



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

Proyecto de una cámara estenopeica bajo el enfoque STEAM en Geometría y Medida para 3º de Secundaria

Trabajo fin de estudio presentado por:	Sara Hierro Vázquez
Tipo de trabajo:	Propuesta de intervención
Especialidad:	Matemáticas
Director/a:	Vilma Ismella Fajardo de Rojas
Fecha:	Enero 2024

Resumen

El mundo está cambiando a pasos agigantados. El desarrollo de la tecnología es exponencial (Belbase et al. 2021), alcanzando hitos y creando especialidades completamente nuevas, razón por la cual la adaptabilidad del conocimiento, la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades se vuelven cualidades esenciales para los profesionales del futuro. En este Trabajo Final de Máster se va a diseñar una propuesta basada en el aprendizaje basado en proyectos que ayude a los alumnos a desarrollar dichas cualidades. Así, se plantea un proyecto STEAM interdisciplinar para alumnos de 3º de Secundaria centrado en el aula de matemáticas, consistente en la construcción y uso de una cámara estenopeica para trabajar conceptos y habilidades relacionados con el bloque Geometría y Medida. Si bien la propuesta se centra en el ámbito matemático, se espera que el trabajo coordinado con el resto de materias STEAM, un tema relacionado con la vida cotidiana y una metodología centrada en la resolución de problemas ayuden a los estudiantes a percibir el conocimiento como un conjunto en constante relación, tanto entre sí como con el mundo. Dotando al conocimiento de finalidad, se espera que esta propuesta ayude a mejorar la motivación y el rendimiento de los alumnos.

Palabras clave: matemáticas, aprendizaje basado en proyectos, STEAM, geometría y medida, 3º de la ESO

Abstract

The world is changing by leaps and bounds. Technology is developing exponentially (Belbase et al. 2021), reaching milestones and creating completely new specialties, which is why both the adaptability of knowledge, problem solving and the development of skills have become essential qualities for the professionals of the future. This Master's Final Project designs a project-based learning proposal, in order for students to develop these qualities. Thus, an interdisciplinary STEAM project for students in the 3rd year of Secondary School is proposed, focused on the mathematics classroom, consisting of the construction and use of a pinhole camera to work on concepts and skills related to the Geometry and Measurement area. Although the proposal is focused on the mathematical field, it is expected that the coordinated work with the rest of STEAM subjects, a topic related to the students' daily life and a methodology focused on problem solving will help students to perceive knowledge as a whole, in constant relationship both within its fields and with the world. By endowing knowledge with purpose, it is hoped that once in the future this proposal will help improve students' motivation and performance.

Keywords: mathematics, project-based learning, STEAM, geometry and measurement, 3rd grade of Compulsory Secondary Education

Índice de contenidos

1.	Introducción	8
1.1.	Justificación.....	8
1.2.	Planteamiento del problema	10
1.3.	Objetivos.....	12
1.3.1.	Objetivo general	12
1.3.2.	Objetivos específicos	12
2.	Marco teórico.....	13
2.1.	Aprendizaje Significativo.....	13
2.2.	Aprendizaje Basado en Proyectos	16
2.2.1.	Ventajas e inconvenientes de la metodología ABP	18
2.2.2.	La metodología ABP en matemáticas.....	20
2.3.	Modelo STEAM	20
2.3.1.	STEAM aplicado al aula en Educación Secundaria	22
3.	Propuesta de intervención	25
3.1.	Presentación de la propuesta	25
3.2.	Contextualización de la propuesta	25
3.3.	Intervención en el aula	27
3.3.1.	Objetivos.....	27
3.3.2.	Competencias	28
3.3.3.	Saberes básicos.....	28
3.3.4.	Metodología	31
3.3.4.1.	Atención a la diversidad	31
3.3.5.	Cronograma y secuenciación de actividades	32
3.3.6.	Recursos.....	36

3.3.7. Evaluación.....	36
3.4. Evaluación de la propuesta.....	39
4. Conclusiones.....	40
5. Limitaciones y prospectiva	41
Referencias bibliográficas.....	43
Anexo A. Otras experiencias STEAM en el aula.....	51
Anexo B. Trabajo de las otras siglas del acrónimo	54
Anexo C. Elementos curriculares detallados	55
Anexo D. Actividades	58
Anexo E. Material de apoyo	65

Índice de figuras

Figura 1. <i>Rendimiento de los alumnos españoles en las pruebas PISA.</i>	10
Figura 2. <i>Estructura y recursos para la enseñanza de las matemáticas.</i>	15
Figura 3. <i>Características del docente para favorecer el aprendizaje significativo</i>	16
Figura 4. <i>Distribución del aula STEAM del colegio Gaztelueta</i>	23
Figura 5. <i>Alumno de Gaztelueta compitiendo con el coche construido.</i>	23
Figura 6. <i>Resultado de las encuestas realizadas a estudiantes del colegio Gaztelueta</i>	23
Figura 7. <i>Cuestionario de autoevaluación (Cuestionario AE)</i>	37
Figura 8. <i>Rúbrica de heteroevaluación (Rúbrica HE)</i>	38
Figura 9. <i>Rúbrica de coevaluación (Rúbrica CE)</i>	38
Figura 10. <i>Diana de evaluación de la propuesta</i>	40
Figura 11. <i>Proyectos KIKS del teléfono inalámbrico (a), la razón áurea (b) y la memoria (c)</i> ..	51
Figura 12. <i>Estudiantes del IES El Sur en el JPL de la NASA en California</i>	52
Figura 13. <i>Representación del plano de un ortoedro en planos en dos y tres dimensiones</i>	65
Figura 14. <i>Representación del desarrollo del ortoedro en dos y tres dimensiones</i>	66
Figura 15. <i>Representación del ortoedro completo en dos y tres dimensiones</i>	66
Figura 16. <i>Diseño de la cámara oscura en la plancha de cartón</i>	67
Figura 17. <i>Plano de la cámara oscura recortado</i>	67
Figura 18. <i>Cámara oscura ensamblada</i>	68
Figura 19. <i>Imagen capturada en la cámara oscura</i>	68
Figura 20. <i>Edición de la imagen capturada en la cámara oscura</i>	69

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Condiciones necesarias para un aprendizaje significativo</i>	15
Tabla 2. <i>Ventajas de la metodología ABP</i>	19
Tabla 3. <i>Inconvenientes de la metodología ABP</i>	19
Tabla 4. <i>Objetivos didácticos</i>	19
Tabla 5. <i>Competencias específicas, criterios de evaluación, indicadores de logro, saberes, actividades objetivos didácticos y de etapa</i>	29
Tabla 6. <i>Resumen de los saberes básicos que se trabajan en la propuesta</i>	31
Tabla 7. <i>Cronología de las actividades</i>	33
Tabla 8. <i>Ficha de la Actividad 01</i>	34
Tabla 9. <i>Ficha de la Actividad 04</i>	35
Tabla 10. <i>Recursos de los que se hará uso clasificados por tipo</i>	36
Tabla 11. <i>Matriz DAFO de la propuesta</i>	39
Tabla 12. <i>Descripción de los objetivos de etapa establecidos en el Decreto 77/2023</i>	55
Tabla 13. <i>Descripción de las competencias específicas establecidas en el Decreto 77/2023</i> ..	56
Tabla 14. <i>Descripción de los saberes básicos establecidos en el Decreto 77/2023</i>	57
Tabla 15. <i>Ficha de la Actividad 02</i>	58
Tabla 16. <i>Ficha de la Actividad 03</i>	59
Tabla 17. <i>Ficha de la Actividad 05</i>	60
Tabla 18. <i>Ficha de la Actividad 06</i>	61
Tabla 19. <i>Ficha de la Actividad 07</i>	61
Tabla 20. <i>Ficha de la Actividad 08</i>	61
Tabla 21. <i>Ficha de la Actividad 09</i>	64

1. Introducción

La propuesta de intervención que se diseña en este Trabajo Fin de Máster (TFM) se presentará brevemente en los apartados a continuación; se justificará la necesidad de implementar el enfoque educativo STEAM como respuesta metodológica a las demandas de esta era tecnológica, así como la problemática presente en las aulas de matemáticas en la actualidad que puede hallar parte de su potencial solución a través de la implementación de dicho enfoque. Se diseñará posteriormente un proyecto consistente en la elaboración de una cámara estenopeica bajo el enfoque STEAM para el aula de Matemáticas de 3º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), a través del cual se espera satisfacer las necesidades y solventar parte de la problemática presente en el contexto educativo actual.

1.1. Justificación

Es un hecho que el desarrollo tecnológico que está teniendo lugar en el siglo XXI está cambiando nuestra forma de vida a pasos agigantados. En 2016, el director del Foro Económico Mundial Klaus Schwab acuñó el término *4ª Revolución Industrial* para referirse a esta época en la que nos encontramos inmersos, en la cual las barreras entre los mundos biológico, físico y digital se están disipando progresivamente (Schwab, 2016). Según Schwab, es el alcance, impacto y principalmente la velocidad exponencial del desarrollo lo que caracteriza esta revolución; de hecho, se espera que para el año 2030 la tecnología haya transformado de un modo u otro casi un tercio de todos los empleos que existían en el año 2020 (Zahidi, 2020).

El Foro Económico Mundial estimó que en el año 1940 aún no se habían inventado un 60% del total de empleos existentes en Estados Unidos en el año 2018, dato que se espera que se dé de manera similar en otras partes del mundo (*World Economic Forum*), en adelante WEF, (2022). Anteriormente, habían estimado que un 65% de los niños que comenzaron su etapa de escolarización primaria en el año 2016, acabará trabajando en ocupaciones laborales completamente inexistentes hoy en día (WEF, 2016), como podrían ser asesores genéticos, ingenieros tecnológico-financieros, especialistas en IA y Blockchain (Krueger, 2021), geólogos astronautas, lingüistas cuánticos, matemáticos médicos (Land, 2013). La velocidad de esta revolución es tal, que el WEF (2016) afirma que “el 50% del conocimiento adquirido por los sujetos durante el primer curso de una carrera técnica de cuatro años está obsoleto para

cuando los estudiantes se gradúan” (p. 20). Esto implica una obsolescencia nunca antes vista en cuanto al conocimiento, que deja de ser el elemento principal en la formación de las personas; en el futuro serán necesarios individuos que sepan adaptarse a los cambios y enfrentarse a nuevos problemas (Mori Castro, 2020).

Así, es el consenso de muchos autores que lo que se requiere en la actualidad y para el futuro no es tanto el conocimiento como el desarrollo de habilidades o competencias que permitan adaptarse a los cambios (Mori Castro, 2020; Roslansky, 2022; Zahidi, 2020), habilidades que reciben de manera relativamente consensuada el nombre de *Habilidades del siglo XXI* (Bialik et al., 2015; Rahman, 2019; Singh, 2021; Voogt & Robin, 2010), considerándose necesarias para adaptarse a esta fusión interdisciplinar de los mundos biológico-físico-digital, además de a su velocidad de desarrollo. Una manera común de definir estas habilidades es como las “4 C’s”, en relación a las siglas de las palabras en inglés *Creativity, Critical Thinking, Communication, Colaboration* (Bialik et al., 2015; Singh, 2021), que engloban de manera general las capacidades que los individuos deberán desarrollar para hacer frente a nuevas situaciones. Hay quienes consideran de manera separada la resolución de problemas, o la innovación (Mori Castro, 2020; Rahman 2019); en cualquier caso, se puede concluir en sus diversas definiciones, se trata de habilidades que permitan a quien las desarrolle innovar, pensar de manera crítica, ser consciente de sí mismo y de su propio aprendizaje, trabajar en equipo, así como de manera interdisciplinar, y, en última instancia, adaptarse a las situaciones (esperadas o no) que puedan darse.

En este contexto, el enfoque educativo STEAM (acrónimo proveniente de sus siglas en inglés *Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*) podría ser la clave, puesto que las habilidades definidas anteriormente son las que componen este enfoque (Mori Castro, 2020): éste pretende que los alumnos desarrollen las habilidades del siglo XXI mediante una educación interdisciplinar, que relacione las experiencias de los alumnos con contenidos transversales de ciencia y tecnología a través de la creatividad (Zamorano Escalona et al., 2018). Los proyectos STEAM surgen como premisa para abordar la presentada coyuntura (Zamorano Escalona et al., 2018), tratándose de proyectos transversales e integradores (Martínez Seoane, 2022), que requieren que los alumnos se responsabilicen de su propio proceso de aprendizaje, que se conviertan en pensadores críticos, innovadores y creativos, en

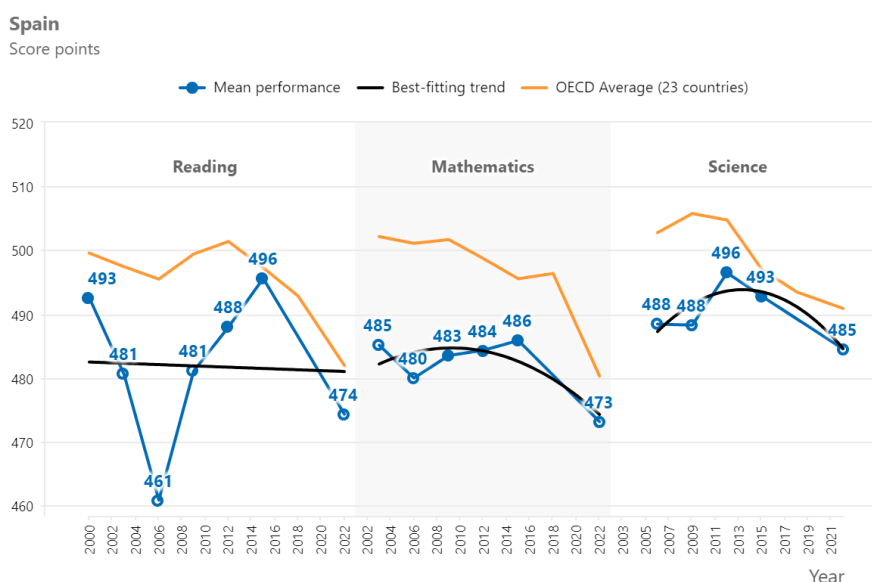
un entorno libre e inclusivo que permite a los estudiantes arriesgar, errar, corregir, aprender, compartir y discutir ideas (Singh, 2021).

Por ello, se va a elaborar un proyecto STEAM contextualizado en sus posibles intereses centrado en la fotografía y en los saberes básicos relacionados con la geometría y medida.

1.2. Planteamiento del problema

Educar a las personas es prepararlas para que puedan hacer frente de manera eficiente a los retos y deberes que encontrarán en su adultez (Land, 2013). A día de hoy, con una tasa de empleos STEM creciendo a un ritmo que triplica al del resto de la economía (Land, 2013), existe una brecha entre las habilidades que se necesitan y las que se desarrollan en las aulas bajo una metodología tradicional (Singh, 2021). Sin embargo, a pesar del contexto presentado, el aula de matemáticas y la enseñanza de éstas no ha variado en gran medida a lo largo de la historia (Castro-Velásquez & Rivadeneira-Loor, 2022), “sufriendo un deterioro notable en su calidad educativa” (Palma & Sarmiento, 2015, p.608, citados por Castro-Velásquez & Rivadeneira-Loor, 2022, p.1094).

Figura 1. Rendimiento de los alumnos españoles en las pruebas PISA



Fuente: Recuperado de Resultados PISA del 2022 (OCDE, 2023, p.1)

Actualmente, el rendimiento en matemáticas en España se sitúa por debajo de la media de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), según el informe del Programa de Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA) del año 2022 (OCDE, 2023); la Figura 1 muestra la evolución del rendimiento en lectura, matemáticas y ciencias de los

alumnos españoles desde el año 2000, en la cual podemos apreciar que España nunca ha alcanzado la media europea en los últimos casi veinte años de pruebas y que, además, el rendimiento de los estudiantes españoles sigue decreciendo de manera notable.

Son varias las causas que subyacen bajo este pobre rendimiento. La dimensión afectiva afecta al aprendizaje de las matemáticas (Villamizar Acevedo et al., 2020); la desmotivación (Ricoy & Couto, 2018), junto con la sensación de ausencia de control y autoconfianza (Castro-Velásquez & Rivadeneira-Loor, 2022) son factores potenciales de un rendimiento pobre, al tiempo que este rendimiento pobre acaba siendo un agente influyente en la motivación de los alumnos (Ricoy & Couto, 2018), lo cual se convierte en un bucle infinitamente retroalimentado.

Si profundizamos en las causas de la desmotivación estudiantil en cuanto a las matemáticas, la causa principal atañe al ámbito metodológico. La prevalencia de aulas expositivas (Ricoy & Couto, 2018), la presentación del conocimiento como verdad incuestionable que debe recordarse para repetirlo posteriormente en una prueba (Torres-Salas, 2010), o el abuso del libro de texto y completa ausencia de otros recursos que limitan las opciones de los docentes (Alsina, 2020), son factores característicos de la metodología tradicional de la enseñanza de las matemáticas, basadas en la memorización y repetición descontextualizadas.

Es esta falta de relación con el contexto cotidiano de los estudiantes la que varios autores definen como la principal causa de la desmotivación estudiantil en cuanto a las matemáticas (Alsina, 2020; Castro-Velásquez & Rivadeneira-Loor, 2022; Ricoy & Couto, 2018). La inaplicabilidad de los contenidos, enseñados de manera aislada sin ningún tipo de interrelación con otros ámbitos o materias, unido a la abstracción propia de las matemáticas, elimina cualquier sentido de utilidad que pueda asociarse a la asignatura. Esto conlleva a que el aprendizaje que tiene lugar en el aula no sea significativo, sino un aprendizaje superficial (Torres-Salas, 2010), que es lo que sucede cuando enseñamos los conocimientos sin desarrollar las habilidades (Bialik et al., 2015). Además, esto se ve potenciado por la resistencia docente al cambio: la necesidad de cambiar se percibe como sinónimo de mala praxis, y ha sido en muchos casos la falta de recepción positiva o implicación por parte del profesorado la que ha conllevado al fracaso en la implementación de nuevas tecnologías o metodologías (Córica, 2020), con lo que el ciclo termina repitiéndose sin fin, y sin que nada varíe realmente.

Por otro lado, las evaluaciones también deben considerarse como parte del problema. Un cambio de metodología no es tal sin un cambio en el sistema de evaluación; los docentes

reconocen, además, evaluar de manera aislada, sin llegar a crear una visión global que ayude a los estudiantes a interiorizar e interrelacionar mejor los conceptos (Ricoy & Couto, 2018). Al respecto de este tema, Land (2013) ofrece un aporte muy interesante:

Con exámenes estandarizados, los estudiantes son evaluados en su capacidad de memorizar en lugar de en su comprensión. Cuando se preparan para los exámenes, a los estudiantes se les enseña que sólo existen respuestas correctas e incorrectas. El mundo real no es blanco y negro. Debemos animar a la juventud del mañana a buscar múltiples soluciones a problemas complejos, y la adición de las artes dentro de los campos STEM puede combatir este problema (p.549).

En conclusión, el cambio es necesario y, además, urgente; el sistema en el que se están educando los adultos del futuro no los prepara para enfrentar el amplio abanico de circunstancias con las que puedan encontrarse. La aplicación de la metodología STEAM, por su naturaleza transversal, integrada, abierta al diálogo y al error, pero además de todo contextualizada en el mundo cotidiano de los estudiantes, puede contribuir a paliar las carencias presentes en la metodología de enseñanza actual.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

El objetivo principal de esta propuesta de intervención es diseñar un proyecto consistente en la elaboración de una cámara fotográfica estenopeica bajo el enfoque educativo STEAM para la asignatura Matemáticas de 3º de la ESO, en el contenido de Geometría y Medida.

1.3.2. Objetivos específicos

Para la consecución del objetivo general descrito, se plantean los siguientes objetivos específicos.

- Estudiar la didáctica de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (en adelante, ABP) en el ámbito de la secundaria, junto con sus posibles ventajas e inconvenientes.
- Realizar una revisión bibliográfica sobre el STEAM aplicado al aula de matemáticas en Secundaria.
- Elaborar una serie de actividades en la Propuesta en las que se vincule el arte y la tecnología a través de la fotografía para el aula de matemáticas.

2. Marco teórico

Desde hace décadas y hasta nuestros días, los colegios han enseñado bajo un enfoque objetivista tradicional; los alumnos reciben un conocimiento presentado como verdadero e incuestionable que deben creer, lo almacenan y lo reproducen en pruebas en las que recibirán una u otra calificación en función del grado en el que hayan sido capaces de memorizar dicho contenido (Tynjälä, 2001). Sin embargo, ¿puede esto considerarse aprendizaje? ¿Qué es realmente *aprender*, y cómo puede la escuela ayudar al aprendizaje? A lo largo del presente marco teórico, se estudiará la naturaleza del aprendizaje y los procesos que lo conforman, a fin de presentar un modelo que optimice la adquisición del mismo.

2.1. Aprendizaje Significativo

Según la Real Academia Española, aprender es “adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio o de la experiencia” (Real Academia, s.f.). Para Ackerman (2001), aprender está menos relacionado con memorizar y suscribirse a ideas ajenas, y más con ser capaz de expresar el mundo en ideas propias, en un intercambio constante con los demás. Saravia Estrada (2015), por su parte, lo define como aquello que se demuestra útil para resolver un problema, motivo por el cual gran parte del conocimiento enseñado de modo tradicional se pierde: porque no se usa. Además, existe una dificultad adicional: y es que lo que resulta ser un problema varía de individuo en individuo, así como lo que puede ser útil para resolverlo.

Un gran referente en cuanto al desarrollo cognitivo es Jean Piaget, quien definió la teoría constructivista del aprendizaje. Para Piaget (1983), el aprendizaje es consecuencia de las experiencias del individuo, a partir de las cuales construye sus estructuras cognitivas. El nuevo conocimiento se considerará aprendido cuando se integre exitosamente en dichas estructuras. Esto implica que, por un lado, los niños no simplemente absorben lo que se les dice, sino que lo interpretan y transforman bajo su propia perspectiva y conocimiento; por otro, que un modelo educativo basado en la transmisión no es eficaz (Ackerman, 2001). Educar no consiste en traspasar, sino en proporcionar herramientas para que cada sujeto descubra el mundo (Bolaño Muñoz, 2020).

Seymour Papert, padre de la visión constructivista del aprendizaje, añade un matiz a las ideas piagetianas. Para Papert, proyectar las propias ideas y sentimientos es la clave para aprender (Ackerman, 2001). Los afectos juegan un papel clave en el aprendizaje, motivo por el cual

desarrollar actitudes específicas es uno de los objetivos de la educación (Muñoz Cantero & Mato Vázquez, 2008). Esto especialmente importante en el caso de las matemáticas, que, como se ha mencionado previamente, se encuentran en una situación crítica en cuanto a su dimensión afectiva. Las actitudes hacia las matemáticas, ya sea en su dimensión afectiva o cognitiva, empeoran a medida que se avanza en la infancia y adolescencia. De hecho, en los últimos años el número de publicaciones respecto a la ansiedad matemática se ha incrementado en diversos países, entre los que se encuentra España (Sagasti-Escalona, 2019). Es importante considerar al estudiante como el ser complejo que es, al cual le influirán factores más o menos racionales en cuanto a su gusto por la materia (Orjuela et al., 2019).

Así, para aprender eficazmente según la visión constructivista de la educación, se deben cumplir las siguientes características:

- a) Se deben tener en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes (Romero Trenas, 2009), pues son con los que hará frente al proceso educativo (Miranda Núñez, 2020). Además, no debe obviarse la diversidad, pues cada individuo posee un marco de referencia distintivo (Miranda Núñez, 2020).
- b) Tiene lugar a través de la experiencia (Romero Trenas, 2009); los procesos de aprendizaje deben vincularse con las vidas cotidianas de los estudiantes (Bolaño Muñoz, 2020), pues es a través de interactuar con el ambiente como se integrarán los nuevos conceptos (Miranda Núñez, 2020).
- c) Se debe considerar la importancia de lo afectivo, motivo por el cual es importante relacionar el proceso con los gustos e intereses de los alumnos (Miranda Núñez, 2020). Para Romero Trenas (2009), es el hecho de acordar expectativas previas con experiencias lo que ayuda al aprendizaje.
- d) Serán las necesidades del alumno y no las del docente las que guíen el proceso de enseñanza-aprendizaje (Romero Trenas, 2009). Lo importante son los procesos (Ackerman, 2001; Tynjälä, 2001), motivo por el cual el docente se debe convertir en un guía que se adapte a los sujetos, responsable de crear situaciones de aprendizaje favorables.

Contenido dentro de la visión constructivista, toma especial importancia el aprendizaje significativo (Bolaño Muñoz, 2020). El aprendizaje significativo fue desarrollado por David Ausubel, en el cual los alumnos comprenden qué hacen y por qué, permitiéndoles construir

significados que generan un cambio permanente en sus estructuras cognitivas (Ausubel, 1983). Se considera construir significados como “establecer relaciones “sustantivas” y no arbitrarias entre lo que aprendemos y lo que ya conocemos” (Romero Trenas, 2009, p. 2). Existen tres condiciones fundamentales para que un aprendizaje sea significativo (Tabla 1):

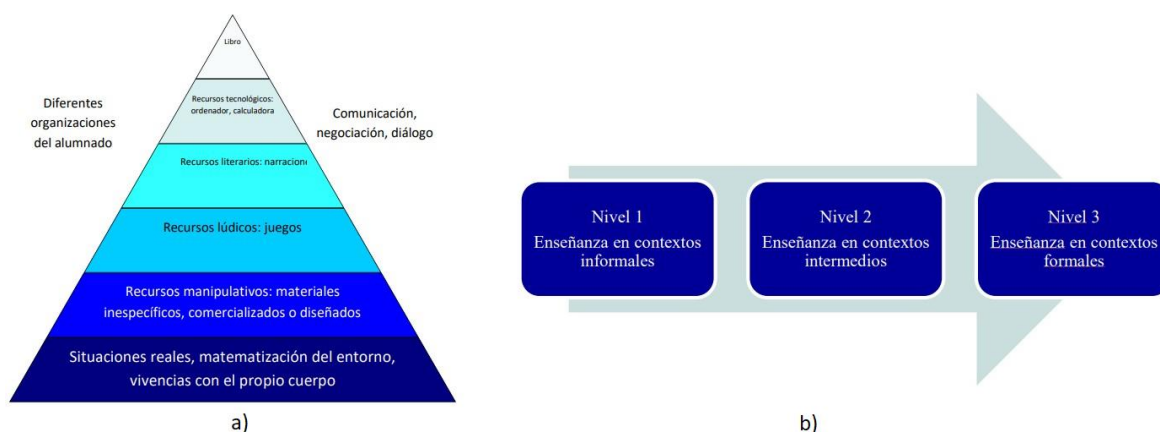
Tabla 1. *Condiciones necesarias para un aprendizaje significativo*

Condiciones para el aprendizaje significativo
El nuevo conocimiento debe estar relacionado con el conocimiento previo que ya posee el estudiante (Miranda Núñez, 2020; Saravia Estrada, 2015; Romero Trenas, 2009), así como con el conocimiento potencial futuro (Saravia Estrada, 2015).
El contenido debe estar estructurado de manera que atienda a una coherencia y lógica internas (Romero Trenas, 2009)
El alumnado debe poseer una motivación intrínseca que lo impulse a aprender (Saravia Estrada, 2015; Romero Trenas, 2009). El alumno construye su conocimiento porque está interesado en ello y porque quiere (Romero Trenas, 2009); para poder lograrlo, es muy importante que los docentes estén atentos al entorno e intereses de sus alumnos: es decir, que los conozcan (Saravia Estrada, 2015).

Fuente: Elaboración propia a partir de lo desarrollado por los autores mencionados.

Para generar un aprendizaje significativo en el ámbito matemático, Alsina (2020) plantea la enseñanza de las matemáticas estructurada en tres niveles (Figura 2):

Figura 2. *Estructura y recursos para la enseñanza de las matemáticas*

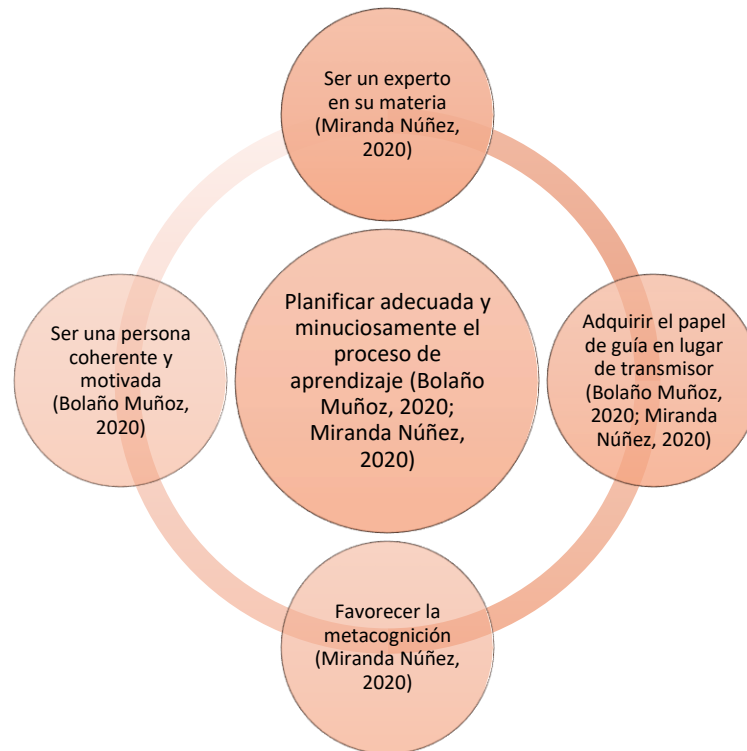


Fuente: adaptado de Alsina, 2020 (pp.138-139)

Alsina (2020) también apunta que, si bien en los últimos cursos habría que reducir la enseñanza en contextos informales para dar prioridad a los contextos intermedios y formales, los primeros no deben nunca desaparecer del todo.

Todas estas condiciones para la obtención de un aprendizaje significativo y constructivista implican un cambio diametral en la labor del docente, que se refleja en la Figura 3:

Figura 3. Características del docente para favorecer el aprendizaje significativo



Fuente: Elaboración propia a partir de Miranda Núñez (2020, p.156) y Bolaño Muñoz (2020, p.p.437-438).

Se puede concluir que *aprender* es generar un significado, un cambio, tanto en las estructuras cognitivas como en las actitudes del sujeto, fruto de la propia experiencia y voluntad de interactuar con el entorno. Comprender el protagonismo del aprendiz en el aprendizaje y adaptar las metodologías a las necesidades de éste es fundamental para cualquier proceso educativo que pretenda ser exitoso.

2.2. Aprendizaje Basado en Proyectos

El Aprendizaje Basado en Proyectos (en adelante, ABP) es una metodología constructivista en la cual los alumnos, trabajando en grupo (Antón Sancho & Sánchez Domínguez, 2020; Galeana, 2006), desarrollan un proyecto en un margen de tiempo específico (Flores-Fuentes & Juárez-Ruiz, 2017) para dar respuesta a una situación o problema planteado en un inicio (Antón

Sancho & Sánchez Domínguez, 2020; Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019; Flores-Fuentes & Juárez-Ruiz, 2017; Trujillo, 2015) que deberá ser presentado públicamente (Sánchez, 2013; Trujillo, 2015). Para poder entender las muchas ventajas que esta metodología puede aportar al aprendizaje, es conveniente estudiar en profundidad previamente los rasgos que la caracterizan:

En primer lugar, es importante que el proyecto sea aplicable a una situación real, compleja y contextualizada (Flores-Fuentes & Juárez-Ruiz, 2017; Galeana, 2006), para responder a la cual los estudiantes deberán aplicar sus conocimientos, destrezas y actitudes (Benjumeda et al., 2015; Sánchez, 2013). De este modo, se dota de un propósito al conocimiento que se adquiere (Domènech Casal et al., 2019), uniendo la dimensión teórica con su dimensión práctica, lo cual lo vuelve más significativo.

El desarrollo del proyecto implica llevar a cabo tareas de alta complejidad (Benjumeda et al., 2015). Observándolo desde una perspectiva cognitiva, los alumnos deberán ser capaces de concebir y plantear preguntas, diseñar planes de acción, investigar, buscar, recoger y analizar información, construir modelos, aplicar conocimientos, reflexionar o establecer conclusiones, entre otros (Benjumeda et al., 2015; Rodríguez-Sandoval et al., 2010; Sánchez, 2013). Por otro lado, debido a su naturaleza grupal, la perspectiva interrelacional cobra gran importancia. Será vital que los alumnos se comuniquen entre sí y con el profesor, que debatan sobre las distintas ideas y puntos de vista surgidos en torno al proyecto y su contenido (Benjumeda et al., 2015; Sánchez, 2013), teniendo que llegar a acuerdos o conclusiones (Sánchez, 2013). Esto implica un gran esfuerzo metacognitivo, pues implica no sólo ser consciente de los propios conocimientos, sino de los del resto de compañeros, así como de sus diferentes maneras de aprender. Todo este componente social culmina con la presentación pública del producto final y con la evaluación, en la que el alumnado debe tener voz (Galeana, 2006).

La evaluación es un punto importante, pues ésta debe variar sustancialmente respecto a la evaluación de la enseñanza tradicional. Los alumnos deben poder participar de la evaluación, ya sea en cuanto a sí mismos (autoevaluación) como en cuanto al trabajo de sus compañeros (coevaluación) (Galeana, 2006). Para ello, deberán reflexionar sobre los criterios de evaluación con los que juzgar el grado de consecución de los objetivos propios y ajenos, así como la capacidad de afrontar las evaluaciones recibidas por parte de sus iguales (Rodríguez-Sandoval et al., 2010). Es importante que, a fin de que esto sea realizable, los estudiantes sean partícipes

de los criterios de evaluación desde un inicio (Galeana, 2006). La misma autora resalta la importancia de evaluar el desempeño de manera real e integral, premiando la experimentación y entendiendo el error como parte del proceso. Además, es interesante considerar la visión de Trujillo (2015) en cuanto a la evaluación del ABP, la cual expresa que, en una metodología competencial, la evaluación también debería ser por competencias, considerando sus dimensiones cognitivas, instrumentales y actitudinales.

Todo esto pone de manifiesto otra de las características clave del ABP: la participación del alumnado en la toma de decisiones durante todo el proceso es esencial (Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019; Sánchez, 2013), desde el propio diseño en el caso más ideal (Antón Sancho & Sánchez Domínguez, 2020; Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019) hasta la planificación, organización, implementación y evaluación (Domènech Casal, 2018). Considerar la visión de los estudiantes, no sólo en la evaluación sino en todo cuanto lo que tenga que ver con el proyecto, les hace saber que son y se les considera agentes importantes del proceso de enseñanza-aprendizaje (Peñafiel & Pita, 2022). Ser quienes toman las decisiones ofrece a los alumnos considerablemente mayor libertad y autonomía (Benjumeda et al., 2015; Sánchez, 2013), teniendo que existir espacios de tiempo en los que el alumno trabaje sin supervisión (Avishai & Palatnik, 2022; Sánchez, 2013).

Cabe mencionar que, si bien es importante integrar aspectos realistas e interesantes para el alumnado en cuanto a temática, tareas, etc. (Benjumeda et al., 2015), el ABP no debe considerarse una metodología complementaria o de ampliación, sino como el método principal a través del cual fundamentar la enseñanza en su totalidad (Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019; Flores-Fuentes & Juárez-Ruiz, 2017; Sánchez, 2013); aunque algunos docentes han expresado preocupaciones, se ha demostrado que es posible cumplir con la totalidad del currículo a través de ABP (Domènech Casal et al., 2019).

2.2.1. Ventajas e inconvenientes de la metodología ABP

Son muchos los beneficios que el ABP tiene que aportar, todos los cuales contribuyen al desarrollo de las habilidades definidas como las “4 C’s”, pero no está completamente exento de dificultades. Estas ventajas e inconvenientes se resumen en las tablas 2 y 3 a continuación:

Tabla 2. Ventajas de la metodología ABP

Ventajas de la metodología ABP
Se desarrollan habilidades de comunicación y trabajo en equipo (Domènech Casal et al., 2019; Galeana, 2006).
Aumenta la participación y el clima de colaboración (Flores-Fuentes & Juárez-Ruiz, 2017), mejorando las relaciones entre alumnos y con los docentes (Peñafiel & Pita, 2022).
Se desarrolla el pensamiento crítico y creativo (Botella Nicolás & Ramos Ramos, 2019; Galeana, 2006; Rodríguez-Sandoval et al., 2010), junto a la capacidad de resolver problemas (Galeana, 2006).
Se aprende a aprender y a que los compañeros aprendan (Galeana, 2006), así como a evaluar y retroalimentar de manera constructiva (Galeana, 2006; Rodríguez-Sandoval et al., 2010).
Su contextualización en el mundo real (Domènech Casal et al., 2019), vincula la teoría con la práctica (Peñafiel & Pita, 2022; Trujillo, 2015), y a los estudiantes con su comunidad (Flores-Fuentes & Juárez-Ruiz, 2017).
Los alumnos detectan los errores más rápido y sufren menos estrés (Peñafiel & Pita, 2022).
Se desarrollan habilidades de aprendizaje independiente (Rodríguez-Sandoval et al., 2010; Trujillo 2015), lo que, junto a la autonomía y participación en la toma de decisiones, aumenta la flexibilidad, la autoestima (Galeana, 2006), el esfuerzo y el interés (Peñafiel & Pita, 2022).

Fuente: Elaboración propia en base a lo desarrollado por los autores mencionados.

Tabla 3. Inconvenientes de la metodología ABP

Inconvenientes de la metodología ABP
Gran carga de trabajo para el docente (Sánchez, 2013), quien debe realizar un gran esfuerzo de planificación y coordinación (Galeana, 2006).
Dificultad para organizar y evaluar cada proyecto diferente de manera eficaz (Domènech Casal et al., 2019; Sánchez, 2013).
Requiere flexibilidad para hacer frente a situaciones no planificadas (Avishai & Palatnik, 2022).

Los alumnos dudan inicialmente de su capacidad de aprendizaje (Antón Sancho & Sánchez Domínguez, 2020).

Por causa de su naturaleza social, la metodología es sensible a que existan malentendidos y problemas de comunicación (Galeana, 2006).

La ocasional implicación desigual de los alumnos genera estrés en los más responsables, impidiéndoles disfrutar del proceso (Benjumeda et al., 2015).

Fuente: Elaboración propia a partir de lo desarrollado por los autores mencionados.

2.2.2. La metodología ABP en matemáticas

Todas las características descritas se trasladan al uso del ABP en matemáticas, siendo que además la metodología ayuda a acercar la importancia de las matemáticas para la vida diaria (Peñañiel & Pita, 2022). Según la investigación llevada a cabo por Benjumeda et al. (2015), la mayor parte del alumnado pudo reconocer la utilidad del contenido matemático aprendido, expresando que tareas más prácticas les ayudaban a utilizar mejor las matemáticas, pudiendo superar los mayores obstáculos gracias a la orientación del profesor.

Según Avishai y Palatnik (2022), los alumnos que usan ABP en matemáticas aprenden a reducir la complejidad de los problemas, investigar modelos simples, y pasar de lo concreto a lo abstracto. La metodología mejora la competencia matemática (Flores-Fuentes & Juárez-Ruiz, 2017), lo cual pudo observarse en el estudio de Antón Sancho y Sánchez Domínguez (2020), en la cual utilizaron ABP en el aula de matemáticas durante un periodo de 3 años con alumnos que crecieron desde los 13 hasta los 16 años; en los tres años obtuvieron mejores calificaciones en la materia que el resto de los grupos de control.

Finalmente, el ABP en matemáticas no sólo ayuda a desarrollar los procesos que requieren éstas para llevarse a cabo y la memoria matemática, sino que mejora sustancialmente la visión que los estudiantes tienen de la materia (Antón Sancho & Sánchez Domínguez, 2020). Esta mejora en la dimensión afectiva, junto con todas las ventajas potenciales que tiene por ofrecer, hacen de la metodología ABP una gran candidata para el aula de matemáticas.

2.3. Modelo STEAM

El modelo STEAM combina todo lo visto hasta el momento para dar respuesta a las necesidades del presente y futuro (Zamorano-Escalona et al., 2018). El mundo requiere de

personas preparadas para desenvolverse en esta 4ª Revolución Industrial que se caracteriza por el crecimiento y transformación exponenciales de la ciencia y tecnología, cuyas barreras se difuminan progresivamente (Schwab, 2016). Por ello, la educación STEAM propone un modelo basado principalmente en el ABP (Diego Mantecón et al., 2021; Martínez Seoane, 2022), a través de un proyecto que se desarrolla para dar respuesta a un problema real, con impacto social (Martínez Seoane, 2022; Singh, 2021; Zamorano-Escalona et al., 2018), en el cual se trabajen de manera transversal e integrada las diferentes materias correspondientes a las siglas STEAM (ciencias, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) (Martínez Seoane, 2022; Zamorano-Escalona et al., 2018), que además permiten y asumen el error como parte natural del aprendizaje (Martínez Seoane, 2022). Mediante este enfoque, se busca desarrollar habilidades del siglo XXI (Martínez Seoane, 2022; Zamorano-Escalona et al., 2018), a fin de formar y proveer de personas competentes y reflexivas al sector científico-tecnológico (Diego Mantecón et al., 2021; Zamorano-Escalona et al., 2018), reduciendo la brecha entre las habilidades que se demandan y las que se adquieren (Diego Mantecón et al., 2021).

Sin embargo, el modelo no siempre ha sido así; originalmente, el *Natural Science Foundation* acuñó el término STEM (Mori Castro, 2020), a modo de integrar las disciplinas científico-tecnológicas en una única visión para su desarrollo global. Es Yakman (2008) quien incorpora la A de *artes* al acrónimo, incorporación en ocasiones controversial. La A incluye las lenguas y humanidades, además de las artes en sí mismas, integrando así la capacidad de comunicación, la contextualización social de los contenidos y la creatividad como parte esencial en la formación integral de las personas (Yakman, 2008). La A promueve no sólo la creatividad, sino el hábito de tomar riesgos, la comprensión de las emociones (Belbase et al., 2021), la búsqueda de explicaciones, la argumentación, el diseño de modelos (Singh, 2021) ... Si bien existen resistencias a la incorporación de las artes al modelo (Diego Mantecón et al., 2021), se ha demostrado que la visión STEAM en lugar de STEM aporta una dimensión adicional que favorece el desarrollo de las competencias clave (Diego Mantecón et al., 2021), además de ayudar a integrar mejor el contenido en las estructuras cognitivas (Land, 2013).

Los proyectos STEAM deben incorporar de manera integrada dos o más áreas del acrónimo (Domènech Casal, 2018; Zamorano-Escalona et al., 2018), trabajando mediante el uso del método científico, la lógica matemática y la creatividad (Martínez Seoane, 2022), desarrollándose en torno a temas o ideas que sean potencialmente motivadoras para los

estudiantes, despertando el interés hacia las disciplinas STEAM (Diego Mantecón et al., 2021; Martínez Seoane, 2022; Zamorano-Escalona et al., 2018). Es en la actualidad, además, fundamental hacer uso de las TIC como herramienta que completa el proceso de aprendizaje (Martínez Seoane, 2022; Zamorano-Escalona et al., 2018). El proyecto finaliza con la presentación pública y evaluación del mismo (Diego Mantecón et al., 2021), teniendo en cuenta no sólo el producto final obtenido, sino todo el proceso llevado a cabo por el alumno, priorizando especialmente la adquisición de habilidades del siglo XXI (Zamorano-Escalona et al., 2018). Para suavizar las dificultades que puedan aparecer, lo ideal es implementar el modelo de manera paulatina, iniciando desde una fase más complementaria, que sirva de exploración, y terminando en una inmersión completa en la cual el modelo STEAM vertebró el proceso de enseñanza-aprendizaje (López Gamboa, 2021).

En cualquier caso, no cabe duda de que el modelo STEAM es un enfoque prometedor para preparar a los profesionales del futuro. Tanto es así que se está viendo promovido a escala global; en Europa existen diversos programas que lo impulsan, como Kids Inspire Kids for STEAM (en adelante, KIKS), STEAMForYouth (Diego Mantecón et al., 2017; Diego Mantecón et al., 2021) o EuroSTEAM (Belbase et al., 2021).

2.3.1. STEAM aplicado al aula en Educación Secundaria

Llevar el modelo STEAM al aula de Educación Secundaria puede parecer abrumador en un inicio, pues requiere de un gran esfuerzo y coordinación por parte de todos los implicados. No obstante, se ha realizado un estudio de diversos proyectos STEAM, mostrando que se pueden desarrollar tanto pequeños proyectos como algunos más ambiciosos. Por motivos de extensión, se describirá en este punto uno de los proyectos más ambiciosos en cuanto a aplicación y medios: el proyecto Greenpower, que se lleva a cabo en el colegio Gaztelueta de Bizkaia, desde Primaria hasta Bachillerato (Pallarés Santasmartas et al., 2018). No obstante, en el Anexo A se presentan otros modelos de STEAM aplicado con éxito al aula.

En el proyecto Greenpower, los alumnos deben construir en grupos coches eléctricos, que utilizarán para competir en una carrera posteriormente en la ciudad de Bilbao. Los alumnos se dividen en grupos cooperativos de 8 personas, y se crean al menos tres equipos: el equipo de ingeniería, encargado de construir el coche; el equipo de R&D, responsable de aplicar y debatir las nuevas ideas que surjan entre los estudiantes, y el equipo de marketing, quien debe buscar sponsors y encargarse de la difusión pública del proyecto, así como de su apartado

financiero. Estos equipos deberán rotar periódicamente para que los estudiantes desarrollen todas las habilidades, lo cual requiere transmitir lo aprendido en cada rotación, a fin de que el equipo que toma el relevo pueda continuar las actividades donde las dejó el equipo anterior.

Figura 4. Distribución del aula STEAM del colegio Gaztelueta



Fuente: Adaptado de Pallarés Santasmartas, 2018 (p.2368).

Para llevar a cabo el proyecto se ha acondicionado una clase específica: un aula abierta, con espacios diferenciados. Las mesas y armarios tienen ruedas para poder reorganizarlos; hay una zona de taller y una zona para documentarse con libros y *chromebooks*; hay un área para la electrónica y la robótica, así como una zona para lecciones y presentaciones, equipada con pantalla y proyector. Además, hay una zona con sillones para que los estudiantes se sienten a reflexionar, debatir o simplemente descansar. Por último, existe en el aula un espacio para recibir visitas, como a los representantes de las compañías sponsors potenciales.

Figura 5. Alumno de Gaztelueta compitiendo con el coche construido

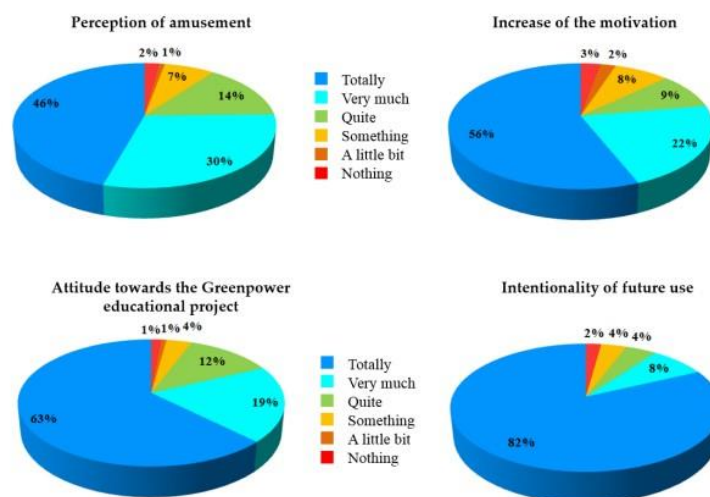


Fuente: Pallarés Santasmartas, 2018 (p.2370).

La presentación del coche tiene lugar en la carrera, la cual permite que los estudiantes validen su modelo, intercambiando conocimientos con otros equipos y generando concienciación sobre la movilidad sostenible.

En general, este proyecto se considera altamente exitoso. En la Figura 6 puede verse la encuesta realizada al alumnado participante: más de un 75% de los alumnos ha marcado los dos valores más altos en cuanto a la motivación y la diversión, y más de un 90% del alumnado participante establece el deseo de continuar trabajando bajo este mismo enfoque en los cursos próximos.

Figura 6. Resultado de las encuestas realizadas a estudiantes del colegio Gaztelueta



Fuente: Pallarés Santasmartas, 2018 (p.2371).

Esta última encuesta sirve idealmente como broche final puesto que refleja de manera real todo cuanto se ha expresado hasta ahora, dejando patente la relevancia del modelo STEAM mediante ABP como la opción educativa del presente y del futuro. Los fundamentos teóricos acerca del aprendizaje significativo y la metodología ABP culminan y se ven potenciados bajo el enfoque STEAM, lo cual se ha podido observar en los ejemplos de STEAM llevado al aula. Es mediante este modelo que se puede lograr alcanzar los objetivos europeos de desarrollo sostenible (Martínez Seoane, 2022), así como el desarrollo integral de las competencias clave (Diego Mantecón et al., 2021) y las habilidades del siglo XXI (Pallarés Santasmartas et al., 2018) que demanda la coyuntura actual.

3. Propuesta de intervención

3.1. Presentación de la propuesta

A la vista de los resultados que se han desarrollado en el marco teórico, en el presente TFM se propone y diseña un proyecto STEAM para alumnos de 3º de ESO consistente en la elaboración de una cámara estenopeica. El proyecto pretende que el alumno desarrolle una visión global e interdisciplinar del conocimiento, así como hacerlo responsable de su propio proceso de aprendizaje. Si bien esta propuesta desarrollará los saberes que se trabajarán en cuanto a la materia de matemáticas, en el Anexo B se recoge el modo potencial en que otras materias del mismo curso pueden trabajar el resto de las siglas del acrónimo.

Se plantea el proyecto como metodología de trabajo de las unidades didácticas 8 y 9 de la programación didáctica, planificadas para llevarse a cabo al inicio del tercer trimestre (semanas 27–28 del curso escolar) y correspondientes a los saberes relacionados con el sentido espacial y de la medida (Decreto 77/2023, de 30 de mayo, de establecimiento del currículo de la Educación Básica e implantación en la Comunidad Autónoma de Euskadi). Para el desarrollo exitoso de la intervención, se requiere que los alumnos posean conocimientos del ámbito geométrico adquiridos en 2º de ESO, así como las habilidades de cálculo y aritmética que deberán haberse trabajado durante el curso. No obstante, debido a la naturaleza cooperativa, autónoma e investigadora de la propuesta que nos ocupa, el alumnado que lo requiera podrá trabajar en las carencias que detecte, tanto de manera individual como colectiva.

Si bien la naturaleza STEAM de este proyecto implica dar a los educandos la mayor libertad posible para que construyan su propio conocimiento, con el objeto de ayudar a la visualización del proceso éste se ha estructurado en cuatro fases, con un total de once actividades. El conjunto de éstas constituye un guion que ayuda a vertebrar y dirigir tanto la comprensión de este TFM, como los esfuerzos de los estudiantes en la dirección adecuada.

3.2. Contextualización de la propuesta

Para comprender adecuadamente el contexto para el cual se diseña esta propuesta, es importante describir las características del grupo de alumnos al cual se dirige, lo cual depende inherentemente del entorno socioeconómico y cultural del propio centro. No obstante, a toda

esta información debe preceder primeramente el marco legal en el que se encuadra. Así, las leyes que se consideran en este trabajo son las siguientes:

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Real decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria.
- Decreto 77/2023, de 30 de mayo, de establecimiento del currículo de la Educación Básica e implantación en la Comunidad Autónoma de Euskadi.
- Corrección de errores del Decreto 77/2023, de 30 de mayo, de establecimiento del currículo de la Educación Básica e implantación en la Comunidad Autónoma de Euskadi.
- Recomendación del Consejo, de 22 de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente.

El centro educativo es un centro concertado, ubicado en las afueras de la ciudad junto a las montañas, entre un barrio históricamente obrero y uno residencial de nueva construcción, con muy buenas comunicaciones y accesos. Debido a esto, el nivel socioeconómico de las familias es mixto, siendo principalmente medio-alto, pero recibiendo también alumnos con menos medios. El colegio ha sido reformado en la última década, y además de disponer de multitud de espacios (tanto interiores como exteriores) en el recinto escolar, ha renovado todas sus instalaciones, dotando a todas las aulas de ordenador, proyector y pizarra digital, acondicionando las aulas especializadas (informática, taller de audiovisuales, taller de tecnología, etc.), y otorgando a cada alumno un ordenador portátil para que pueda hacer uso de los libros y recursos digitales. Comprometido con la innovación, ha puesto en marcha diversos planes y proyectos educativos, a menudo con la colaboración de empresas de la zona, lo cual es posible gracias a la naturaleza industrial de la provincia. A pesar de su enfoque moderno, el colegio lleva en activo más de 40 años, motivo por el cual la identidad de este está muy arraigada. El centro consta de tres líneas por curso, desde educación infantil hasta segundo de bachillerato, que se imparten íntegramente en modelo D (Decreto 138/1983 de la CAPV). Este hecho contribuye al sentido de pertenencia de gran parte del alumnado, puesto que la integridad de su desarrollo a menudo tiene lugar enteramente en este centro.

El grupo de alumnos al que se destina la propuesta consiste en una de las clases de 3º de ESO: la componen un total de 24 alumnos, 14 niñas y 10 niños, de entre 14 y 16 años de edad, que mantienen una relación generalmente buena entre sí. Entre ellos, son un total de 4 los alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo (ACNEAE) que deberán ser atendidos en su diversidad, a fin de garantizar un diseño universal del aprendizaje (DUA): uno de los alumnos está repitiendo curso, habiéndose transferido al centro actual este año lectivo y presentando una desmotivación elevada; otro ha sido diagnosticado clínicamente con trastorno por ansiedad; finalmente, forman también parte del grupo dos alumnos con altas capacidades (AACC). A lo largo del año escolar vigente, este grupo-clase ha trabajado mediante métodos educativos innovadores, comenzando el curso con cambios a pequeña escala y ampliándolos gradualmente, con el fin de poder realizar proyectos más ambiciosos al finalizar el curso, a medida que los estudiantes se habitúan a un aprendizaje más autónomo.

3.3. Intervención en el aula

3.3.1. Objetivos

A fin de poder describir las situaciones de aprendizaje que se plantean, es imperativo contextualizar los fundamentos curriculares en los que éstas se basan. Para ello, se definen primeramente en la Tabla 4 los objetivos didácticos (OD) de la propuesta.

Tabla 4. *Objetivos didácticos*

OD	Descripción
1	Calcular el área de figuras planas simples.
2	Calcular el área de figuras planas complejas a partir de combinaciones de figuras más simples.
3	Calcular el área de objetos reales partiendo de sus medidas.
4	Calcular el volumen de cuerpos tridimensionales simples.
5	Calcular el volumen de cuerpos tridimensionales complejos a partir de figuras más simples.
6	Calcular el volumen de objetos reales partiendo de sus medidas.
7	Desarrollar cuerpos geométricos sencillos desde su representación en el plano
8	Entender la semejanza de figuras.
9	Utilizar la semejanza y el Teorema de Tales para calcular dimensiones de elementos de la vida real.
10	Plantear conjeturas matemáticas en relación con el mundo real.

Fuente: Elaboración propia.

De entre los objetivos de etapa (OE) definidos en el artículo 7 del DC 77/2023 de la CAPV (los cuales se describen en detalle en el Anexo C), se recogen los que se van a trabajar en la Tabla Y, en la cual se establece la relación entre éstos y las competencias específicas (CE), criterios de evaluación, indicadores de logro, saberes básicos, actividades y objetivos didácticos.

3.3.2. Competencias

Como se ha mencionado en las líneas superiores, las competencias específicas a las que contribuye la propuesta pueden consultarse en la Tabla 5. Asimismo, al igual que los objetivos de etapa, éstas se describen en detalle en la Tabla 13 en el Anexo C, junto a sus descriptores operativos asociados. Éstos corroboran que el proyecto colabora al desarrollo de todas las competencias clave, definidas en el RD 217/2022 y a su vez adaptadas de la Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018), lo cual concuerda con lo esperado por la metodología según lo desarrollado en el marco teórico.

La naturaleza STEAM de la propuesta implica que los alumnos busquen la solución al problema planteado de manera autónoma y cooperativa, para así construir su propio aprendizaje; ello implica inherentemente trabajar la competencia en comunicación lingüística (CCL); competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM); competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA); competencia emprendedora (CE); competencia ciudadana (CC) y también la competencia digital (CD). Por otro lado, la competencia plurilingüe (CP) aparecerá principalmente en forma de traducción del lenguaje verbal al matemático, y como traducción de fuentes que estén en otros idiomas (puesto que en el idioma vehicular del grupo éstas son escasas). Finalmente, siendo el tema nuclear la fotografía, su contextualización histórica y artística contribuye inequívocamente al desarrollo de la competencia en conciencia y expresiones culturales (CCEC), añadiendo otra ramificación a la competencia ciudadana, en cuanto a su dimensión social, de respeto, valores y privacidad.

3.3.3. Saberes básicos

Aunque la relación de los saberes básicos (SB) con el resto de los elementos curriculares ya se ha establecido en la Tabla 5, en la Tabla 6 se recogen resumidamente los que se trabajarán en la propuesta. Aun así, la versión completa de estos saberes puede encontrarse en el Anexo C.

Tabla 5. Competencias específicas, criterios de evaluación, indicadores de logro, saberes, actividades objetivos didácticos y de etapa

CE	Criterios de Evaluación	Indicadores de logro	SB	Actividades	OD	OE
1	<p>1.1. Interpretar los enunciados de los problemas matemáticos organizando y diferenciando los datos más relevantes, identificando las incógnitas y comprendiendo las preguntas formuladas</p> <p>1.2. Elaborar, de manera organizada y estructurada, representaciones matemáticas (tablas, diagramas, expresiones simbólicas y geométricas...) que ayuden en la búsqueda de estrategias de resolución de las situaciones de aprendizaje y de los problemas.</p> <p>1.3. Evaluar y aplicar diferentes estrategias heurísticas hasta encontrar las más apropiadas en la resolución de un problema.</p> <p>1.4. Obtener las posibles soluciones matemáticas razonadas de un problema movilizand los conocimientos y las herramientas tecnológicas necesarias y evaluando el proceso seguido</p>	<p>1.1.1. Comprende e interpreta los problemas matemáticos planteados, identificando datos e incógnitas.</p> <p>1.2.1. Utiliza adecuadamente diferentes representaciones matemáticas de los elementos geométricos.</p> <p>1.3.1. Aplica diferentes estrategias hasta encontrar la adecuada para resolver un problema.</p> <p>1.3.2. Razona el motivo por el cual una estrategia ha sido exitosa o fallida.</p> <p>1.4.1. Utiliza las fórmulas matemáticas adecuadas en el contexto del problema.</p> <p>1.4.2. Obtiene la solución correcta.</p>	B	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10	1 2 3 4 5	a) b) c) d) e)
2	<p>2.1. Comprobar la corrección matemática de las soluciones de un problema y su coherencia en el contexto en el que se plantean, analizando otras posibles estrategias de resolución, su alcance y repercusión desde diferentes perspectivas.</p> <p>2.2. Señalar, de forma razonada, el grado de exactitud y las condiciones que requiere la solución de un problema, teniendo en cuenta el contexto en el que se plantea y el tipo de número y las herramientas de resolución con los que se cuenta.</p>	<p>2.1.1. Razona la coherencia de la solución obtenida.</p> <p>2.2.1. Señala y justifica el grado o ausencia de exactitud de las soluciones obtenidas.</p>	C F	2, 4, 5, 7, 8, 9	6 7 8 9 10	f) g) h) j) m)
3	<p>3.1 Reconocer y formular conjeturas sencillas de forma autónoma, analizando patrones, propiedades y relaciones y razonando su validez con argumentos matemáticos.</p> <p>3.2 Plantear variantes de un problema dado modificando alguno de sus datos o alguna condición del problema y, en su caso, estudiar su posible generalización.</p> <p>3.3 Investigar conjeturas basadas en el razonamiento matemático, utilizando la visualización, materiales manipulativos y digitales y las posibilidades del lenguaje algebraico y gráfico.</p>	<p>3.1.1. Reconoce y formula conjeturas de manera razonada.</p> <p>3.1.2. Reconoce patrones geométricos.</p> <p>3.2.1. Plantea variantes de un problema dado.</p> <p>3.3.1. Utiliza el material manipulativo creado y/o las herramientas digitales para investigar conjeturas matemáticas.</p>		2, 4, 5, 6, 7, 8, 10		
CE	Criterios de Evaluación	Indicadores de logro	SB	Actividades	OD	OE

6	6.1 Establecer conexiones entre el mundo real y las matemáticas usando los procesos inherentes a la investigación científica y matemática: medir, clasificar, representar, inferir, predecir y comunicar, en diversos contextos.	6.1.1. Mide adecuadamente los objetos reales. 6.1.2. Relaciona los objetos reales con su representación (o conjunto de representaciones) matemática/geométrica equivalente.	B C F	2, 6, 7, 8, 9, 10, 11	1	a)	
	6.2 Identificar e interpretar conexiones lógicas entre las matemáticas y otras materias integrando los conocimientos de diferentes ámbitos y resolviendo problemas contextualizados.	6.2.1. Relaciona y establece conexiones entre las matemáticas y el resto de materias que conforman el proyecto.			2		b)
	6.3 Reconocer las aportaciones de las matemáticas al progreso de la humanidad que contribuyen a solucionar los retos a los que se enfrenta la sociedad actual	6.3.1. Reconoce las aportaciones de las matemáticas al progreso de la humanidad.			3		c)
7	7.2 Usar las diferentes herramientas de representación (verbales, visuales, manipulativas y digitales) impulsando la transferencia entre formas de razonamiento y llegando a conclusiones bien argumentadas	7.2.1. Realiza conexiones entre las distintas representaciones matemáticas.	F	2, 5, 6, 8, 11	4	d)	
					5	e)	
8	8.1 Comunicar información utilizando el lenguaje matemático apropiado (oralmente y por escrito) y describiendo, explicando y justificando los razonamientos, procedimientos y conclusiones de una manera clara, ordenada y argumentada	8.1.1. Comunica información utilizando el lenguaje matemático apropiado.			6	f)	
9	9.1 Identificar y gestionar las emociones propias con respecto a las matemáticas, aceptando los errores como una oportunidad de mejora y generando expectativas positivas ante nuevos retos. 9.2 Mostrar una motivación positiva, perseverancia y resiliencia aceptando la crítica razonada y reformulando las concepciones previas al hacer frente a las diferentes situaciones de aprendizaje de las matemáticas.	9.1.1 Muestra una actitud positiva. 9.1.2. Acepta el error como parte del proceso 9.2.1. Es perseverante y resiliente	F		7	g)	
					8	h)	
10	10.1 Colaborar activamente y construir relaciones en el trabajo en equipos heterogéneos, comunicándose de manera efectiva, pensando de forma crítica, tomando decisiones y juicios informados, y eliminando todo tipo de prejuicio o discriminación 10.2 Participar en el reparto de tareas que deban desarrollarse en equipo, aportando valor, favoreciendo la inclusión sin ningún tipo de discriminación, la escucha activa, asumiendo el rol asignado y responsabilizándose de la propia contribución al grupo.	10.1.1. Colabora y se comunica activa y respetuosamente con el grupo de trabajo. 10.2.1. Participa activamente en el diseño y realización de tareas.			9	i)	
					10	j)	
					11	m)	

Fuente: Elaboración propia, a partir de lo establecido en el Decreto 77/2023 de la CAPV.

Tabla 6. Resumen de los saberes básicos que se trabajan en la propuesta

B. Sentido de la medida		C. Sentido espacial		F. Sentido socioafectivo	
B.1. Magnitud	B.1.1 Unidades de medida	C.1. Formas de dos y tres dimensiones	C.1.1 Formas tridimensionales C.1.2 Teorema de Thales y de Pitágoras C.1.3 Herramientas habituales y digitales	F.1 Creencias, actitudes y emociones	F.1.1 Actitudes F.1.2 Control de las emociones F.1.3 Flexibilidad cognitiva
B.2. Estimación y relaciones	B.2.1 Estimaciones y medidas reales B.2.2 Grado de precisión	C.2 Localización y sistemas de representación	C.2.1 Relaciones espaciales mundo físico-matemáticas C.2.2 Vistas y desarrollo de cuerpos	F.2 Trabajo en equipo	F.2.1 Técnicas cooperativas F.2.2 Conductas empáticas F.2.3 Responsabilidad personal
B.3 Medición	B.3.1 Fórmulas geométricas: deducción. B.3.2 Dibujos geométricos	C.4 Visualización, razonamiento y modelización	C.4.1 Relaciones geométricas C.4.2. Modelos geométricos	F.3 Inclusión, respeto y diversidad	F.3.1 Actitudes inclusivas F.3.2 Contribución de las matemáticas al desarrollo.

Fuente: Elaboración propia, a partir de lo establecido en el Decreto 77/2023 de la CAPV.

3.3.4. Metodología

A lo largo de este TFM se ha mencionado el modelo STEAM repetidamente. Sin embargo, es importante no olvidar que se trata de un enfoque, cuyo principio metodológico básico es el aprendizaje basado en proyectos. Con el objetivo de entender la contribución de las matemáticas al desarrollo de la vida tal cual se entiende en el presente, así como de desarrollar una visión global de los conocimientos que se imparten en el colegio, el problema al que los alumnos deberán dar respuesta y que servirá como punto de partida y/u objetivo final será calcular las dimensiones de un elemento arquitectónico de la ciudad mediante el uso de una cámara fotográfica que deben construir ellos mismos.

Para ello se realizarán grupos de trabajo cooperativo de cuatro personas, que ocuparán roles determinados para optimizar el trabajo (Johnson et al., 1999): un portavoz, encargado de intercomunicar al grupo con el profesor u otros grupos; un técnico, encargado de conseguir, recoger y guardar el material y de las mediciones; un coordinador, encargado de conocer qué ha de hacerse en cada momento, informando y organizando las funciones de los miembros; por último, un asistente, quien además de llevar el control del tiempo en general, tendrá como tarea ayudar a sus compañeros de grupo prestando refuerzo en el apartado que lo necesite.

La disposición del aula debe ser adecuada para trabajar: se agruparán las mesas en conjuntos de cuatro, de manera que cada grupo trabaje en su propio “clúster”. Se acondicionará una

zona para que los alumnos de diferentes grupos puedan reunirse a debatir o resolver dudas entre sí. Al principio de cada sesión, el docente evaluará el estado de cada grupo, ayudando a resolver las dudas que sean generalizadas de manera colectiva, mientras que el resto del tiempo su función principal será orientar y guiar a cada grupo en sus necesidades individuales.

Cada grupo deberá llevar un diario de proyecto, y entregarlo al finalizar. En éste registrarán no sólo las actividades, representaciones y cálculos matemáticos relativos al desarrollo del producto final, sino también los razonamientos y conclusiones a las que hayan llegado, las principales dificultades y desacuerdos que hayan surgido y cómo se solventaron. Deberán, adicionalmente, incluir los errores más notables que hayan cometido, por qué no resultaron ser correctos, y cómo se corrigieron. De este modo, el diario de proyecto narrará la evolución del pensamiento lógico-matemático a lo largo del mismo, además de ayudar al alumnado a entender el error y las dificultades como parte clave del proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.3.4.1. Atención a la diversidad

La propia metodología que se plantea es, entre otras cosas, una herramienta fundamental para garantizar la atención a la diversidad y el diseño universal del aprendizaje. Aun así, en el grupo clase que se ha definido existen 4 ACNEAE, por lo que es conveniente exponer cómo van a trabajar. Para todos ellos, la principal manera en la que se les apoyará será en cuanto al agrupamiento. Los alumnos con AACC formarán parte del mismo grupo, junto a otros dos compañeros con buenas habilidades matemáticas; de este modo, pueden avanzar más en determinados puntos del proyecto a un ritmo sostenible para todos. Al alumno con trastorno por ansiedad se le asignará el rol de asistente en su grupo; este rol de apoyo le permitirá aliviar la tensión que podría suponer tener un papel mucho más determinante dentro del grupo. Además, se dará la opción de poder trabajar durante las horas de recreo. En el caso del alumno repetidor desmotivado, se le incluirá en un grupo heterogéneo junto con gente con la que haya desarrollado una buena relación durante el curso; se le intentará motivar en base a los conocimientos que tiene del año pasado, lo cual le puede convertir en el experto de su grupo.

3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades

Este TFE presenta una propuesta interdisciplinar: los estudiantes desarrollarán el proyecto desde varias materias, motivo por el cual la temporalización del mismo exclusivamente desde

el área de matemáticas puede resultar compleja. No obstante, en la Tabla 7 se recoge una visión general de la cronología del proyecto para el aula de matemáticas.

Tabla 7. Cronología de las actividades

		Sesiones												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Actividades	1	■												
	2		■	■										
	3			■										
	4				■	■	■							
	5						■							
	6							■	■	■	■	■	■	■
	7								■	■	■	■	■	■
	8												■	
	9													■

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las actividades, dada la naturaleza autónoma e investigativa de la propuesta, resultaría contradictorio establecer márgenes de tiempo rígidos para cada tarea, por lo que se han definido tiempos orientativos. Del mismo modo, carece de sentido estructurar cada actividad al detalle, por lo que se ofrecerá una descripción generalizada de las mismas. Con todo, en el Anexo E se presentan imágenes para complementar la información que se expone en el desarrollo de las actividades, a fin de ofrecer un hilo conductor que ayude a visualizarlas. Debido a la complejidad de la temporalización, se ha realizado un cuadro descriptivo para cada actividad (en lugar de cada sesión), estableciendo el tiempo estimado *total* del que se hará uso, pero refiriendo las sesiones únicamente a las de la materia de matemáticas. Por motivos de extensión, se plantean en las Tablas 8 y 9 a continuación los cuadros correspondientes a las Actividades 01 y 04, pudiendo encontrarse el resto de tablas en el Anexo D.

Será en la segunda mitad de la segunda sesión cuando se presente el proyecto (de ahí la ausencia de actividades programadas en el cuadro superior). En la presentación, se explicará a los alumnos el problema al que deberán dar respuesta con el proyecto, se harán los grupos, se les otorgará un guion y se les explicará el proceso de evaluación, facilitándoles las rúbricas.

Tabla 8. Ficha de la Actividad 01

Actividad 01						
Título	¡Repasemos!		Sesiones	01	Duración	25 min
Competencias		Objetivos		Saberes básicos		
Específicas		De etapa	Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> • B.1, B.3 • C1.1, C.1.2, C.4.1 • F 		
1, 8, 9, 10		a, b, g, h	1,2,4			
Clave		Descriptorios operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC		CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD2, CD3, CE2, CE3, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3				
Tiempo	Descripción					
15 min 10 min	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará un <i>Kahoot!</i> con preguntas inicialmente sencillas que aumenten gradualmente su dificultad, que sirva para repasar los conceptos y saberes del curso anterior. Después de cada pregunta, se razonará la respuesta de manera grupal. (Enlace de referencia: https://create.kahoot.it/details/ced97ebf-6047-49b8-a64e-4f93c6e78c15) • Se realizará un segundo <i>Kahoot!</i>, con preguntas más desafiantes, algunas de introducción a los nuevos saberes. (Enlace de referencia: https://create.kahoot.it/details/53b5515f-381d-4a81-9e93-eed45a5c676a) <p><i>Nota:</i> estos cuestionarios servirán no sólo como evaluación inicial, sino que serán material al que los alumnos podrán recurrir más tarde en caso de necesitarlo.</p>					
Metodología				Recursos		
Gamificación				Pizarra digital, ordenador del docente, ordenadores del alumnado, cuaderno, material de escritura, conexión wi-fi, <i>kahoot!</i>		
Espacio		Agrupamiento				
Aula		Individual Grupal (colectivo)				
Atención a la diversidad						
La actividad es apta para todos los alumnos, por lo que no se requieren medidas específicas.						
Evaluación						
Tipo	Criterios		Indicadores de logro			
Inicial y diagnóstica	1.1, 1.4, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1		1.1.1., 1.4.1., 1.4.2., 8.1.1, 9.1.1, 9.1.2., 9.2.1., 10.1.1.			
Agente	Procedimientos			Instrumentos		
Heteroevaluación	Observación			<i>Kahoot!</i>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Ficha de la Actividad 04

Actividad 04						
Título	Construcción de cámara oscura		Sesiones	04 - 05	Duración	4 horas
Competencias		Objetivos		Saberes básicos		
Específicas		De etapa	Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> • B • C1, C.3, C.4 • F 		
1, 2, 3, 7, 8, 9, 10		a, b, c, d, e, f, g, h, m	2,3,4,6,7,8			
Clave		Descriptorios operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC		CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD1, CD2, CD3, CD5, CE1, CE2, CE3, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3				
Tiempo	Descripción					
240 min (compartiendo sesiones con tecnología y plástica)	<ul style="list-style-type: none"> • Partiendo de la actividad anterior y realizando su propia investigación, diseñar una plantilla para crear la cámara oscura, trasladarla a una base plana de cartón y montarla, haciendo los ajustes necesarios. Calcular el área total de material utilizado, y el volumen encerrado en el interior de la cámara. <p><i>Un ejemplo orientativo de elaboración propia se muestra en el Anexo E.</i></p>					
Metodología		Recursos				
Aprendizaje cooperativo, ABP		Pizarra digital, ordenador del docente y alumnado, mesas de trabajo, reglas y cinta métrica, cuadernos y hojas blancas, material de escritura, calculadora, papel vegetal, cartón, cúter, tijeras, pinceles, recipientes, cinta adhesiva negra, adhesivo líquido, papel de aluminio, agujas, conexión wi-fi, libro digital, <i>Google Classroom</i> , <i>buscadores digitales</i> , editores digitales				
Espacio	Agrupamiento					
Aula de clase Aula de plástica Taller de tecnología	Grupos de 4					
Atención a la diversidad						
No se requieren medidas adicionales a las mencionadas en el apartado correspondiente.						
Evaluación						
Criterios		Indicadores de logro				
1.1, 1.3, 1.4, 2.1, 3.1, 3.2, 3.3, 7.2, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2		1.1.1., 1.3.1., 1.3.2., 1.4.1., 1.4.2., 2.1.1., 3.1.1., 3.1.2., 3.2.1., 3.3.1., 7.2.1., 8.1.1., 9.1.1, 9.1.2., 9.2.1., 10.1.1., 10.2.1., 10.2.2.				
Tipo	Agente	Procedimientos		Instrumentos		
Formativa y Continua	Heteroevaluación	Observación sistemática		Diario de clase		
Sumativa y Final	Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos		Rúbrica HE		
Sumativa y Final	Coevaluación	<i>No procede</i>		Rúbrica CE		
Sumativa y Final	Autoevaluación	<i>No procede</i>		Cuestionario AE		

Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Recursos

Será necesario hacer uso de una cantidad considerable de recursos. Éstos serán principalmente materiales, aunque también habrán de tenerse en cuenta los recursos espaciales, personales y TIC. Se recogen todos en la Tabla 10.

Tabla 10. Recursos de los que se hará uso clasificados por tipo

RECURSOS DIDÁCTICOS	MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> • Pizarra digital • Ordenador del docente • Ordenadores del alumnado • Mesas de trabajo • Reglas y cinta métrica • Cuadernos y hojas blancas • Material de escritura • Calculadora • Papel vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> • Planchas de cartón • Cúter y tijeras • Pintura negra • Pinceles y recipientes • Cinta adhesiva negra • Adhesivo líquido • Papel de aluminio • Agujas • Teléfono 	<ul style="list-style-type: none"> • Cartones reciclados • Cinta adhesiva grande • Luces rojas de baja intensidad • Palanganas • Pinzas • Líquidos reveladores • Papel fotográfico • Telas opacas
	ESPACIALES	<ul style="list-style-type: none"> • Aula principal del grupo-clase • Aula(s) acondicionadas para cuarto de revelado 	<ul style="list-style-type: none"> • Taller de tecnología • Recinto escolar • Zonas exteriores 	
	HUMANOS	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo docente participante en el proyecto (matemáticas, tecnología, educación plástica, física y química, biología y geología) 		
	TIC	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión Wi-Fi • Libro digital • <i>Google Classroom</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Milanote</i> (aplicación) • <i>Kahoot!</i> (aplicación) • <i>Geogebra</i> (aplicación) 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscadores digitales • Editores de texto e imagen • Editores de diapositivas

Fuente: Elaboración propia.

3.3.7. Evaluación

La evaluación tendrá un componente inicial y diagnóstico, un componente formativo y procesual, y un componente sumativo y final. La evaluación inicial se realizará mediante la Actividad 01, sirviendo para establecer el nivel de la clase e introducir algunos de los nuevos conceptos. Este tipo de evaluación diagnóstica también se dará en la Actividad 05, durante la cual el docente podrá constatar el nivel que ha alcanzado la clase.

La evaluación continua se realizará a diario en clase, guiando a los estudiantes, y recogiendo ejercicios concretos (siendo algunos voluntarios), información que se registrará en un diario de clase.

La innovación metodológica implica innovación en la evaluación, por lo que la evaluación sumativa constará de tres partes: autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación, con un peso en la calificación del 15%, 35% y 50% respectivamente. La autoevaluación se realizará mediante un cuestionario de *Google*, el cual aparece en los cuadros de actividades como [Cuestionario AE](#) y al que se puede hacer haciendo clic. La coevaluación y la heteroevaluación se realizarán mediante rúbricas ([Rúbrica CE](#) y [Rúbrica HE](#) respectivamente), que se facilitarán al alumno al inicio del proyecto y a las que también puede accederse haciendo clic. Se plantean estos instrumentos de evaluación mediante enlaces externos al propio trabajo, pues se ha considerado que, debido al tamaño y/o longitud de los mismos, puede obtenerse mucha más información interactuando directamente con ellos a voluntad, dado que no existe una manera práctica y visualmente coherente de incorporar dichas tablas de manera completa y fácilmente legible en el presente documento. No obstante, a fin de evitar que un posible problema con las TIC convierta la información contenida en las rúbricas en un recurso inaccesible en un momento dado, se presentan en las Figuras 7, 8 y 9 miniaturas tanto de las rúbricas como del cuestionario.

Figura 7. Cuestionario de autoevaluación (Cuestionario AE)

Cámara Estenopeica - Cuestionario de autoevaluación del proyecto		He acudido a las reuniones fuera de clase. ¹		Entiendo cuándo puedo usar el Teorema de Pitágoras. ²	
Elige una opción del 1 al 4 en función de lo correctos que resulten las siguientes afirmaciones en tu caso particular, siendo 1 la opción más en desacuerdo y 4 la opción del mayor acuerdo con la realidad.		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
He participado activamente en el proyecto junto con mi grupo. ³		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo		He aprovechado el tiempo en clase. ⁴	
He aportado ideas útiles. ⁵		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
He hecho la parte del trabajo que me corresponde. ⁶		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo		He trabajado o mis compañeros con respeto y no los he insultado. ⁷	
He cumplido mi rol en el equipo. ⁸		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
He ayudado a solucionar problemas o situaciones en las que mis compañeros lo requieren. ⁹		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo		Se calculan las medidas de un objeto. ¹⁰	
No he dejado mi trabajo a los demás. ¹⁰		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo		1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
				Se calcula el perímetro de un objeto. ¹¹	
				1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
				Se calculan áreas. ¹²	
				1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
				Se calculan volúmenes. ¹³	
				1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
				Entiendo lo que hemos hecho en el proyecto. ¹⁴	
				1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
				Soy capaz de usar el Teorema de Tales. ¹⁵	
				1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
				Entiendo lo que hemos hecho en el proyecto. ¹⁶	
				1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	
				He mejorado mis habilidades matemáticas. ¹⁷	
				1 2 3 4 Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente de acuerdo	

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Rúbrica de heteroevaluación (Rúbrica HE)

RÚBRICA PARA LA HETEROEVALUACIÓN DEL PROYECTO - Portafolio						RÚBRICA PARA LA HETEROEVALUACIÓN DEL PROYECTO - Exposición Oral					
INDICADORES	NIVEL DE LOGRO				PONDERACIÓN	INDICADORES	NIVEL DE LOGRO				PONDERACIÓN
	EXCELENTE (5-6)	BUENO (3-4)	ACEPTABLE (2-3)	INSUFICIENTE (1-2)			EXCELENTE (5-6)	BUENO (3-4)	ACEPTABLE (2-3)	INSUFICIENTE (1-2)	
Orden y claridad	Los documentos digitales son accesibles, están correctamente nombrados y clasificados. El contenido del portafolio es claro, ordenado y fácil de seguir.	Los documentos digitales son accesibles y están correctamente nombrados y clasificados. El contenido del portafolio es claro y fácil de seguir.	Los documentos digitales son accesibles, pero están desorganizados. El contenido del portafolio es confuso y difícil de seguir.	Los documentos digitales son inaccesibles o no están correctamente nombrados y clasificados. El contenido del portafolio es confuso y difícil de seguir.	6%	Los documentos digitales del grupo no pueden leerse en ningún momento. El grupo de expertos no puede explicar que cada integrante del grupo ha participado en el mismo proyecto de manera activa.	Se muestra conocimiento de la mejor parte del material presentado. Puede explicarse que cada integrante del grupo ha participado en el mismo proyecto de manera activa.	Los integrantes del grupo no pueden leer en ningún momento el material que se presenta, y más de la mitad de los integrantes del grupo no puede explicar que cada integrante del grupo ha participado en el mismo proyecto de manera activa.	Se nota que no se domina el material que se presenta, y más de la mitad de los integrantes del grupo no puede explicar que cada integrante del grupo ha participado en el mismo proyecto de manera activa.	25%	
Avance	Entre el 80% y el 100% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	Entre el 60% y el 80% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	Entre el 40% y el 60% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	Entre el 20% y el 40% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	15%	El grupo ha respondido satisfactoriamente a las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido satisfactoriamente a la mayoría de las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido de manera satisfactoria a algunas de las preguntas planteadas.	El grupo no ha podido responder ni la mitad de las preguntas planteadas de manera satisfactoria.	15%	
Voluntades	Entre el 80% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	Entre el 60% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	Entre el 40% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	Entre el 20% de los integrantes del grupo han participado en el mismo proyecto de manera activa.	15%	El grupo ha respondido satisfactoriamente a las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido satisfactoriamente a la mayoría de las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido de manera satisfactoria a algunas de las preguntas planteadas.	El grupo no ha podido responder ni la mitad de las preguntas planteadas de manera satisfactoria.	15%	
Formalidad y lenguaje matemático	Se han investigado, observado y hecho un uso correcto de términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales.	Se han investigado, observado y hecho un uso correcto de términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales.	Se han investigado, observado y hecho un uso correcto de términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales.	Se han investigado, observado y hecho un uso correcto de términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales. Se han utilizado correctamente los términos matemáticos en contextos reales.	9%	El grupo ha respondido satisfactoriamente a las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido satisfactoriamente a la mayoría de las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido de manera satisfactoria a algunas de las preguntas planteadas.	El grupo no ha podido responder ni la mitad de las preguntas planteadas de manera satisfactoria.	15%	
Estimación y precisión	Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos.	Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos.	Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos.	Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos. Se explican de manera clara y ordenada los conceptos matemáticos.	20%	El grupo ha respondido satisfactoriamente a las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido satisfactoriamente a la mayoría de las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido de manera satisfactoria a algunas de las preguntas planteadas.	El grupo no ha podido responder ni la mitad de las preguntas planteadas de manera satisfactoria.	20%	
Resumen matemático	Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos.	Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos.	Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos.	Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos. Se presenta un desarrollo matemático completo y claro que resume los conceptos matemáticos.	25%	El grupo ha respondido satisfactoriamente a las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido satisfactoriamente a la mayoría de las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido de manera satisfactoria a algunas de las preguntas planteadas.	El grupo no ha podido responder ni la mitad de las preguntas planteadas de manera satisfactoria.	15%	
Conclusiones	Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada.	Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada.	Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada.	Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada. Se reflejan las conclusiones de la investigación de manera clara y ordenada.	6%	El grupo ha respondido satisfactoriamente a las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido satisfactoriamente a la mayoría de las preguntas planteadas.	El grupo ha respondido de manera satisfactoria a algunas de las preguntas planteadas.	El grupo no ha podido responder ni la mitad de las preguntas planteadas de manera satisfactoria.	10%	

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Rúbrica de coevaluación (Rúbrica CE)

INDICADORES	NIVEL DE LOGRO				PONDERACIÓN
	EXCELENTE (5-6)	BUENO (3-4)	ACEPTABLE (2-3)	INSUFICIENTE (1-2)	
Trabaja con Otros	Siempre escucha, comparte y ayuda al esfuerzo de otros. Trata de mantener la unión entre los miembros del grupo.	Usualmente escucha, comparte y ayuda al esfuerzo de otros. No causa "problemas" en el grupo.	A veces escucha, comparte y ayuda al esfuerzo de otros. Por algunas veces no es un buen miembro del grupo.	Raramente escucha, comparte y ayuda al esfuerzo de otros. Frecuentemente no es un buen miembro del grupo.	15%
Contribuciones	Proporciona siempre ideas útiles y colaborando activamente. Es un líder que contribuye con mucho esfuerzo.	Por lo general, proporciona ideas útiles colaborando con el grupo y colaborando en gran medida. Es un miembro fuerte del grupo que se esfuerza.	En ocasiones proporciona ideas útiles colaborando solo cuando se le requiere. Un miembro fuerte del grupo que hace lo que se le pide.	Rara vez proporciona ideas útiles para colaborar con el grupo. No colabora como debería con el grupo. Es un miembro que no se esfuerza y no ayuda al grupo.	15%
Activa ante su trabajo de equipo y la labor de sus compañeros	Nunca critica públicamente el trabajo de equipo ni la labor de sus compañeros.	Rara vez critica públicamente el trabajo de equipo ni la labor de sus compañeros.	Ocasionalmente critica en público el trabajo de equipo y la labor de sus compañeros.	Con frecuencia critica el trabajo de equipo y la labor de sus compañeros.	8%
Ayuda ante problemas en el grupo	Se expresa correctamente, y se explica con claridad a los compañeros.	Ayuda a solucionar problemas por sí mismo. Generalmente ayuda a sus compañeros y contribuye a general bien común.	No sugiere soluciones pero está dispuesto a intentar ayudar a sus compañeros, intenta crear buen ambiente.	No trata de resolver problemas o ayudar a otros miembros. Se da como hacer el trabajo, lo genera buena clima en el grupo.	15%
Comunicación en público ante los compañeros	Se expresa correctamente, y se explica con claridad a los compañeros.	Generalmente se explica bien y con claridad a los compañeros.	A veces tiene problemas para expresarse y comunicarse con claridad a los compañeros.	Generalmente tiene problemas para expresarse ante los compañeros.	8%
Expresión matemática	Es capaz de expresar correctamente los conceptos matemáticos, y el grupo entiende fácilmente sus explicaciones en cuanto a aplicaciones, cálculos o la resolución de los problemas matemáticos que surgen. De hecho, a medida que ha avanzado el proyecto, se ha interesado por algunas cosas que le han complicado ha conseguido entender el tema en su totalidad.	Generalmente es capaz de expresar los conceptos matemáticos, y el grupo puede entender sus explicaciones en cuanto a aplicaciones, cálculos o la resolución de los problemas matemáticos que surgen. De hecho, a medida que ha avanzado el proyecto, se ha interesado por algunas cosas que le han complicado ha conseguido entender el tema en su totalidad.	Le cuesta expresar los conceptos matemáticos, y el grupo a veces tiene problemas para entender sus explicaciones, aunque lo intenta, a medida que ha avanzado el proyecto, ha mostrado interés por algunas cosas que le han complicado ha conseguido entender el tema en su totalidad.	Le cuesta mucho expresar los conceptos matemáticos, y a veces no puede explicar sus explicaciones en cuanto a aplicaciones, cálculos o la resolución de los problemas matemáticos que surgen. De hecho, a medida que ha avanzado el proyecto, no ha mostrado un gran cambio en este aspecto.	12%
Habilidades matemáticas	Es capaz de calcular áreas y volúmenes con precisión. El grupo sabe que sus explicaciones están bien respaldadas por la deducción de las teorías matemáticas que se piden.	Es capaz de calcular áreas y volúmenes. Sus explicaciones están bien respaldadas por la deducción de las teorías matemáticas que se piden.	Es capaz de calcular áreas y volúmenes sencillos, pero parece mostrar problemas en figuras más complejas. El grupo sabe que sus explicaciones están bien respaldadas por la deducción de las teorías matemáticas que se piden.	Habitualmente muestra problemas para calcular áreas y volúmenes. El grupo sabe que sus explicaciones están bien respaldadas por la deducción de las teorías matemáticas que se piden.	13%
Interés hacia el trabajo	Siempre muestra interés hacia las actividades que hay que hacer. Se presenta todo el tiempo fuera de clase y responde a todos los correos.	Generalmente muestra interés hacia las actividades que hay que hacer. Se ha presentado a la mayoría de las veces fuera de clase y contesta casi todos los correos.	A veces muestra interés hacia las actividades que hay que hacer y se ha presentado a la mayoría de las veces fuera de clase y contestado a la mayoría de los correos.	Pocas veces muestra interés hacia las actividades que hay que hacer y se ha presentado a menos de la mitad de las veces fuera de clase o contestado a menos de la mitad de los correos.	15%

Fuente: elaboración propia a partir de Morillo (s.f.).

3.4. Evaluación de la propuesta

Es imperativo evaluar la propuesta realizada, a fin de poder seguir mejorando el proceso educativo. Para ello, en la Tabla 11 se ha representado una matriz DAFO que refleja los aspectos más relevantes del proyecto.

Tabla 11. *Matriz DAFO de la propuesta*

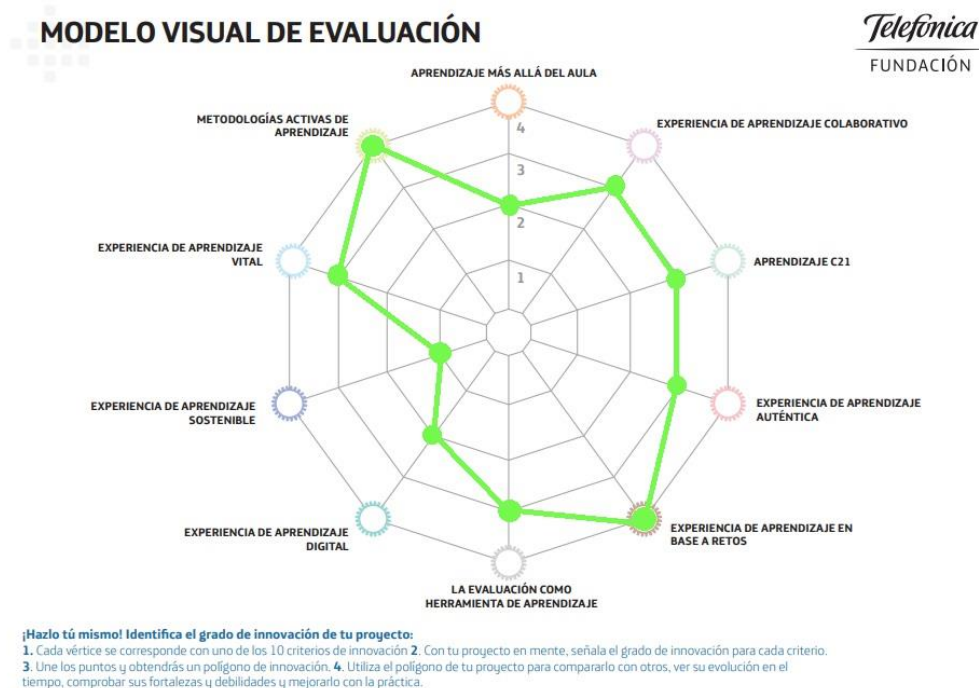
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>Requiere mucha coordinación y trabajo previo por parte del profesorado.</p> <p>Requiere muchos recursos (implica un desembolso económico notable)</p> <p>El revelado es un proceso muy delicado y lento.</p> <p>Es difícil ceñirse estrictamente al currículo.</p>	<p>Posible reactividad por parte de profesores y alumnos por la falta de costumbre para trabajar en proyectos tan amplios.</p> <p>Puede crear una brecha digital entre alumnos con diferente accesibilidad a las TIC.</p> <p>Dependencia del clima para el éxito del proyecto.</p> <p>Dificultad de obtención de algunos materiales.</p>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p>Trabajo de todas las competencias clave.</p> <p>Alumnos responsables de su proceso de aprendizaje.</p> <p>Desarrollo de habilidades del siglo XXI, especialmente las "4C's".</p> <p>Presentación del conocimiento como un conjunto relacionado (entre sí y con el mundo real) con utilidad práctica, en lugar de como materias aisladas y abstractas.</p>	<p>Potencialmente motivador.</p> <p>Puede ampliarse o modificarse para realizarlo en otros cursos.</p> <p>Puede abrir camino hacia una educación más competencial.</p> <p>El trato de un tema cotidiano para el alumnado (fotografía), permite tratar temas transversales necesarios para una educación integral.</p>

Fuente: elaboración propia.

Además, con el objetivo de obtener una visión más completa, se ha realizado una evaluación adicional en base a los criterios que se recogen en el decálogo de un proyecto innovador del Área de Innovación Educativa de Fundación Telefónica (2014); la diana de evaluación del proyecto (Figura 10), muestra los resultados obtenidos de este modo.

Además de estas evaluaciones de proyecto, se realizará al finalizar el mismo un cuestionario tanto a profesores como a alumnos para recoger sus opiniones sobre el mismo y usar dicha retroalimentación para el futuro.

Figura 10. Diana de evaluación de la propuesta



Fuente: elaboración propia a partir de la plantilla de Fundación Telefónica (2014).

4. Conclusiones

Se puede concluir que el objetivo general de esta propuesta, consistente en diseñar un proyecto de elaboración de una cámara estenopeica bajo el enfoque STEAM para la asignatura Matemáticas de 3º de la ESO en el bloque de Geometría y Medida, se ha cumplido a través de los apartados que se han ido desarrollando en el presente TFM. Se espera que mediante lo expresado en estas líneas, el proyecto sea accesible para lectores e interesados (tanto en su comprensión como ejecución), facilitando así el acercamiento de las matemáticas a contextos cada vez más adecuados a la coyuntura actual.

A fin de alcanzar el objetivo general descrito, se han planteado tres objetivos específicos: el primero trataba de estudiar la didáctica de la metodología ABP en el ámbito de la secundaria, junto con sus posibles ventajas e inconvenientes. La consecución de este objetivo ha tenido lugar a través de una investigación exhaustiva que se ha reflejado en el marco teórico, el cual ha puesto de manifiesto que esta metodología resulta muy favorable para el aula de matemáticas. Problemas frecuentes como la motivación, la ansiedad matemática, la mala percepción de la propia asignatura o la abstracción del conocimiento matemático, encuentran en el ABP una metodología que, si no resuelve, mejora en gran medida la problemática descrita.

El segundo objetivo específico buscaba realizar una revisión bibliográfica sobre el STEAM aplicado al aula de matemáticas en Secundaria. Se han estudiado diversos casos reales de aplicación de metodologías STEAM al aula, comprobando que en todos los casos que se recogen, la implementación del ABP basado en STEAM ha obtenido resultados notablemente positivos, ya sea en cuanto al desarrollo de habilidades, la enseñanza tradicional de las matemáticas o a la propia percepción de los alumnos, estos resultados favorables parecen atajar las situaciones descritas en el Planteamiento del problema.

Finalmente, se definía como objetivo específico elaborar una serie de actividades en la propuesta en las que se vincule el arte y la tecnología a través de la fotografía para el aula de matemáticas. A través de una disciplina artística como lo es la fotografía o las manualidades, los alumnos trabajarán conocimientos matemáticos presentes en disciplinas que quizás no imaginaban. Si bien existen muchas más actividades que podrían desarrollarse para poner de manifiesto esta relación entre conocimientos (más si se tiene en cuenta que la A de arte en el acrónimo STEAM es una suerte de término paraguas), se escaparían del ámbito estricto de las matemáticas y deberían diseñarse en colaboración con los docentes involucrados en el proyecto. Con todo, se considera que este objetivo específico se ha llevado a cabo mediante las 9 actividades que se han planteado, cumpliéndose así todos los objetivos propuestos inicialmente en este TFM.

5. Limitaciones y prospectiva

Si bien el proyecto planteado en este TFM pretende colaborar a la integración de una educación competencial, presenta una serie de limitaciones que han de tenerse en cuenta. Son factores limitantes el tiempo, la financiación y la rigidez curricular de la legalidad vigente, entre otros. Llevar a cabo esta propuesta requiere mucho tiempo tanto por parte de los alumnos como del profesorado, quienes tendrán que hacer un esfuerzo más que considerable para estructurar todo dentro del horario de trabajo. Ha de tenerse en cuenta que, debido a la inexperiencia, la temporalización que se ha presentado puede no ser lo suficientemente cercana a la realidad; no obstante, es interesante considerar la tendencia mayoritaria de las planificaciones a alargarse en lugar de lo contrario. Con ésta está relacionada la rigidez curricular. Cada materia tiene fijados los contenidos (o saberes) que han de impartirse, y habitualmente para poder cumplir con ello se deben realizar planificaciones muy cerradas. Sin

embargo, a la hora de realizar un proyecto basado en una situación real, no son pocos los contenidos que no se ajustan exactamente al currículo. Las situaciones reales son complejas, y pueden requerir de conocimientos de cursos superiores o implicar dejar de lado otros contenidos más difíciles de integrar. Este hecho, que ya es complejo en una única materia, se multiplica por el número de materias participantes en el proyecto.

Por otro lado, puede existir una limitación financiera clara. Esta propuesta requiere de múltiples materiales para llevarse a cabo, algunos de los cuales son caros y difíciles de conseguir, como puede ser el papel fotográfico o los líquidos reveladores, que se deben obtener de tiendas especializadas.

Aun así, es importante reflexionar igualmente sobre la prospectiva de la propuesta. De cara al futuro, se espera que el proyecto presentado pueda ayudar a mejorar el proceso educativo de los alumnos. Para ello, la aplicación del proyecto a la realidad del aula sería la principal prospectiva. En base a los resultados que se obtengan, el centro podría realizar un cambio metodológico, acercándose gradualmente a una educación más competencial e interdisciplinar.

En la interdisciplinariedad reside también una de las perspectivas principales: ajustar la educación al alumno y su realidad, y no viceversa. Este cambio contextual espera poder transformar la percepción negativa de los estudiantes sobre la materia, aliviando su ansiedad matemática y motivándolos, para así desarrollar sus habilidades.

Finalmente, el proyecto permite, además del trabajo de saberes básicos, la posibilidad de tratar temas transversales importantes, como el respeto a la privacidad el derecho a la propia imagen de cada uno (para educar sobre el uso de redes sociales), o la ecología y el desarrollo sostenible, mediante el uso de materiales reciclados para la construcción de las cámaras.

Referencias bibliográficas

- Ackermann, E. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference? *Future of Learning Group Publication*, 5(3).
[http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20 %20Papert.pdf](http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20%20Papert.pdf)
- Alsina, A. (2020). El Enfoque de los Itinerarios de Enseñanza de las Matemáticas: ¿por qué?, ¿para qué? y ¿cómo aplicarlo en el aula?. *TANGRAM - Revista De Educação Matemática*, 3(2), 127–158. <https://doi.org/10.30612/tangram.v3i2.12018>
- Antón Sancho, Á., & Sánchez Domínguez, M. (2020). Metodología mixta Flipped Classroom y Aprendizaje Basado en Proyectos para el aprendizaje de la geometría analítica en Secundaria. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria De Didáctica*, 38(2), 135–156. <https://doi.org/10.14201/et2020382135156>
- Área de Innovación Educativa de Fundación Telefónica (2014). *Decálogo de un proyecto innovador: guía práctica Fundación Telefónica*. Enlace web: <https://www.fundaciontelefonica.com/cultura-digital/publicaciones/341/#close>
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*, 1(1-10), 1-10.
- Avishai, T., & Palatnik, A. (2022, February). How teachers' knowledge and didactic contract evolve when transitioning to student-centered pedagogy—The case of project-based learning. In *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)*. <https://hal.science/hal-03748713>
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-37. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Bertrand, M. G., & Namukasa, I. K. (2020). STEAM education: student learning and transferable skills. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*. <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2020-0003>
- Benjumeda, F. J., Romero, I. y López-Martín, M. M. (2015). Alfabetización matemática a través del aprendizaje basado en proyectos en secundaria. En C. Fernández, M. Molina y N. Planas

(eds.), *Investigación en Educación Matemática XIX* (pp. 163-172). SEIEM
<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/51385>

Bialik, M., Fadel, C., Trilling, B., Nilsson, P., & Grof, J. (2015). Skills for the 21st century: what should students learn? *Boston, MA: Center for Curriculum Redesign*.
https://www.researchgate.net/publication/318681750_Skills_for_the_21st_Century_What_Should_Students_Learn

Bolaño Muñoz, O. E. (2020). El constructivismo: Modelo pedagógico para la enseñanza de las matemáticas. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, 24(3), 488–502.
<https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i3.1413>

Botella Nicolás, A. M., & Ramos Ramos, P., (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos. Una revisión bibliográfica. *Perfiles educativos*, 41(163), 127-141.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982019000100127&lng=es&tlng=es

Castro-Velásquez, M. J., & Rivadeneira-Loor, F. Y. (2022). Posibles Causas del Bajo Rendimiento en las Matemáticas: Una Revisión a la Literatura. *Polo del Conocimiento*, 7(2), 1089-1098. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8354915>

Córica, J. L. (2020). Resistencia docente al cambio: Caracterización y estrategias para un problema no resuelto. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 23(2), 255–272. <https://doi.org/10.5944/ried.23.2.26578>

CORRECCIÓN DE ERRORES del Decreto 77/2023, de 30 de mayo, de establecimiento del currículo de la Educación Básica e implantación en la Comunidad Autónoma de Euskadi. *Boletín Oficial del País Vasco*, 144, de 31 de julio de 2023, 166-186.
<https://www.euskadi.eus/web01-bopv/es/bopv2/datos/2023/07/2303691a.shtml>

Decreto 77/2023, de 30 de mayo, de establecimiento del currículo de la Educación Básica e implantación en la Comunidad Autónoma de Euskadi. *Boletín Oficial del País Vasco*, 109, de 9 de junio de 2023, 213-233. <https://euskadi.eus/web01-bopv/es/bopv2/datos/2023/06/2302729a.shtml>

Decreto 138/1983, de 11 de Julio, del Departamento de Educación y Cultura, por el que se regula el uso de las lenguas oficiales en la enseñanza no universitaria en el País Vasco.

Boletín Oficial del País Vasco, 108, de 19 de julio de 1983, 2471-2475.

<https://www.euskadi.eus/web01-bopv/es/bopv2/datos/1983/07/8301433a.shtml>

Diego-Mantecón, J. M., Bravo, A., Arcera, Ó., Cañizal, P., Blanco, T., Recio, T., González-Ruiz, I. & Pérez, M. (2017). Desarrollo de cinco actividades STEAM con formato KIKS.

<http://funes.uniandes.edu.co/21997/>

Diego-Mantecón, J., Blanco, T., Ortiz-Laso, Z., & Lavicza, Z. (2021). STEAM projects with KIKS format for developing key competences. [Proyectos STEAM con formato KIKS para el desarrollo de competencias clave]. *Comunicar*, 66, 33-43. <https://doi.org/10.3916/C66-2021-03>

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://revistas.udc.es/index.php/apice/article/view/arec.2018.2.2.4524>

Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(2), 2203. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6901894>

El Turismo espacial [@spacetourismnow] (1 de mayo de 2019). – NASA JPL – Lepe Students [Fotografía]. Instagram. <https://www.instagram.com/p/Bw6e-BYBDEq/?igshid=MDJmNzVkMiY>

Flores-Fuentes, G. & Juárez-Ruiz, E. D. L. (2017). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en Bachillerato. *Revista electrónica de investigación educativa*, 19(3), 71-91. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6083923>

Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Ceupromed*, 1(27), 1-17. <https://500historias.com/lecturas/El-aprendizaje-basado-en-proyectos.pdf>

Iglesias, L. M. (2017). Demostraciones del Teorema de Pitágoras con goma Eva. STEAM en el aula de Matemáticas. *Revista Épsilon*, 97, 57-64. <http://funes.uniandes.edu.co/16954/>

- Krueger, N. (2021, agosto 31). *Preparing Students for Jobs That Don't Exist*. International Society for Technology in Education (ISTE). <https://craftcms-live-95s.iste.org/blog/preparing-students-for-jobs-that-dont-exist>
- Land, M. H. (2013). Full STEAM Ahead: The Benefits of Integrating the Arts Into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547552. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 106, de 04 de mayo de 2006, 17158-17207. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2/con>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- López-Gamboa, M. V. (2021). Curso virtual: educación STEM/STEAM, concepción e implementación. Experiencias de su ejecución con docentes costarricenses. *Revista Innovaciones Educativas*, 23(SPE1), 163-177. <https://dx.doi.org/10.22458/ie.v23iespecial.3620>
- Martínez Seoane, F. M. (2022). Proyectos de innovación educativa STEAM: las matemáticas y el turismo espacial. *Revista DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (40), 28. https://ddd.uab.cat/pub/dim/dim_a2022n40/dim_a2022n40a29.pdf
- Miranda-Núñez, Y. R. (2020). Praxis educativa constructivista como generadora de Aprendizaje Significativo en el área de Matemática. *Cienciamatria*, 6(1), 141–163. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i1.299>
- Mori Castro, K. (2020). El reto educativo del siglo XXI: el enfoque STEAM en la Cuarta Revolución Industrial. Futuro Hoy. Vol. 1. Nro. 1. (19-21). *Fondo Editorial de la Sociedad Secular Humanista del Perú*. https://www.academia.edu/44671007/El_reto_educativo_del_siglo_XXI_el_enfoque_STEAM_en_la_Cuarta_Revoluci%C3%B3n_Industrial
- Morillo, E. (S. f.). RÚBRICA PARA ACTIVIDAD COLABORATIVA - TRABAJO INDIVIDUAL. Introducción a la Geometría. <http://unir-mat-ud13-geometria.weebly.com/ruacutetrica-ac-trb-individual.html>

- Muñoz Cantero, J. M., & Mato Vázquez, M. D. (2008). Análisis de las actitudes respecto a las matemáticas en alumnos de ESO. *Revista de Investigación Educativa*, 26(1), 209–226. <https://revistas.um.es/rie/article/view/94181>
- OCDE. (2023) *Programme for International Student Assessment (PISA): Results from PISA 2022. Spain, Country Note (pp. 1-10)*. París: OECD. <https://www.oecd.org/publication/pisa-2022-results/webbooks/dynamic/pisa-country-notes/f1a3afc1/pdf/spain.pdf>
- Orjuela, C. P., Hernández Barbosa, R., & Cabrera González, L. M. (2019). Actitudes hacia la matemática: Algunas consideraciones en su relación con la enseñanza y el aprendizaje de la misma. *Revista de Educación Matemática*, 34(2), pp.23-38. <https://doi.org/10.33044/revem.25287>
- Pallarés-Santasmartas, L., Estrada, I., Goyarrola, I., Riley, P. A., & Carranza Tormé, P. (2018). APLICACIÓN DE PROYECTOS GREENPOWER EN DIFERENTES ESCENARIOS EDUCATIVOS. Asociación española de ingeniería de proyectos (AEIPRO). <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1711>
- Peñañiel, M. R. M., & Pita, I. G. A. (2022). Aprendizaje Basado en Proyectos, en la enseñanza de Matemáticas para estudiantes de Bachillerato de la UEF “Pablo Hanníbal Vela”. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(2), 53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8354925>
- Piaget, J. (1983). Piaget's theory. P. Mussen (ed). *Handbook of Child Psychology. 4th edition*. Vol. 1. New York: Wiley.
- Rahman, M. M. (2019). 21st Century Skill “Problem Solving”: Defining the Concept. *Asian Journal of Interdisciplinary Research*, 2(1), 64-74. <https://doi.org/10.34256/ajir1917>
- Real Academia Española. (s.f.). Aprender. *En Diccionario de la lengua española*. Recuperado en 19 de octubre de 2022, de <https://dle.rae.es/aprender?m=form>
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial Del Estado, 76, 41571-41789. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>
- Recomendación del Consejo, de 22 de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (Texto pertinente a efectos del EEE). *Diario Oficial de la Unión*

- Europea*, C 189, de 4 de junio de 2018, 1-13. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01))
- Ricoy, M.C., & 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>
- Rodríguez-Sandoval, E., Vargas-Solano, É. M., & Luna-Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y educadores*, 13(1), 13-25. ISSN: 0123-1294. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83416264002>
- Romero Trenas, F. (2009). Aprendizaje significativo y constructivismo. *Temas para la educación*, 8. <https://www.feandalucia.ccoo.es/indcontei.aspx?d=3136&s=5&ind=176>
- Roslansky, R. (2022, marzo 29). *Here's why the world of work urgently needs top ut skills first*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2022/03/work-skills-first/>
- Sagasti-Escalona, M. (2019). La ansiedad matemática. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 2(2), 1-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7423941>
- Sánchez, J. (2013). Qué dicen los estudios sobre el Aprendizaje Basado en Proyectos. *Actualidad pedagógica*, 1(4), 1-4. <https://colorearte.cl/wp-content/uploads/2021/05/Aprendizaje-basado-en-proyectos.pdf>
- Saravia Estrada, J. (2015). Aprendizaje significativo y significatividad del aprendizaje. *Acta Herediana*, 54. <https://doi.org/10.20453/ah.v54i0.2275>
- Sierrabolivar, D. (2017). *Áreas de figuras planas*. Kahoot!. <https://create.kahoot.it/details/ced97ebf-6047-49b8-a64e-4f93c6e78c15>
- Singh, M. (2021). Acquisition of 21st century skills through STEAM education. *Academia Letters*, 2, 712. <https://doi.org/10.20935/AL712>
- Schwab, K. (2016, enero 14). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Torres Salas, M. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 131-142. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.11>

- Trujillo, F. (2015). Aprendizaje basado en proyectos: infantil, primaria y secundaria: (ed.). Ministerio de Educación y Formación Profesional de España. <https://bv.unir.net:2769/es/lc/unir/titulos/114145>
- Tynjälä, P. (2001) ¿Qué es aprender? Fragmento de Writing as a learning tool Paper presented at the Symposium “*International Research into Writing: an European- American Dialogue on Global and Local Issues*”, 82th Annual Meeting of the American Educational Research Association, AERA 2001, April, 10, 14 2001, Seattle, WA, The United States. Publication Date 2001 -04 -00. pp. 4 a 12. <https://docplayer.es/85201464-Proyecto-universidad-culturas-que-es-aprender-1-p-aivi-tynjala-university-of-jyvaskyla-finland-institute-for-educational-research.html>
- Villamizar Acevedo, G., Araujo Arenas, T. Y., & Trujillo Calderón, W. J. (2020). Relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemáticas en estudiantes de secundaria. *Ciencias Psicológicas*, 14(1), e2174. Epub 27 de abril de 2020. <https://doi.org/10.22235/cp.v14i1.2174>
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2010). 21st century skills. *Discussienota. Zoetermeer: The Netherlands: Kennisnet*, 23(03), Universiteit Twente. https://www.21stcenturyskills.nl/download/21_st_century_skills_UT_discussie_paperNL.pdf
- World Economic Forum [WEF]. (2016, enero 18). The Future of Jobs, employment, skills and workforce strategy fo the Fourth Industrial Revolution. <https://es.weforum.org/reports/the-future-of-jobs>
- World Economic Forum [WEF]. (2022). *Jobs of Tomorrow: The Triple Returns of Social Jobs in the Economic Recovery*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- Wu, C. H., Liu, C. H., & Huang, Y. M. (2022). The exploration of continuous learning intention in STEAM education through attitude, motivation, and cognitive load. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00346-y>
- Yakman, G. (2008). STEAM education. *An overview of creation a model of integrative education*. PATT. https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education

Yakman, G. (2010). What is the point of STE@M?—A Brief Overview. *Steam: A Framework for Teaching Across the Disciplines. STEAM Education*, 7. https://www.researchgate.net/publication/327449281_What_is_the_point_of_STEAM-A_Brief_Overview

Zahidi, S. (2020, enero 22). *We need a global reskilling revolution – here’s why*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/reskilling-revolution-jobs-future-skills/>

Zamorano Escalona, T., García Cartagena, 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>

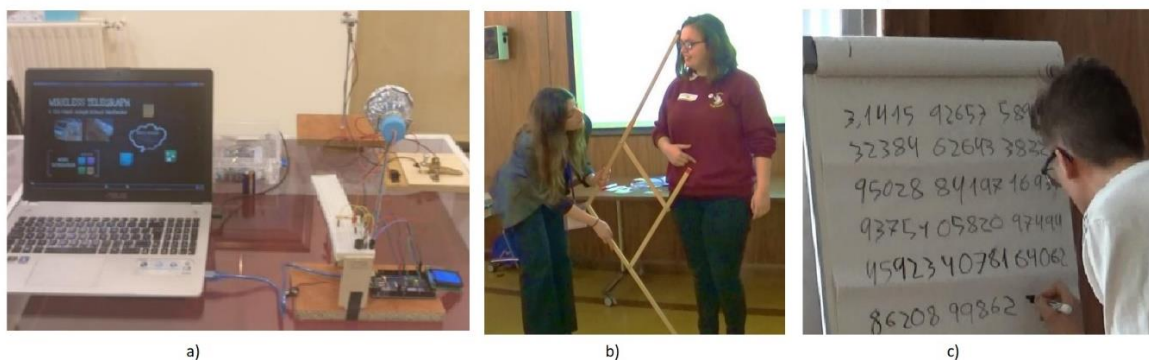
Anexo A. Otras experiencias STEAM en el aula

Un primer ejemplo de STEAM en el aula son los proyectos con formato KIKS (Diego Mantecón et al., 2017; Diego Mantecón et al., 2021), una iniciativa europea en la que colaboran cuatro países (España, Finlandia, Hungría y Reino Unido). En éstos, los alumnos trabajaron mediante el modelo STEAM-ABP durante 3 años; además del funcionamiento básico de los proyectos STEAM ya descritos, se añadía en este caso la necesidad de llevarlos a cabo en inglés para posibilitar la comprensión de todos los implicados, así como generar tanto un vídeo como un documento para la presentación pública del proyecto final.

Algunos de los proyectos, llevados a cabo en el IES Lope de Vega y el Colegio San José de Cantabria, consistieron en crear una *cámara oscura*, un *telégrafo inalámbrico*, estudiar la dependencia y funcionamiento de la *memoria* en las personas, particularizando en niños de 6 años, analizar la existencia de la *razón áurea* en el mundo físico o crear y montar *unos focos LED* (Diego Mantecón et al., 2017).

Los alumnos, que realizaron por lo general las actividades en grupos reducidos y fuera del horario lectivo como tal, eligieron qué les interesaba y desarrollaron sus proyectos partiendo de ese punto; en general, se describe como una experiencia muy motivadora para el alumnado, no sólo por tratar con proyectos reales, sino por el formato KIKS como tal.

Figura 11. Proyectos KIKS del teléfono inalámbrico (a), la razón áurea (b) y la memoria (c)



Fuente: adaptada de Diego Mantecón et al., 2017 (pp.4-6).

Tras utilizar el formato KIKS durante 3 años, las conclusiones obtenidas son igualmente positivas (Diego Mantecón et al., 2021). Los alumnos desarrollan un vínculo más estrecho con la realidad y la comunidad, enlazándolo con los ámbitos de estudio. Por ejemplo, tras estudiar la idoneidad de las rampas de accesibilidad para personas con movilidad reducida, una alumna

finlandesa afirmó que cada vez que veía una en su día a día meditaba sobre su utilidad en base a los resultados que obtuvieron. En palabras de un alumno del Reino Unido: “no sabía que las matemáticas tuvieran un papel tan importante. En casi todos los proyectos había que utilizar matemáticas” (Diego Mantecón et al., 2021, p. 38). Además, Diego Mantecón et al. (2021) demostraron que mediante el programa KIKS se contribuye al desarrollo de todas las competencias clave, siendo ideal para fomentar el desarrollo integral de los alumnos.

Sin embargo, no todos los proyectos necesitan desarrollarse a tan gran escala. Un ejemplo de ello es el llevado a cabo por Iglesias (2017) en un aula de 2º de la ESO para la asignatura de matemáticas. Los alumnos debían demostrar el teorema de Pitágoras a través de una construcción con goma EVA. El docente facilitó varias demostraciones sin palabras del mismo a través de applets de Geogebra, que los alumnos debían trasladar a un formato físico. Al terminar, debían grabar un vídeo y presentar su construcción, manipulándola en vivo simultáneamente a la reproducción del vídeo para explicársela a sus compañeros.

Otro proyecto STEAM de gran interés es el desarrollado por Martínez Seoane (2022), en el IES El Sur en Lepe, el cual es actualmente de relevancia nacional. El proyecto se titula *Las matemáticas y el turismo espacial*, y estudia la aplicación de la física y las matemáticas al turismo espacial, en colaboración con la compañía Virgin Galactic (la primera en ofrecer potencialmente viajes turísticos al espacio) y el JPL de la NASA.

Figura 12. *Estudiantes del IES El Sur en el JPL de la NASA en California*



Fuente: El Turismo espacial, 2019.

En este proyecto, los alumnos se pusieron en la piel de un ingeniero de la NASA, en ámbitos como la construcción de robots o el lanzamiento de cohetes, detalles que además pudieron presenciar en vivo en dos viajes que hicieron al JPL de la NASA en California. Los alumnos grabaron video documentales, tanto de la experiencia como de los conocimientos adquiridos en torno a la presencia de la física y las matemáticas, tanto en inglés como español: elaboraron y presentaron proyectos relacionados con funciones logarítmicas y exponenciales, trigonometría, proporcionalidad, cinemática, sistemas de ecuaciones, derivadas e integrales... Además, se aprovecharon los recursos que facilitaron las entidades para el aula, elaborando algunos similares por parte de alumnos y profesores para su uso en el centro.

Éste resultó ser un proyecto muy completo en el cual se involucró gran parte del centro, con alumnado de diferentes cursos. Entre los beneficios que aportó, Martínez Seoane (2022) destaca el aumento de la motivación del alumnado así como la curiosidad; los alumnos ganaron autonomía marcando sus ritmos y planes, debatiendo y resolviendo problemas, con la guía y ayuda del profesor. Además de la creatividad y pensamiento crítico, se consigue ampliar los horizontes de los alumnos de cara a la elección de una carrera futuro. En conjunto, este proyecto constituye un ejemplo muy positivo de aplicación del modelo STEAM, cerrando así los ejemplos presentados en este anexo.

Anexo B. Trabajo de las otras siglas del acrónimo

La propuesta se presenta como un proyecto STEAM porque se trata de un modo ideal de poder colaborar a prácticamente todas las siglas del acrónimo. Si bien el TFE se ha centrado en la M (matemáticas) por razones evidentes, en este anexo se proporciona información sobre cómo se puede contribuir a las otras siglas del acrónimo desde otras materias, tomando como base los saberes básicos descritos en el Decreto 77/2023 de la CAPV.

- **Ciencias (S):** En 3º de ESO, los saberes básicos de Biología y Geología abarcan la comprensión del cuerpo humano, en el cual se hallan los órganos sensoriales; el proyecto puede ayudar a entender el funcionamiento del globo ocular, la visión, y el procesamiento de la imagen. En cuanto a Física y Química, se puede utilizar el proyecto para ayudar a diferenciar los procesos físicos (la proyección de la imagen) de los químicos (el revelado). Además, se puede estudiar la formulación de los compuestos, o las reacciones químicas que tienen lugar durante el revelado.
- **Tecnología (T):** Al apartado de tecnología se colaborará principalmente haciendo uso de las TIC como parte del proceso de investigación, para recabar información, desarrollar un portfolio y comunicarse los estudiantes entre sí. También se puede estudiar el estado actual del arte (la fotografía), puesto que está estrechamente relacionado con el desarrollo tecnológico.
- **Ingeniería (E):** Este apartado está principalmente ligado al diseño y construcción de las cámaras en sí mismas. Se colaborará desde Matemáticas y Tecnología, la cual también desarrolla saberes en cuanto a la expresión gráfica de figuras en dos y tres dimensiones.
- **Arte (A):** En este punto pueden intervenir tanto Educación plástica, visual y audiovisual como Geografía e Historia. En la primera, puede estudiarse la fotografía como disciplina artística y en su relación con la matemática (reglas de encuadre, niveles de luz, etc.), así como su importancia como testimonio y conservación del patrimonio artístico. En cuanto a Geografía e Historia, forma parte de los saberes básicos el bloque denominado “A. Retos del mundo actual.” (Decreto 77,2023, p. 152), el cual contiene elementos como el tratamiento de la información histórica, y ciudadanía, ética y privacidad en la época actual. La fotografía es una piedra angular en ambos: como testigo y reflejo real de momentos históricos, y como ventana a la vida privada de gran parte de las personas en la época actual.

Anexo C. Elementos curriculares detallados

Tabla 12. Descripción de los objetivos de etapa establecidos en el Decreto 77/2023

Objetivos de Etapa (Decreto 77/2023)		
a	Comprender y 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 como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.	Sí
b	Desarrollar y consolidar hábitos de autorregulación, 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.	Sí
c	Valorar la igualdad de género y respetar la diversidad sexual, de género, étnico-racial o de capacidades. Rechazar los estereotipos que supongan cualquier forma de discriminación entre hombres y mujeres. Conocer los derechos sexuales y reproductivos y ejercerlos desde el respeto a toda persona y desde el autocuidado.	Sí
d	Fortalecer las capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en las relaciones con los demás, así como resolver pacíficamente los conflictos y rechazar la violencia, especialmente la violencia machista y la violencia LGBTIfóbica, los prejuicios de cualquier tipo y los comportamientos sexistas.	Sí
e	Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para adquirir, con sentido crítico, nuevos conocimientos. Desarrollar las competencias tecnológicas básicas y avanzar en una reflexión ética sobre su funcionamiento y utilización.	Sí
f	Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en diferentes disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar y resolver los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.	Sí
g	Desarrollar la confianza en sí mismos, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y el espíritu emprendedor la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.	Sí
h	Comprender y expresarse con corrección, tanto oral como por escrito, en lengua vasca y en lengua castellana, siendo capaz de elaborar textos y mensajes complejos.	Sí
i	Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.	
j	Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de la cultura e historia vascas, así como la historia general/universal y el patrimonio artístico y cultural.	Sí
k	Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los demás, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad.	
l	Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado, la empatía y el respeto hacia los seres vivos, incluyendo los animales, y el medio ambiente, y contribuir a su conservación y mejora.	
m	Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las diferentes manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.	Sí
n	Tomar conciencia de los principales problemas de la humanidad y que se concretan en los objetivos de desarrollo sostenible.	

Fuente: adaptado del Decreto 77/2023 de la CAPV

Tabla 13. Descripción de las competencias específicas establecidas en el Decreto 77/2023

Competencias Específicas (Decreto 77/2023)	
Descripción	Perfil de salida
1. Interpretar, modelizar y resolver problemas de la vida cotidiana y propios de las matemáticas, aplicando diferentes estrategias y formas de razonamiento, para explorar distintas maneras de proceder y obtener soluciones posibles.	STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, CD2, CPSSA5, CE3, CCEC4
2. Analizar las soluciones de un problema usando diferentes técnicas y herramientas evaluando las respuestas obtenidas, para verificar su validez e idoneidad desde un punto de vista lógico y su repercusión global.	STEM1, STEM2, CD2, CPSAA4, CE1, CE3
3. Formular nuevos problemas y conjeturas de forma autónoma, relacionando diferentes saberes y proporcionando una representación matemática adecuada, con apoyo de herramientas tecnológicas, para generar nuevo conocimiento matemático.	CCL1, STEM1, STEM2, CD1, CD2, CD5, CE3
4. Utilizar los principios del pensamiento computacional organizando datos, descomponiendo en partes, reconociendo patrones, interpretando, modificando, generalizando y creando algoritmos para modelizar situaciones y resolver problemas de forma eficaz.	STEM1, STEM2, STEM3, CD2, CD3, CD5, CE3
5. Reconocer y utilizar conexiones entre los diferentes elementos matemáticos, interconectando conceptos y procedimientos, para desarrollar una visión de las matemáticas como un todo integrado.	STEM1, CD2, CD3, CCEC1
6. Identificar las matemáticas implicadas en otras materias y en situaciones reales, interrelacionando conceptos y procedimientos, para aplicarlos en situaciones diversas.	STEM1, STEM2, CD3, CD5, CC4, CE2, CE3, CCEC1
7. Representar, de forma individual y colectiva, conceptos, procedimientos, información y resultados matemáticos usando diferentes tecnologías, para visualizar ideas y estructurar procesos matemáticos.	STEM3, CD1, CD2, CD5, CCEC4
8. Comunicar de forma individual y colectiva conceptos, procedimientos y argumentos matemáticos usando lenguaje oral, escrito o gráfico, utilizando la terminología matemática apropiada, para dar significado y coherencia a las ideas matemáticas.	CCL1, CCL3, CP1, STEM2, STEM4, CD2, CD3, CE3, CCEC3
9. Desarrollar destrezas personales, identificando y gestionando emociones, poniendo en práctica estrategias de aceptación del error como parte del proceso de aprendizaje y adaptándose ante situaciones de incertidumbre, para mejorar la perseverancia en la consecución de objetivos y el disfrute en el aprendizaje de las matemáticas.	STEM5, CPSAA1, CPSAA4, CPSAA5, CE2, CE3
10. Desarrollar destrezas sociales reconociendo y respetando las emociones y experiencias de los demás, participando activa y reflexivamente en proyectos en equipos heterogéneos con roles asignados, para construir una identidad positiva como estudiante de matemáticas, fomentar el bienestar personal y grupal y crear relaciones saludables.	CCL5, CP3, STEM3, CPSAA1, CPSAA3, CC2, CC3

Fuente: adaptado del Decreto 77/2023 de la CAPV

Tabla 14. Descripción de los saberes básicos establecidos en el Decreto 77/2023

Saberes básicos (Decreto 77/2023)	
B. Sentido de la medida	
B.1. Magnitud	B.1.1 Unidades de medidas de longitud, de superficie y de volumen, y sus relaciones.
B.2. Estimación y relaciones	B.2.1 Estimaciones y medidas reales: elección de la adecuada en la resolución de problemas. B.2.2 Grado de precisión requerido en situaciones de medida en el entorno académico
B.3. Medición	B.3.1 Fórmulas para obtener longitudes, áreas y volúmenes de formas planas y tridimensionales: deducción. B.3.2 Realización de dibujos de objetos geométricos con propiedades fijadas como las longitudes de los lados o las medidas de los ángulos.
C. Sentido espacial	
C.1. Formas geométricas de dos y tres dimensiones	C.1.1 Formas geométricas tridimensionales: poliedros y cuerpos de revolución. Descripción y clasificación en función de sus propiedades o características. C.1.2 Teorema de Thales y de Pitágoras en la resolución de problemas. C.1.3 Técnicas de construcción de formas geométricas con herramientas habituales y digitales, como programas de geometría dinámica, realidad aumentada, etc.
C.2 Localización y sistemas de representación	C.2.1 Pautas de localización y descripción de relaciones espaciales entre objetos del mundo físico y entre entidades matemáticas: coordenadas geométricas y otros sistemas de representación. C.2.2 Vistas y desarrollo de cuerpos de tres dimensiones mediante programas dinámicos y manipuladores virtuales.
C.3 Movimientos y transformaciones	C.3.1 Transformaciones que conservan el área y/o perímetro utilizando herramientas manipulativas (papel, geoplano...) y digitales.
C.4 Visualización, razonamiento y modelización geométrica	C.4.1 Relaciones geométricas: investigación en diversos sentidos (numérico, algebraico, analíticas básicas) y diversos campos (arte, ciencia, vida diaria). C.4.2. Modelos geométricos para representar y explicar relaciones numéricas, algebraicas y analíticas básicas en la resolución de problemas, también con asistentes matemáticos.
F. Sentido socioafectivo	
F.1 Creencias, actitudes y emociones	F.1.1 Curiosidad, iniciativa, perseverancia, resiliencia y creatividad en el aprendizaje de las matemáticas. F.1.2 Autoconciencia y autorregulación de las emociones que intervienen en el aprendizaje. F.1.3 Flexibilidad cognitiva, apertura a un cambio de estrategia cuando sea necesario, transformando el error en oportunidad de aprendizaje.
F.2 Trabajo en equipo y toma de decisiones	F.2.1 Técnicas cooperativas de trabajo en equipo. F.2.2 Conductas empáticas y estrategias creativas para la gestión de conflictos. F.2.3 Responsabilidad personal y reconocimiento del otro en la gestión de situaciones problemáticas en el aula.
F.3 Inclusión, respeto y diversidad	F.3.1 Actitudes inclusivas y diversidad intrínseca presente en el aula y en la sociedad; promoción en diferentes entornos. F.3.2 Claves de la contribución de las matemáticas al desarrollo de los distintos ámbitos del conocimiento humano (científico, tecnológico, artístico, humanístico, social) desde una perspectiva de inclusión.

Fuente: adaptado del Decreto 77/2023 de la CAPV

Anexo D. Actividades

Tabla 15. Ficha de la Actividad 02

Actividad 02						
Título	Familia Geométrica		Sesiones	01 – 02	Duración	55 min
Competencias		Objetivos		Saberes básicos		
Específicas		De etapa	Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> • B • C1.1, C3, C4 • F 		
1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10		a, b, c, d, g, h	1, 2, 3			
Clave		Descriptorios operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC		CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD1, CD2, CD3, CD5, CE1, CE2, CE3, CCEC1, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3, CC4				
Tiempo	Descripción					
15 min	<ul style="list-style-type: none"> • A través de sus medidas, calcular el perímetro y el área de los pupitres. 					
40 min	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar dos objetos reales diferentes que tengan la misma área total y diferente forma (por ejemplo, un lápiz y una goma, un teléfono y una botella). 					
Metodología			Recursos			
Aprendizaje colaborativo			Ordenadores del alumnado, cuaderno, material de escritura, reglas y cinta métrica, calculadora, teléfono, conexión wi-fi, libro digital, buscadores digitales, <i>Google Classroom</i>			
Espacio	Agrupamiento					
Aula	Parejas					
Atención a la diversidad						
La alumna con ansiedad se emparejará con un alumno de AACC. De este modo, con ayuda de su compañero, podrá, avanzar a buen ritmo o lograr que su compañero le explique las partes que no comprende, lo cual le dará una buena base y confianza. El otro alumno con AACC se emparejará con alguien con un buen desempeño matemático, mientras que el alumno desmotivado se emparejará con un compañero motivado.						
Evaluación						
Tipo	Criterios		Indicadores de logro			
Procesual y formativa	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 3.2, 6.1, 7.2, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2		1.1.1, 1.2.1, 1.3.1, 1.3.2, 1.4.1, 1.4.2, 2.1.1, 2.2.1, 3.2.1, 6.1.1, 6.1.2, 7.2.1, 8.1.1, 9.1.1, 9.1.2, 9.2.1, 10.1.1, 10.2.1, 10.2.2			
Agente	Procedimientos			Instrumentos		
Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos (cuaderno)			Escala de observación		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Ficha de la Actividad 03

Actividad 03					
Título	Primero el diseño	Sesiones	03	Duración	1 hora
Competencias	Objetivos		Saberes básicos		
Específicas	De etapa	Didácticos	• B.3 • C • F		
1, 2, 3, 8, 9, 10	a, b, c, d, e, g, h	1,2,4,5,7			
Clave	Descriptorios operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC	CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD2, CD3, CD5, CE1, CE2, CE3, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3				
Tiempo	Descripción				
25 min 35min	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un ortoedro y su desarrollo desde el plano utilizando GeoGebra Classic. Calcular su área y su volumen. • Diseñar otro cuerpo con el mismo volumen y otro con la misma área total. <p><i>Ejemplo orientativo (elaboración propia): https://www.geogebra.org/m/zfttmgy8</i></p>				
Metodología			Recursos		
ABP, Aprendizaje cooperativo			Pizarra digital, ordenador del docente, ordenadores del alumnado, cuaderno, material de escritura, calculadora, conexión wi-fi, libro digital, buscadores digitales, <i>Google Classroom</i> , <i>Geogebra Classic</i>		
Espacio	Agrupamiento				
Aula de clase	Grupos de 4				
Atención a la diversidad					
El grupo de AACC puede diseñar dos cuerpos más (o se les propondrá intentar diseñar un cuerpo con la misma área total que volumen –por ejemplo, que puedan llegar a concluir o llegar a un cubo de lado 6)					
Evaluación					
Criterios		Indicadores de logro			
1.1, 1.2, 1.4, 2.1, 3.2, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2		1.1.1, 1.2.1, 1.4.1, 1.4.2, 2.1.1, 3.2.1, 8.1.1, 9.1.1, 9.1.2, 9.2.1, 10.1.1, 10.2.1, 10.2.2			
Tipo	Agente	Procedimientos		Instrumentos	
Formativa y Continua	Heteroevaluación	Observación sistemática		Diario de clase	
Sumativa y Final	Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos		Rúbrica HE	
Sumativa y Final	Coevaluación	<i>No procede</i>		Rúbrica CE	
Sumativa y Final	Autoevaluación	<i>No procede</i>		Cuestionario AE	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Ficha de la Actividad 05

Actividad 05					
Título	Convención de investigadores	Sesiones	06	Duración	1 hora
Competencias	Objetivos		Saberes básicos		
Específicas	De etapa	Didácticos	• B		
3, 6, 7, 8, 9, 10	a, b, c, d, f, g, h, j, m	8,10	• C		
			• F		
Clave	Descriptorios operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC	CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD1, CD2, CD3, CD5, CE2, CE3, CCEC1, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3, CC4				
Tiempo	Descripción				
60 min	• Reunión y debate grupal, en la cual se reflexionará sobre la relación entre la imagen obtenida y sus dimensiones reales. El docente deberá ser capaz de dirigir de manera orgánica el debate a la noción de semejanza, dejando que los alumnos hagan sus aportaciones, para poder finalmente reflexionar sobre el teorema de Tales.				
Metodología			Recursos		
ABP, Aprendizaje cooperativo			Pizarra digital, ordenador del docente, ordenadores del alumnado, cámaras oscuras construidas		
Espacio	Agrupamiento				
Aula de clase	Grupal (colectiva)				
Atención a la diversidad					
No se requieren medidas adicionales a las mencionadas en el apartado correspondiente.					
Evaluación					
Criterios		Indicadores de logro			
3.1, 3.3, 6.1, 6.2, 6.3, 7.2, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2		3.1.1., 3.1.2., 3.3.1., 6.1.1., 6.1.2., 6.2.1., 6.3.1., 7.2.1., 8.1.1., 9.1.1, 9.1.2., 9.2.1., 10.1.1., 10.2.1., 10.2.2			
Tipo	Agente	Procedimientos		Instrumentos	
Formativa y Continua	Heteroevaluación	Observación sistemática		Diario de clase	
Sumativa y Final	Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos		Rúbrica HE	
Sumativa y Final	Coevaluación	<i>No procede</i>		Rúbrica CE	
Sumativa y Final	Autoevaluación	<i>No procede</i>		Cuestionario AE	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Ficha de la Actividad 06

Actividad 06					
Título	Revelado	Sesiones	06 a 12	Duración	Transversal
Competencias		Objetivos		Saberes básicos	
Específicas		De etapa	Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> • B • C.1.,.1 C.1.2, C.4 • F 	
1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10		a, b, c, d, f, g, h	2,3,5,6,10		
Clave		Descriptorios operativos			
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC		CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD1, CD2, CD3, CD5, CE1, CE2, CE3, CCEC1, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3, CC4			
Tiempo	Descripción				
100 min	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del cuarto de revelado. Al necesitar oscuridad (casi) completa para poder llevar a cabo el revelado, será importante diseñar un espacio funcional en el que los grupos puedan llevar a cabo el proceso sin perturbar al resto de los compañeros. • Calcular el área y volumen de las palanganas de revelado. • Calcular el volumen de los botes de líquido y cotejarlo con el volumen neto establecido por el fabricante, razonando las posibles incongruencias. 				
Metodología		Recursos			
Aprendizaje cooperativo, ABP		Cartones reciclados, cinta adhesiva grande, telas opacas, luces rojas de baja intensidad, palanganas, pinzas, líquidos reveladores, reglas y cinta métrica, calculadora, cuadernos y hojas blancas, ordenadores del alumnado, conexión wi-fi, libro digital, <i>Google Classroom</i> , buscadores digitales, editores de texto e imagen.			
Espacio	Agrupamiento				
Cuarto de revelado	Grupal (colectiva) Grupos de 4				
Atención a la diversidad					
No se requieren medidas adicionales a las mencionadas en el apartado correspondiente.					
Evaluación					
Criterios			Indicadores de logro		
1.1, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 6.1, 7.2, 8.1, 8.2, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2			1.1.1., 1.3.1., 1.3.2., 1.4.1., 1.4.2., 2.1.1., 2.2.1., 3.1.1., 3.1.2., 3.2.1., 6.1.1 6.1.2., 7.2.1., 8.1.1., 8.2.1., 9.1.1, 9.1.2., 9.2.1., 10.1.1., 10.2.1., 10.2.2.		
Tipo	Agente	Procedimientos		Instrumentos	
Formativa y Continua	Heteroevaluación	Observación sistemática		Diario de clase	
Sumativa y Final	Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos		Rúbrica HE	
Sumativa y Final	Coevaluación	<i>No procede</i>		Rúbrica CE	
Sumativa y Final	Autoevaluación	<i>No procede</i>		Cuestionario AE	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Ficha de la Actividad 07

Actividad 07						
Título	Construcción de cámara fotográfica		Sesiones	07 a 10	Duración	10 horas
Competencias		Objetivos		Saberes básicos		
Específicas		De etapa	Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> • B • C.1, C.3, C.4.1 • F 		
1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10		a, b, c, d, e, f, g, h, j, m	7,8,10			
Clave		Descriptorios operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC		CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD1, CD2, CD3, CD5, CE1, CE2, CE3, CCEC1, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3, CC4				
Tiempo	Descripción					
600 min	<ul style="list-style-type: none"> • Modificando el diseño base de la cámara oscura en función de las nuevas necesidades, diseñar una plantilla para crear una cámara fotográfica, trasladarla a una base plana de cartón y montarla. • Calibrar y familiarizarse con la cámara. 					
Metodología			Recursos			
Aprendizaje cooperativo, ABP			Pizarra digital, ordenador del docente, ordenadores del alumnado, mesas de trabajo, reglas y cinta métrica, cuadernos y hojas blancas, material de escritura, calculadora, papel fotográfico, planchas de cartón, cúter y tijeras, pinceles y recipientes, cinta adhesiva negra, adhesivo líquido, papel de aluminio, agujas, teléfono, conexión wi-fi, libro digital, <i>Google Classroom</i> , <i>buscadores digitales</i> , editores de texto e imagen			
Espacio	Agrupamiento					
Aula Aula de plástica Recinto escolar Cuarto de revelado	Grupos de 4					
Atención a la diversidad						
Al grupo de AACC se le puede proponer la construcción de un fuelle fotográfico si terminan demasiado rápido en comparación al resto.						
Evaluación						
Criterios		Indicadores de logro				
1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 3.1, 3.2, 6.1, 6.2, 7.2, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2		1.1.1., 1.2.1., 1.3.1., 1.3.2., 1.4.1., 1.4.2., 2.1.1., 3.1.1., 3.1.2., 3.2.1., 6.1.1, 6.1.2., 6.2.1., 7.2.1., 8.1.1., 9.1.1, 9.1.2., 9.2.1., 10.1.1., 10.2.1., 10.2.2.				
Tipo	Agente	Procedimientos		Instrumentos		
Formativa y Continua	Heteroevaluación	Observación sistemática		Diario de clase		
Sumativa y Final	Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos		Rúbrica HE		
Sumativa y Final	Coevaluación	<i>No procede</i>		Rúbrica CE		
Sumativa y Final	Autoevaluación	<i>No procede</i>		Cuestionario AE		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Ficha de la Actividad 08

Actividad 08					
Título	Midiendo la ciudad	Sesiones	11	Duración	2 horas
Competencias	Objetivos		Saberes básicos		
Específicas	De etapa	Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> • B • C.1.2, C.2.1, C.4 • F 		
1, 2, 6, 8, 9, 10	a, b, c, d, e, g, h, j, m	8,9,10			
Clave	Descriptorios operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC	CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD1, CD2, CD3, CD5, CE1, CE2, CE3, CCEC1, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3, CC4				
Tiempo	Descripción				
120 min	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografiar algún elemento arquitectónico referente del colegio, barrio o ciudad, y valerse del teorema de Tales para calcular sus medidas reales. 				
Metodología			Recursos		
Aprendizaje cooperativo, ABP			Cámara fotográfica, papel fotográfico, modelo, ordenadores del alumnado, reglas y cinta métrica, cuadernos, material de escritura, calculadora, teléfono, conexión wi-fi, libro digital, <i>Google Classroom</i> , buscadores digitales, editores de texto e imagen		
Espacio	Agrupamiento				
Zonas exteriores Cuarto de revelado	Grupos de 4				
Atención a la diversidad					
No se requieren medidas adicionales a las mencionadas en el apartado correspondiente.					
Evaluación					
Criterios		Indicadores de logro			
1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 3.1, 6.1, 6.2, 6.3, 8.1, 8.2, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2		1.1.1., 1.2.1., 1.3.1., 1.3.2., 1.4.1., 1.4.2., 2.1.1., 2.2.1., 3.1.1., 3.1.2., 6.1.1., 6.1.2., 6.2.1., 6.3.1., 8.1.1., 8.2.1., 9.1.1, 9.1.2., 9.2.1., 10.1.1., 10.2.1., 10.2.2.			
Tipo	Agente	Procedimientos		Instrumentos	
Formativa y Continua	Heteroevaluación	Observación sistemática		Diario de clase	
Sumativa y Final	Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos		Rúbrica HE	
Sumativa y Final	Coevaluación	<i>No procede</i>		Rúbrica CE	
Sumativa y Final	Autoevaluación	<i>No procede</i>		Cuestionario AE	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Ficha de la Actividad 09

Actividad 09					
Título	Jornadas de presentación	Sesiones	12	Duración	2 horas
Competencias	Objetivos		Saberes básicos		
Específicas	De etapa	Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> • B • C • F 		
6, 7, 8, 9, 10	a, b, c, d, f, g, h, j, m	Todos			
Clave	Descriptores operativos				
CCL, CP, STEM, CD, CE, CCEC, CPSAA, CC	CCL1, CCL3, CCL5, CP1, CP3, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5, CD1, CD2, CD3, CD5, CE2, CE3, CCEC1, CCEC3, CCEC4, CPSAA1, CPSAA3, CPSAA4, CPSAA5, CC2, CC3,				
Tiempo	Descripción				
120 min	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una exposición oral en la que se describa el proceso y se muestren los resultados obtenidos. 				
Metodología			Recursos		
Aprendizaje cooperativo, ABP			Cámara oscura, cámara fotográfica, pizarra digital, presentación de apoyo a la exposición, guion de apoyo a la exposición (opcional).		
Espacio	Agrupamiento				
Auditorio	Grupal (Colectiva) Grupos de 4				
Atención a la diversidad					
La persona con ansiedad no será penalizada si no participa en la exposición oral o si participa notablemente menos que el resto de su grupo. Al mismo tiempo, se mostrará más flexibilidad en cuanto a permitirle usar un papel como material de apoyo)					
Evaluación					
Criterios			Indicadores de logro		
6.2, 6.3, 7.1, 7.2, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2			6.2.1., 6.3.1., 7.1.1., 7.2.1., 8.1.1., 9.1.1, 9.1.2., 9.2.1., 10.1.1., 10.2.1., 10.2.2.		
Tipo	Agente	Procedimientos		Instrumentos	
Sumativa y Final	Heteroevaluación	Análisis de producciones de los alumnos		Rúbrica HE	
Sumativa y Final	Coevaluación	<i>No procede</i>		Rúbrica CE	
Sumativa y Final	Autoevaluación	<i>No procede</i>		Cuestionario AE	

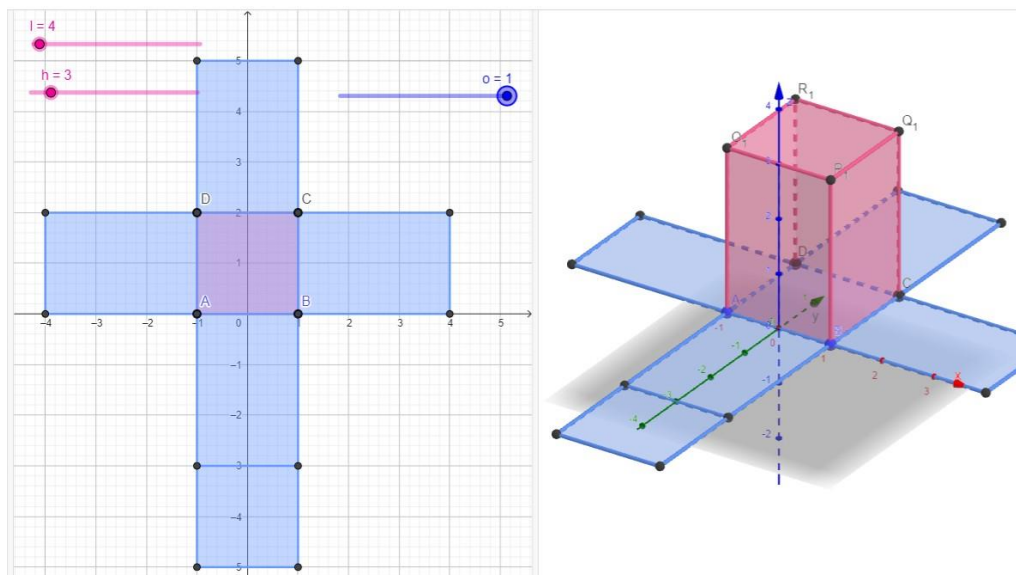
Fuente: elaboración propia.

Anexo E. Material de apoyo

En este apartado, se ofrecen imágenes que sirvan para complementar la información que se ofrece en el desarrollo de las actividades. Ha de tenerse en cuenta que la gran mayoría de actividades son abiertas, por lo que el material que se presenta a continuación representa una de las múltiples maneras posibles de resolver el problema planteado.

En primer lugar, las Figuras 13, 14 y 15 a continuación son capturas del recurso de *Geogebra* que se debe realizar en la Actividad 03, en la cual se pide realizar el desarrollo de un poliedro desde el plano. Se puede acceder a dicho recurso haciendo clic en el siguiente enlace: <https://www.geogebra.org/m/zfttmgy8>.

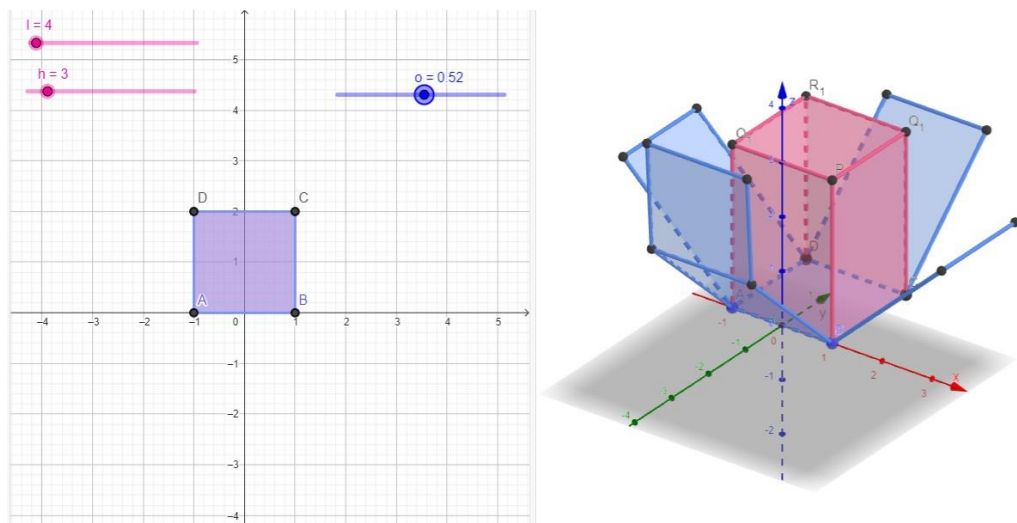
Figura 13. Representación del plano de un ortoedro en planos en dos y tres dimensiones



Fuente: elaboración propia.

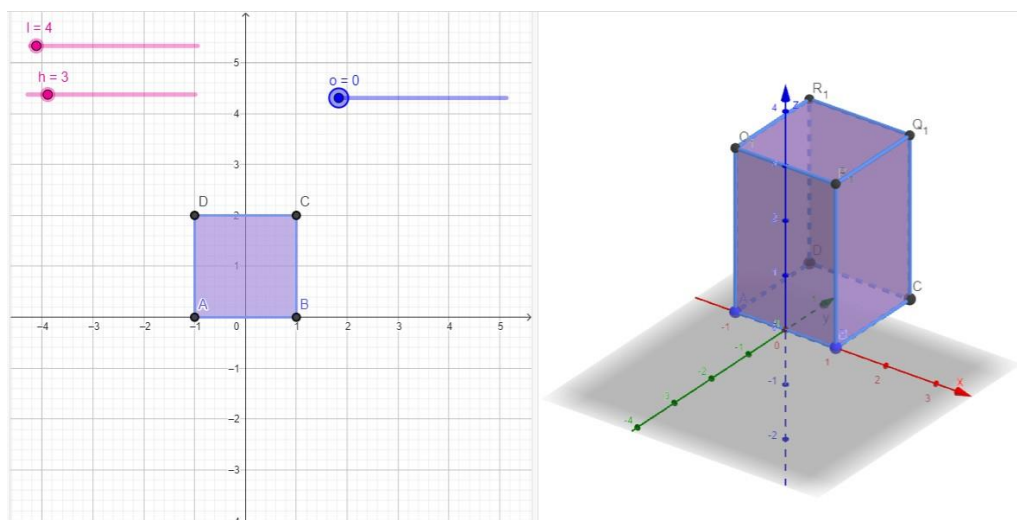
Los deslizadores de color rosa sirven para modificar el aspecto del poliedro. Pueden variarse tanto el número de lados, l , como la altura del poliedro, h . De este modo, el recurso será útil para realizar la segunda parte de la actividad, consistente en encontrar figuras con el mismo área total y volumen total, respectivamente. Por otro lado, el deslizador azul, o , sirve para poner en marcha la animación del desarrollo desde el plano a la figura tridimensional. Se ofrecen imágenes de ese proceso en las Figuras 14 y 15.

Figura 14. Representación del proceso del desarrollo del ortoedro en dos y tres dimensiones



Fuente: elaboración propia.

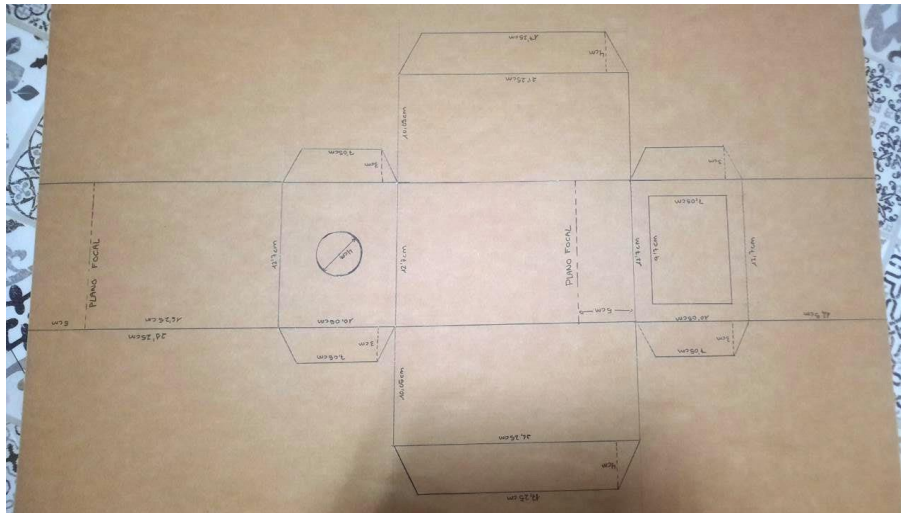
Figura 15. Representación del ortoedro completo en dos y tres dimensiones



Fuente: elaboración propia.

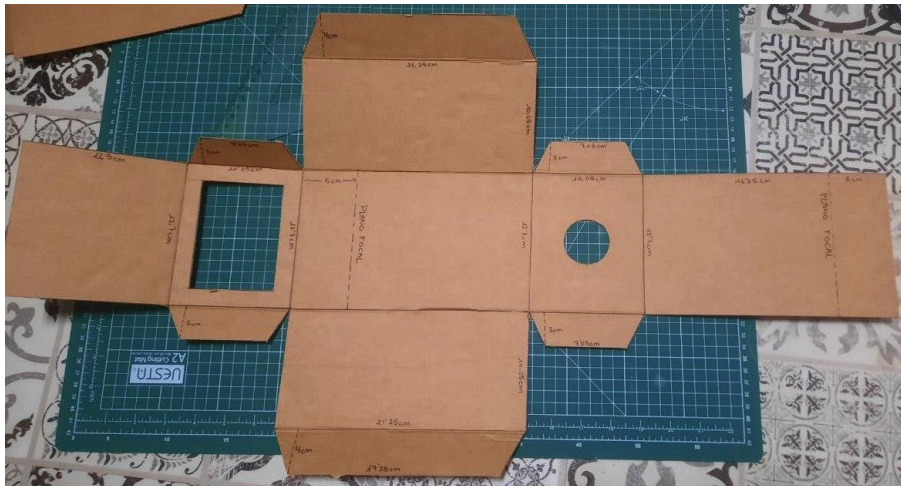
Por otro lado, se considera que puede ser útil ofrecer un ejemplo para una posible construcción de la cámara oscura que se pide en la Actividad 04, que después servirá de modelo para construir la cámara fotográfica. En la Figura 16 puede verse el punto de partida: los estudiantes deberán dibujar el plano sobre una plancha de cartón y recortarla para después poder montarla (Figura 17). Dado que se les pide calcular el área total de material utilizado, sería útil que reflejen las medidas y fotografíen el proceso, a fin de incluirlo después en el portfolio que evaluará el docente. En este punto deberán ser conscientes de que, para poder construir un ortoedro como el que desarrollaron en la aplicación *Geogebra*, en el caso de un objeto físico será generalmente necesario añadir solapas, que deberán tenerse en cuenta para calcular después el área total utilizada.

Figura 16. Diseño de la cámara oscura en la plancha de cartón



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Plano de la cámara oscura recortado



Fuente: elaboración propia.

Después deberán pintar el interior de la cámara completamente de negro para que su interior no refleje ninguna luz, y añadir el objetivo, consistente en un papel de aluminio perforado en el centro con una aguja muy fina. Es interesante notar que el tamaño de la aguja afectará al tamaño del agujero (el estenopo), y que existe una relación matemática entre el diámetro del estenopo, la distancia focal y el tamaño de la superficie de proyección, información que deberán ser capaces de encontrar realizando la investigación.

En la Figura 18 se muestra el resultado de la cámara oscura ya armada. Los estudiantes deberán intentar hacer uso de ella y resolver los problemas que aparezcan, hasta conseguir ver en la "pantalla" la imagen proyectada con claridad. Un ejemplo de esto es que sólo se podrá ver algo en la pantalla si se cubre completamente alrededor de la misma con algún material mayormente opaco, para evitar que en esta se refleje la luz proveniente de la parte

trasera (en lugar de la proveniente del objetivo), debido a que la imagen aparece con claridad atendiendo a ese contraste en cuanto la iluminación.

Figura 18. *Cámara oscura ensamblada*



Fuente: elaboración propia.

Este motivo ha conllevado que sea extremadamente complicado e infructuoso obtener una fotografía de cómo se ve la imagen proyectada en la pantalla, puesto que la sensibilidad de una cámara de cualquier teléfono no puede captar todos los detalles con la nitidez y claridad que puede hacer un ojo humano. A pesar de ello, se recoge en la Figura 19 la imagen más clara que se ha podido obtener, puesto que se considera que su inclusión puede enriquecer y ayudara a la comprensión de las ideas que se plantean.

Figura 19. *Imagen capturada en la cámara oscura*



Fuente: elaboración propia.

La imagen se proyecta bocabajo, debido a las propiedades físicas de la luz atravesando el estenopo. Para facilitar la comprensión de la imagen, se muestra en la Figura 20 una edición de la imagen anterior, rotada de modo que los edificios aparezcan boca arriba, junto a una fotografía tomada directamente del mismo plano con una cámara digital.

Figura 20. Edición de la imagen capturada en la cámara oscura



Fuente: elaboración propia.

Se ha considerado oportuno añadir como imagen final la fotografía de este mismo plano, para que el lector pueda formar una opinión propia sobre las imágenes presentadas. Si bien no se tomó en el mismo que las Figuras superiores, lo cual habría sido lo óptimo, se cree que su inclusión ayuda a aportar una mayor perspectiva a este Trabajo de Fin de Máster.