia					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Cuestionario autoevaluación alumno.

Cuestionario autoevaluación alumnado				
Proyecto: Diseñando la ciudad sostenible				
Alumno:	25%	50%	75%	100%
He sido puntual				
He sido respetuoso con el docente y el resto de los compañeros				
Me he involucrado en el proyecto				
Me he esforzado en hacerlo lo mejor posible				
He trabajado de manera constante				
He incorporado técnicas para mejorar mi aprendizaje				
He trabajado de manera cooperativa con mis compañeros				
He sido activo en debates y asambleas, expresando mi opinión de una manera adecuada				
He adquirido los contenidos trabajados en la unidad				
He hecho un bueno uso de las TIC				

Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Evaluación de la propuesta.

Tabla 24. Autoevaluación docente.

Autoevaluación docente		
Proyecto: diseñando la ciudad sostenible		
	SI	NO
Los objetivos de aprendizaje están claramente definidos.		
He planificado la secuencia seleccionando objetivos y contenidos que encajan en los currículos oficiales.		
El proyecto es el resultado de la integración de objetivos, contenidos y criterios de evaluación de diferentes materias o áreas de conocimiento.		
La secuencia tiene una tarea final con sentido y es adecuada a los objetivos, los contenidos y los criterios de evaluación.		
He conseguido mantener una relación entre las actividades a desarrollar en la secuencia y el desarrollo de las competencias básicas de los estudiantes.		
He tenido en cuenta la diversidad del alumnado en cuanto a capacidades, distintos niveles cognitivos, ritmos y estilos de trabajo, habilidades, estilos de aprendizaje...		
He elaborado y compartido con el alumnado indicadores de logro de la secuencia.		
He intentado vincular los nuevos conocimientos a experiencias previas de los estudiantes y a su propio contexto vital.		
He establecido relaciones entre sus conocimientos previos y los nuevos conocimientos.		
He dado a conocer los objetivos de la secuencia.		
He detallado todos los pasos a seguir y la secuencia temporal es detallada, coherente y factible.		
He marcado los plazos teniendo en cuenta el tiempo de trabajo disponible.		
En cada sesión, no he acaparado el tiempo para explicaciones magistrales, sino que he realizado modelaje del trabajo del alumnado.		
He propuesto a los estudiantes problemas de complejidad adecuada a su edad.		
He pedido a los alumnos que busquen información y valoren su fiabilidad e idoneidad.		
He facilitado el acceso a diversas fuentes de información.		
He intentado que las actividades se adapten a contextos y situaciones reales (fuera del aula ordinaria); por ejemplo; realizando entrevistas, reportajes fotográficos...		
He intentado hacer participe en alguna actividad de la secuencia a otros miembros de la comunidad escolar y del entorno familiar y social del alumno		
He incorporado y utilizado con normalidad las herramientas digitales e Internet en las tareas propuestas.		
He dado oportunidades suficientes para que los estudiantes usen diferentes estrategias de aprendizaje (organizadores gráficos, esquemas, resúmenes...).		
He usado técnicas de andamiaje para ayudar y apoyar a los estudiantes (modelaje, visualización, experimentación, demostraciones, gestualidad...).		
He utilizado una variedad de técnicas para ayudar a la comprensión de los conceptos (ejemplos, material audiovisual, analogías...).		
He utilizado recursos materiales y tecnológicos variados para hacer las tareas comprensibles y significativas.		
He favorecido procesos de reflexión sobre el propio aprendizaje (metacognición) a través de instrumentos como el "diario de reflexiones"		
Las tareas de la secuencia tienen una estructura cooperativa.		
Los equipos están configurados con alumnado heterogéneo.		
He facilitado la interdependencia y la responsabilidad individual dentro del trabajo en pequeño y gran grupo.		
He dado frecuentes oportunidades para la interacción y la discusión.		
He potenciado la distribución de tareas utilizando roles distintos y rotatorios		
He proporcionado un clima de aula libre, motivador y democrático.		
He utilizado y propuesto al alumnado estrategias de resolución de conflictos.		

Fuente: Elaboración propia a partir de CEDEC, s.f.