

DISEÑO DE UNA PROPUESTA STEAM PARA CREAR UN ROSETÓN. ANÁLISIS EN UN CONTEXTO DE INCLUSIÓN

DESENHO DE UMA PROPOSTA *STEAM* PARA A CRIAÇÃO DE UMA ROSÁCEA. ANÁLISE EM UM CONTEXTO DE INCLUSÃO

DESIGN OF A STEAM PROPOSAL FOR THE CREATION OF A ROSACEA. ANALYSIS IN AN INCLUSION CONTEXT

Teresa Fernández Blanco

Universidad de Santiago de Compostela

Sonia Vizcaíno Ínsua

Universidad de Santiago de Compostela

Valeria González Roel

Universidad de Santiago de Compostela

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño de una propuesta interdisciplinar para crear un rosetón. El objetivo es poner en juego contenidos del currículo de educación secundaria de matemáticas conectándolos con la arquitectura. Se sigue la metodología del aprendizaje basado en proyectos a través de actividades STEAM (acrónimo en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). La propuesta se estructura en nueve fases y se aplica a una muestra de ocho alumnos de 14 años en un contexto de inclusión social. Los resultados obtenidos muestran una falta de interés en el diseño del rosetón y en el uso de la tecnología. Sin embargo, los alumnos participaron activamente en la fase de construcción para obtener un producto tangible. En general, se han observado grandes dificultades para poder implementar la propuesta completa, relacionadas con la estructura del sistema educativo español, y el cambio de metodología que requieren este tipo de proyectos por parte del profesorado.

Palabras clave: STEAM. Arquitectura. Matemáticas. Rosetón.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenho de uma proposta interdisciplinar para a criação de uma rosácea. O objetivo é colocar em prática conteúdos do currículo dos Anos Finais do Ensino Fundamental em matemática, conectando-os com a arquitetura. A metodologia de

aprendizagem baseada em projetos foi realizada através de atividades STEAM (acrônimo em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática.). A proposta está estruturada em nove fases e foi aplicada a uma amostra de oito estudantes de 14 anos em um contexto de inclusão social. Os resultados obtidos mostram um desinteresse pelo desenho da rosácea e pelo uso da tecnologia. No entanto, os alunos participaram ativamente da fase de construção, a fim de obter um produto tangível. Em geral, foram observadas grandes dificuldades para implementar a proposta completa, devido a estrutura do sistema educacional espanhol e a mudança de metodologia exigida por este tipo de projeto por parte dos professores.

Palavras-chave: STEAM. Arquitetura. Matemática. Rosácea.

ABSTRACT

This work presents the design of an interdisciplinary proposal for the creation of a rosacea. The objective is to put into practice the contents of the curriculum of the Final Years of Elementary School in mathematics, connecting them with architecture. The project-based learning methodology was carried out through STEAM activities (English acronym for Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics.). The proposal is structured in nine phases and was applied to a sample of eight 14-year-old students in a context of social inclusion. The results obtained show a lack of interest in the design of rosacea and the use of technology. However, the students actively participated in the construction phase in order to obtain a tangible product. In general, great difficulties were observed to implement the complete proposal, due to the structure of the Spanish educational system and the change in methodology required by this type of project on the part of teachers.

Keywords: STEAM. Architecture. Mathematics. Rosacea.

1. Introducción

Según Vergara y Pérez (2016), cada vez es más evidente que la rígida estructura del sistema educativo tradicional está muy lejos de cubrir las necesidades del alumnado actual. Este alumnado requiere ser partícipe y creador de los contenidos que aprende y ser capaz de construir su propio conocimiento. El acceso al conocimiento no tiene lugar únicamente a través del docente, valorándose tanto dónde encontrar la información como la información en sí misma, de modo que el aprendizaje se convierte en un proceso constructivo interno y autoestructurante (Díaz y Hernández, 1999). La medida del grado de eficacia de la enseñanza se corresponde con la medida en la que forma parte de la realidad y para ello hay que buscar estrategias que lleven hacia ese nuevo marco para la enseñanza.

Dentro de esa nueva visión de la enseñanza están los proyectos STEAM (acrónimo de Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) que se han convertido en uno de los objetivos fundamentales de la planificación educativa no sólo en el conjunto de la Unión

Europea sino también en países como Estados Unidos o Finlandia (Artigue, Bautista, Dillon et. al, 2010; Artigue y Blomhøj, 2013; Castro, 2012; Chen, 2009; Durando, 2013; Hageman, Martín, Montgomery et. al, 2019; Hristova, 2015; Rocard, Csermely, Walberg-Henriksson y Hemmo, 2007; Rodríguez, 2018; Stylianidou et al., 2018; Zhbanova, 2019). Las iniciativas o proyectos educativos englobados bajo esta denominación pretenden aprovechar los puntos en común de estas materias para desarrollar un enfoque interdisciplinar del proceso de enseñanza y aprendizaje, incorporando contextos y situaciones de la vida cotidiana (Kubat y Guray, 2018). La tecnología actúa como punto de unión con el resto de las materias bien porque los proyectos la utilizan para desarrollar algo nuevo o para establecer comunicación a través de ella (Soto y Martínez, 2019). Su característica principal es la formación práctica, donde el alumnado trabaja de manera real a través de la experimentación.

En la línea de lo expuesto anteriormente, en este trabajo se presenta una propuesta STEAM centrada en la creación de un rosetón, llevada a cabo con alumnos de 14 años de educación secundaria, en un contexto de inclusión. Se pretende poner en juego de una manera integradora y experimental la relación existente entre las Matemáticas y la Arquitectura, desarrollando además de las competencia matemática y científica las demás competencias clave (DOG, 2015).

2. Fundamentación metodológica

El marco metodológico a partir del cual se desarrolla esta propuesta didáctica es el modelo de aprendizaje por proyectos (Benítez y García, 2012; Pérez, 2008; Morales, 2011) basado en actividades STEAM. Se considera una actividad STEAM aquella en la que se involucran al menos dos de esas disciplinas y en las que el alumnado tiene un papel activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Istúriz et al., 2017; Diego-Mantecón et al., 2017). La inclusión reciente de la 'A' de arte al acrónimo tuvo como objetivo envolver el aprendizaje de contenidos científicos y tecnológicos con el desarrollo del pensamiento divergente y el incremento de la creatividad del alumnado (Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Land, 2013; Quigley et al., 2019). Un objetivo destacable de la educación STEAM es considerar el arte como un componente integrador y transformador del término (Fenyvesi y Lähdesmäki, 2017). Esto permite realizar proyectos integrales y más atractivos, a la par que facilita la experimentación y la práctica integrando mejor la complejidad de los problemas reales (Pérez, 2015).

DISEÑO DE UNA PROPUESTA STEAM PARA CREAR UN ROSETÓN. ANÁLISIS EN UN CONTEXTO DE INCLUSIÓN

En la actualidad, nos encontramos en un mundo en el que un gran porcentaje de trabajos no existían hace 20 años, por lo que el alumnado, futuros profesionales, deben aprender a manejarse en retos nuevos con sus propios conocimientos para aportar soluciones innovadoras a la vida que les rodea (Pérez, 2015; Pou, 2017; Proyecta, 2015). La metodología a través de proyectos STEAM es una prioridad en los países que apuestan por la innovación, ya que permite que el alumnado desarrolle habilidades y competencias que amplían el campo de aplicaciones, derribando las barreras entre disciplinas, independientemente de que se vayan a dedicar o no a una profesión científico-técnica. Por ejemplo, las matemáticas y los videojuegos, el periodismo y el análisis de datos o la estadística; y, la fabricación y el diseño (Espacio STEAM, 2017). En el caso concreto de España, la actual legislación que regula el sistema educativo contempla esta metodología integrando en una sola competencia clave la competencia matemática y competencia en ciencia y tecnología y estableciendo proyectos de investigación como una de las actividades a realizar en diversas materias (MEC, 2013; Sánchez, 2019; González-Yebra, Pérez-Valero y Aguilar y Aguilar, 2020; Col·legi Montserrat, 2015).

Desde ese enfoque STEAM de la educación, se busca la motivación del alumnado, teniendo en cuenta sus intereses a la hora de la elección de la temática a desarrollar, así como la adaptación de las actividades a sus capacidades cognitivas. Este hecho fomenta un aprendizaje autónomo, que favorece la autoestima y, en consecuencia, la capacidad creativa y el espíritu crítico. En lo relativo al profesorado, lo primero que tiene que considerar al desarrollar este tipo de actividades es que deben estar relacionadas con los contenidos del currículo, tanto de su materia como del resto de las materias implicadas. Además de la adaptación al nivel del aula, el profesorado tendrá que tener en cuenta también el contexto socio-familiar del alumnado. Es muy importante que el proyecto sea asequible, y que sea factible su gestión en el aula para no desmotivar al alumnado de cara al desarrollo de futuros proyectos. En el proceso de desarrollo de la actividad, el docente actuará como guía, si bien debe hacer un seguimiento continuo del mismo, el nivel de intervención se adaptará a la complejidad del proyecto y al nivel de autonomía que desarrolle el alumnado. Todo ello supone un cambio metodológico en su quehacer y gestión del aula del que dependerá el éxito de este tipo de actividades (Santillán, Cadena y Cadena, 2019). El rol del docente en el proceso educativo y en general, la escuela, deben afrontar un proceso de transformación para adaptarse a estas nuevas demandas del siglo XXI (LAPERTOSA, BURGOS, FIRMAN, BURGHARDT E ROMERO, 2017).

Los proyectos desarrollados con esta metodología deben realizarse mediante la aplicación reflexiva, planificada y combinada de contenidos originalmente pertenecientes a diferentes materias. Reflexiva, porque el alumnado debe ser consciente en todo momento de lo que está aprendiendo y aplicando, de lo que le queda por aprender y de lo que ya ha aprendido y aplicado. Planificada, porque el alumnado, con la ayuda del docente, tiene que elaborar un plan para conseguir los objetivos del proyecto o problema, identificando las fases a realizar y las herramientas a aplicar en cada una de ellas, e incorporándolas así al maletín personal de conocimientos del discente. Combinada, ya que, al tratarse de problemas reales, incorpora contenidos de múltiples fuentes en cada uno de los retos, superando con creces las interrelaciones observadas bajo un enfoque tradicional del mundo escolar (MORALES, 2011).

3. Diseño de la Propuesta didáctica

La propuesta didáctica que se presenta en este trabajo consiste en crear un rosetón con alumnos de educación secundaria obligatoria (VIZCAÍNO y BLANCO, 2017). El objetivo es mostrar la aplicación de determinados conceptos matemáticos conectándolos con la arquitectura. Para ellos se ha elegido el rosetón que además es fácilmente transformable en un producto final tangible. Se ha optado por el término ‘crear’ en la denominación de la propuesta, porque con él se engloban tanto los conceptos de diseño como de construcción del rosetón, siendo ambos objetivos de esta propuesta.

Teniendo en cuenta las directrices de Morales (2011), en el diseño de la propuesta didáctica se ha tenido en cuenta que sea asequible, bien en lo que respecta al coste económico de la misma para poder implantarla cualquiera que sea el contexto sociocultural que se dé en el centro; bien en lo que respecta a las instalaciones, considerando la infraestructura necesaria para su desarrollo que se considera básica hoy en día en cualquier centro educativo. También se ha pretendido dar opciones en algunas sesiones para favorecer la situación particular que se pueda dar al implementar la propuesta (Tabla 1).

Partiendo de este eje vertebrador, se persiguen unos objetivos de carácter general que se pretenden alcanzar durante el desarrollo de esta propuesta didáctica y que son los siguientes:

- Aprendizaje de conceptos matemáticos.
- Aplicación de las matemáticas en la vida real: construcción de los conocimientos partiendo de un caso concreto aplicable a contextos más generales.

- Apreciar la importancia de las matemáticas en la arquitectura.
- Sensibilización hacia la arquitectura.
- Implicar y conectar las diferentes materias de enseñanza.
- Buscar la motivación del alumnado.
- Fomentar la creatividad y la actitud crítica.
- Fomentar la capacidad de iniciativa y de toma de decisiones.
- Trabajo en grupo.
- Obtención de un producto final.
- Sensibilización hacia el patrimonio cultural
- Trabajar con herramientas TIC.

En concreto, los contenidos específicos del currículo de matemáticas que se van a trabajar son: unidades de medida, figuras geométricas, simetría, proporcionalidad, y resolución de problemas. La propuesta didáctica procurará la adquisición de las siguientes competencias, además de la Competencia Matemática y competencias básicas en Ciencia y Tecnología (CMCCT) (MEC, 2013): Comunicación lingüística en lengua materna (CCL); Competencia digital (CD); Aprender a aprender (CAA); Competencias cívica y social (CSC); Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (CSIEE); y Conciencia y expresiones culturales (CCEC).

3.2. Estructura y desarrollo de la propuesta

En la tabla 1 se presentan las nueve fases en que se estructura esta propuesta, junto con las materias implicadas, el número de sesiones y los recursos que son necesarios para el desarrollo de cada una de ellas.

Tabla 1. Relación de actividades de la propuesta didáctica, temporalidad, transversalidad y recursos.

Fases		Sesiones	Materia	Recursos	
1	Introducción a la arquitectura y su relación con las matemáticas	Opción salida+clase	1,5	Matemáticas	Proyector, pizarra
			1	Historia	
		Opción solo clase	1	Matemáticas	
			1	Historia	
2	Estudio geométrico del rosetón	1	Matemáticas	Proyector, pizarra	
3	Diseño del rosetón y su decoración		2	Matemáticas	Proyector, pizarra, herramientas de dibujo, ordenadores
			2	Plástica	
4	Construcción del rosetón	Escalado a dimensiones reales	1	Matemáticas	Proyector, pizarra, herramientas de dibujo, metro, planchas de poliestireno, cúter, papel de lija, grapadora, acetato, pintura, brochas, tornillos, tojinos de madera, cola de carpintero Pizarra, proyector, taco de granito, cincel, maza
		Proceso preparación y montaje	3	Plástica	
5	Práctica en piedra y cálculo del peso del rosetón	Opción salida+clase	2	Matemáticas	Proyector, pizarra Proyector, pizarra, herramientas de dibujo, metro, planchas de poliestireno, cúter, papel de lija, grapadora, acetato, pintura, brochas, tornillos, tojinos de madera, cola de carpintero
		Opción clase	1	Matemáticas	
6	Charla arquitecto	Opción con visita	1,5	Historia	Pizarra, proyector, taco de granito, cincel, maza
		Opción clase	1	Historia	
7	Documentación del proyecto	Vídeo	1	Tutoría	Proyector, pizarra, dispositivo para grabar video, ordenador
			1	Inglés	
		Collage	1	Plástica	
8	Evaluación del proyecto	1	Matemáticas	Pizarra	
9	Difusión del proyecto	1	Matemáticas	Proyector, ordenador	
TOTAL DE SESIONES		21	(Opción con salidas)		

A continuación, se desarrolla cada una de las fases. El esquema que se seguirá para cada fase es el siguiente: descripción, desarrollo, objetivos, conocimientos adquiridos y competencias desarrolladas.

Fase 1: Introducción a la arquitectura y su relación con las matemáticas

Se inicia la propuesta didáctica introduciendo al alumnado el concepto de arquitectura y de cómo las matemáticas son una parte fundamental de la misma. Se trata de la identificación de figuras geométricas en diferentes elementos arquitectónicos. Se plantean dos opciones para el desarrollo de la actividad, dependiendo de las posibilidades del centro de organizar una salida con el alumnado. La primera opción consiste en elegir previamente un recorrido concreto dentro la localidad en donde se ubique el centro educativo, durante el cual el alumnado deberá localizar diversas figuras geométricas en la arquitectura que observa. Se puede plantear a modo de juego por equipos facilitando una serie de pistas a cada uno de ellos que los lleven a localizar esas figuras geométricas, ganando aquel que las encuentre primero. En el caso de que exista algún edificio con rosetón, se realizaría la explicación de este elemento arquitectónico, siendo el pie a la introducción de la actividad. La segunda opción, en el caso de no poder llevarse a cabo la primera, es presentar en el aula, a través de cualquier dispositivo visual diferentes elementos arquitectónicos, entre ellos el rosetón.

En ambos casos el alumnado tendrá la tarea posterior de buscar información sobre el concepto de arquitectura y de rosetón. En la siguiente sesión, que se desarrollará en la clase de historia, se hará una puesta en común de la información recopilada por los alumnos sobre la arquitectura y los rosetones. Posteriormente, el profesor la completará procurando la explicación y ampliación de los conceptos, siempre adaptada al nivel de conocimientos de los alumnos, como por ejemplo de qué época histórica son los edificios con rosetón, qué tipos hay, cuál es su función, a qué estilos arquitectónicos pertenecen, cuáles son los más destacados tanto en España como fuera de España, los materiales con los que se construyeron, su decoración, qué son las vidrieras, etc. La sesión finalizará con la visualización de videos referentes a los oficios de vidriero, escultor y cantero.

Objetivos:

- Ser capaces de reconocer figuras geométricas en elementos arquitectónicos.
- Conocer la arquitectura de la ciudad y provocar su sensibilización hacia la misma.

- Comportamiento cívico.
- Sensibilización hacia el patrimonio cultural.
- Trabajo en grupo a través del juego.
- Buscar la motivación y el interés del alumnado con el fin de que posteriormente se involucren en el desarrollo de la propuesta.
- Búsqueda y filtrado de información.

Conocimientos adquiridos:

- Tipologías de figuras geométricas.
- Qué es la arquitectura.
- Pinceladas sobre la historia de la arquitectura y los estilos arquitectónicos.
- Qué es un rosetón.
- Vidrieras.
- Talla en piedra.

Competencias desarrolladas: CMCCT, CD, CSC, CCEC, CAA.

Fase 2: Estudio geométrico del rosetón

En esta fase nos centraremos en las matemáticas y, a partir de los conocimientos adquiridos en las anteriores sesiones, se desarrollará el estudio de las características geométricas del rosetón y de su decoración. Se inicia la actividad con una puesta en común con el alumnado con el objetivo de determinar entre todos aquellos aspectos que tienen en común todos los rosetones: forma redonda, distribución radial a partir del centro, simetría, y la distribución del calado en la piedra de diferentes formas. Este calado es una estructura de sujeción que permite la colocación de las vidrieras.

Objetivos:

- Desarrollar su capacidad de análisis a partir de la observación.
- Adquisición de conocimientos a partir de su propia deducción.
- Capacidad de concreción y acuerdo.
- Trabajo en grupo.

Conocimientos adquiridos:

- Qué es una distribución radial.
- Cómo dividir una circunferencia en partes iguales.

- Qué es una simetría y sus tipos.
- Introducción al concepto de estructura.

Competencias desarrolladas: CMCCT, CCL, CSC, CAA.

Fase 3: Diseño del rosetón y su decoración

En esta fase se organizarán grupos de trabajo con el objetivo de que todo el alumnado pueda participar en cada una de las etapas del resto del proceso. El número de alumnos por grupo se establecerá atendiendo al número total de alumnos de la clase, siendo lo recomendable 4 alumnos por grupo. Una vez decididos estos, la distribución radial del rosetón se hará coincidir en su división con el número de grupos del aula, permitiendo así a todos ellos intervenir en cada una de las fases del proceso en su parte del rosetón. La elección de los grupos busca el equilibrio y la complementariedad dentro de los mismos, tanto en lo que respecta a los conocimientos como a las aptitudes y habilidades.

Organizada la clase en grupos, y a partir de las premisas establecidas en la sesión anterior sobre el rosetón, cada uno de ellos llevará a cabo dos tareas. La primera es realizar un boceto de un posible diseño del calado del rosetón; y la segunda elegir un tema para la decoración de las vidrieras. Para su desarrollo, además de la información que el docente les aporta en la clase, los alumnos la podrán ampliar a través de la búsqueda por internet, consulta de libros en la biblioteca, etc. El boceto del diseño del calado se realizará en papel, utilizando las herramientas de dibujo (lápices, reglas, compás), y tiene que estar consensuado dentro del grupo, al igual que el tema propuesto para la decoración. Terminado el trabajo todos los grupos, pondrán en común las diferentes propuestas y consensuarán entre todos, alumnado y docente, el diseño más adecuado para construir el rosetón, así como el tema para su decoración.

Con el diseño definitivo, la siguiente sesión se dedicará al aprendizaje de un programa de geometría dinámica, por ejemplo, Geogebra. Los alumnos tendrán que dibujar el diseño con el programa y a partir de ahí, hacer pruebas modificándolo y desarrollando variantes, con el objetivo de experimentar por ellos mismos la utilidad de ese software y cómo facilita y permite desarrollar con mayor rapidez ciertos trabajos.

En lo referente a la decoración de la parte de las vidrieras, cada grupo, de acuerdo en el tema finalmente elegido, dibujará un boceto de la decoración de su parte del rosetón. Al igual que con el diseño del calado, primero lo harán en papel y después mediante una aplicación informática de dibujo y edición de imágenes adaptada a su nivel. En esta parte se les da la

posibilidad de proponer la utilización de cualquier programa o aplicación que pudieran conocer, tanto de los que dispone el centro, como de aplicaciones online que les permitan desarrollar esa decoración. Por ejemplo, el programa Paint o cualquier aplicación con la que crear su propio avatar o el de sus compañeros para personalizar el rosetón e incluir sus imágenes en la decoración (www.creartuavatar.com). Finalmente, cada grupo plasmará el diseño definitivo de su parte del rosetón, calado y decoración en papel, adaptándose a las dimensiones que previamente se hayan establecido (A4 o un A3 dependiendo del diseño final). La parte de cada grupo tiene que encajar en el conjunto para unir las y componer el rosetón.

Por último, ya con el diseño definitivo completo, el profesor hará una simulación del rosetón en piedra utilizando un programa de diseño 3D de mayor complejidad. Esta simulación mostrará a los alumnos cómo se dibuja el rosetón en tres dimensiones y cómo se le puede dar la apariencia final del material que se escogió, en este caso piedra.

Objetivos:

- Desarrollar la creatividad.
- Experimentar el proceso creativo.
- Hacerles conscientes de que la información y los conocimientos contribuyen a alimentar la creatividad.
- Saber manejarse con unidades de medida.
- Utilizar las herramientas de dibujo.
- Conocer y utilizar programas y aplicaciones informáticas específicas.
- Entender y experimentar cómo el uso de la tecnología ayuda a la mejora y rapidez de determinados procesos.
- Trabajar en grupo.
- Desarrollar la capacidad de consenso.
- Fomentar la capacidad de iniciativa y de toma de decisiones.

Conocimientos adquiridos:

- Cómo desarrollar un proceso creativo.
- Manejo de un programa de geometría dinámica (ej. GEOGEBRA).
- Manejo de un programa que permita dibujar y el tratamiento de imágenes.
- Ver una simulación en un programa de diseño 3D.

Competencias desarrolladas: CMCCT, CCL, CSC, CAA, CSIEE.

Fase 4: Construcción del rosetón

En esta fase, los alumnos tendrán que construir el rosetón a partir del diseño definitivo que hicieron en papel en la fase anterior. Continuarán trabajando en los grupos ya establecidos de forma que todos ellos participen en cada una de las etapas del proceso de construcción. El material para realizar este trabajo es el poliestireno extruido. Se trata de un material aislante empleado en construcción en suelos y fachadas, que se comercializa en planchas de 1,20 x 0,60 m y varios espesores (2,5 cm en este caso). Es un material muy económico, relativamente resistente, y con un peso muy pequeño que lo hace manejable. Se puede dibujar sobre él, recortar fácilmente con un cúter, atornillar, pegar e incluso aplicarle un acabado de pintura.

Esta fase se divide en varios pasos: trasladar el diseño del calado del rosetón a las planchas; recortar el calado en las planchas; pintar las planchas; preparar la decoración y colocarla; y unir las partes del rosetón. La primera dificultad que se les plantea a los alumnos es cómo trasladar el dibujo del calado del rosetón del papel a las planchas sobre las que se va a construir. La dimensión del diámetro del rosetón que vamos a construir será de 1,20 m correspondiente a longitud de las planchas de poliestireno extruido. Esta dificultad plantea un debate en la clase con el objetivo de que el alumnado intente deducir de forma intuitiva cuál sería el proceso que seguir. El docente aprovecha ese momento para introducir y recordar el concepto de proporcionalidad, así como el de escala. Una vez que los alumnos hayan trabajado ambos conceptos los aplicarán para reproducir el diseño del rosetón sobre dos trozos de plancha iguales. Una de ellas será la cara frontal del rosetón y otra la posterior, colocando entre ellas la decoración.

Dependiendo del tiempo disponible, en lugar de volver a dibujarlo en el nuevo tamaño, se podrá optar por ampliar en la fotocopidora el boceto final realizado en papel, calculando el alumnado el porcentaje de ampliación que hay que aplicar, o bien utilizar los archivos de Geogebra que el alumnado realizó e imprimirlos en la escala correspondiente. En cualquiera de los dos casos, una vez que el alumnado haya reproducido el diseño del calado en las planchas de poliestireno, el siguiente paso será recortar las partes sobrantes y el calado utilizando un cúter. Es importante comprobar que las dos partes coincidan entre ellas una vez recortadas, y que a su vez el calado encaje con las piezas de los otros grupos antes de proceder al montaje final. Después de recortar con el cúter hay que repasar los bordes con una lija para eliminar las

irregularidades. Para terminar el trabajo con las planchas se pintan las piezas por la cara que va a quedar vista con una pintura que imite el color de la piedra.

El paso siguiente es realizar la decoración diseñada a escala para lo que hay dos opciones: la primera es dibujar la decoración en papel de celofán transparente o acetato, y la segunda, si la decoración se hizo a través de programas de dibujo imprimir dichos archivos en papel de acetato. En ambos casos el material utilizado será transparente para simular el efecto de las vidrieras. Su colocación se realizará grapando los acetatos en la cara interior de una de las planchas.

Cada grupo unirá sus dos planchas correspondientes con los acetatos colocados utilizando unos tornillos metálicos formando una única pieza, que será una de las partes del rosetón completo. El último paso será la unión de las piezas de cada grupo para formar el rosetón final. Para ello utilizaremos unos tojinos de madera que se colocarán pasantes entre las piezas para reforzar las uniones que se harán con cola tipo carpintero (las planchas de poliestireno no se pueden unir con pegamentos que tengan disolventes). Con esto ya habremos conseguido el producto final, un rosetón de 1,20 m de diámetro con su decoración.

Objetivos:

- Trabajar sobre el modelo real a partir de un boceto/maqueta.
- Saber manejarse con las unidades de medida.
- Utilizar las herramientas de dibujo.
- Trabajar en grupo.
- Desarrollar la capacidad de consenso.
- Fomentar la capacidad de iniciativa y de toma de decisiones.
- Desarrollar habilidades manuales.
- Utilizar herramientas de manualidades.
- Obtener un producto final.
- Conocer nuevos materiales y cómo trabajar con ellos.

Conocimientos adquiridos:

- Proporcionalidad.
- Concepto de escala.
- Proceso de obtención de un producto final.

Competencias desarrolladas: CMCCT, CCL, CSC, CAA, CCEC.

Fase 5: Práctica de talla en piedra y cálculo del peso del rosetón

En esta fase se pretende acercar a los alumnos a la construcción del rosetón realizado en su material original, la piedra. Se pretende que conozcan e identifiquen la piedra como material y que experimenten en primera persona el trabajo que supone tallarla debido a su dureza, así como la dificultad de manipulación debida a su peso. Con este objetivo, lo aconsejable será organizar una visita a alguno de los sitios siguientes:

- Un taller de un escultor en el que verán cómo se trabaja la piedra y sus posibilidades y en qué consiste el oficio.
- Una escuela de Arte en la que se imparta esta disciplina, igualmente allí podrá ver y experimentar cómo se trabaja la piedra y conocer la formación necesaria para realizar esta actividad.
- Una empresa que desarrolle su actividad en torno al trabajo de la piedra. En este caso, además podrán ver también los avances tecnológicos que hoy en día existen y que permiten mecanizar los trabajos de cantería.

Si alguna de estas opciones de visita no se pudiese llevar a cabo, se puede desarrollar una actividad alternativa en el aula. Se lleva a clase un pequeño bloque de piedra, un cincel y una maza. Se les proporciona a los alumnos gafas de seguridad y guantes de protección de piel o de nylon para que comprueben el peso del bloque de piedra y que experimenten su dureza al intentar tallarlo utilizando el cincel y la maza. La sesión se complementa mediante la exposición por medios audiovisuales de la profesión de escultor y cantero, así como de la tecnología actual que se utiliza en la industria de la piedra.

Terminada esta parte, el docente plantea al alumnado cómo se puede saber el peso del rosetón si estuviese hecho en piedra. Será el punto de partida para que el profesor introduzca el tema de cálculo de superficies y volúmenes primero, para llegar finalmente al cálculo del peso del rosetón en piedra utilizando la densidad del material. El volumen se calcula descomponiendo el rosetón en figuras geométricas básicas de las que los alumnos puedan llegar a la fórmula de la superficie y el volumen. Calculado el volumen, la densidad del material es conocida, por lo que, despejando en la fórmula ($\text{Densidad} = \text{peso} / \text{volumen}$), se hallaría el peso de la pieza. Primero se haría este proceso con el rosetón de planchas de aislante, lo que permitiría realizar la comprobación ya que se podría pesar directamente. Después se repetiría el proceso suponiendo que el rosetón es de piedra, por ejemplo, de granito, material de densidad conocida ($2,75 \text{ g/cm}^3$).

Objetivos:

- Reconocer y manipular la piedra.
- Conocer el oficio del cantero y/o escultor.
- Conocer la evolución de la forma de trabajar la piedra de lo artesanal a lo mecanizado en paralelo a la evolución de la tecnología.
- Cómo calcular superficies y volúmenes.
- Cómo calcular un peso de un material teniendo los datos de volumen y densidad.

Conocimientos adquiridos:

- Cálculo de superficies.
- Cálculo de volúmenes.
- Cálculo de peso a partir de volumen y densidad.
- El trabajo con la piedra: artesanía y tecnología.

Competencias desarrolladas: CCL, CMCCT, CAA, CCEC.

Fase 6: Charla arquitecto

En esta fase se pretende retomar el punto de partida: la arquitectura y su relación con las matemáticas. La idea de esta actividad es que un profesional de la arquitectura explique al alumnado en qué consiste la profesión de arquitecto y la evolución de la arquitectura de la mano del desarrollo de las matemáticas y la tecnología. Para ello se puede realizar una visita a algún edificio emblemático moderno o bien se realiza una presentación sobre el tema en el aula. Retomando las referencias hechas en la sección dos, sobre los estudios del futuro de las profesiones relacionadas con la tecnología, otro de los datos extraídos es que el porcentaje de mujeres que se decantan por estas profesiones es muy inferior al de los hombres. Por este motivo, y con el objeto de fomentar la igualdad, se intentará que el profesional de la arquitectura que dé la charla sea una mujer.

Objetivos:

- Conocer la profesión de arquitecto.
- Entender la relación de la arquitectura con las matemáticas y los avances tecnológicos.
- Conocer la arquitectura de la ciudad y provocar su sensibilización hacia la misma.
- Visitar y entrar en la Ciudad de la Cultura.
- Comportamiento cívico.

- Sensibilización hacia el patrimonio cultural.
- Sensibilización hacia la igualdad.

Conocimientos adquiridos:

- En qué consiste la profesión de arquitecto.
- Pinceladas sobre la arquitectura y su evolución histórica y tecnológica.

Competencias desarrolladas: CAA, CSC, CCEC.

Fase 7: Documentación del proyecto

Al inicio de la experiencia se generará un blog en la web del centro gestionado por el docente, pero desarrollado por el alumnado, en el que cada grupo irá documentando las fases de todo proceso. Cuando el rosetón esté terminado, el proceso de documentación se complementa con un breve video realizado por los alumnos donde se explique en qué consiste la propuesta y el desarrollo de cada una de sus fases. Por último, los alumnos presentarán sus rosetones a sus compañeros apoyados por un panel a modo de collage donde se explique brevemente el proceso llevado a cabo. Los idiomas utilizados serán el castellano e inglés.

Objetivos:

- Desarrollar la creatividad a través del uso de la tecnología.
- Saber extraer la información importante en un proceso.
- Saber comunicar esta información.
- Aprender a publicar entradas en un blog y entender la importancia de la forma en la que transmitimos la información y el alcance que tiene a través las redes.
- Aprender a desarrollar un video, desde la grabación de imágenes hasta el guion y la música.
- Como crear un collage y qué información poner en él.
- Comunicación en lengua extranjera.

Conocimientos adquiridos:

- Manejo de blog.
- Creación de videos.
- Hacer un collage.

Competencias desarrolladas: CCL, CD, CAA, CSIEE.

Fase 8: Evaluación del proyecto

Para la evaluación del proyecto se abrirá un debate sobre el desarrollo del proyecto, guiado por el profesor, pero dejando rienda suelta a que el alumnado se exprese libremente, tanto en lo que se refiere a lo positivo como a lo negativo del proceso. De esta puesta común se extraerán las conclusiones generales con las que se hará una valoración global de la experiencia.

Objetivos:

- Saber participar en un debate.
- Capacidad de sacar conclusiones propias de una experiencia.

Conocimientos adquiridos:

- Cómo hacer una valoración de un trabajo.

Competencias desarrolladas: CCL, CSC.

Fase 9: Difusión del proyecto

La difusión del proyecto comienza con el blog creado en la web del instituto para recoger todo el proyecto. Cuando los rosetones están finalizados, se ubican en un espacio habilitado por el instituto junto al collage que resume el proceso seguido por cada uno de los grupos. Para terminar, los alumnos presentan el video elaborado al resto del alumnado, docentes y personal no docente en una sesión desarrollada en el salón de actos del instituto o cualquier otro lugar habilitado para ello.

Objetivos:

- Aprender a expresarse en público.
- Cómo preparar una presentación.
- Formas de difundir un trabajo.

Conocimientos adquiridos:

- Cómo poner en valor un trabajo.

Competencias desarrolladas: CCL, CD, CAA, CSC, CSIEE.

4. Implementación de la propuesta didáctica. Resultados y discusión

Esta propuesta didáctica se adaptó para llevarla a cabo con un agrupamiento específico de ocho alumnos de catorce años, de la materia de matemáticas, en el instituto de Educación Secundaria IES Arcebispo Xelmírez I en Santiago de Compostela. No se pudo transversalizar el trabajo ni con la asignatura de historia, en lo que respecta a la parte histórica y artística, ni con la de plástica en lo que respecta a la parte de diseño y construcción del rosetón ni tampoco con la asignatura de inglés para la realización del video y difusión del proyecto. Esto se debe a que, en estas asignaturas, estos alumnos están en el grupo ordinario y tienen que hacer los mismos trabajos que el resto de la clase. Como consecuencia, la propuesta se desarrolló en el aula de matemáticas y por el profesor de matemáticas. También hubo que hacer cambios en cuanto a la temporalización, de manera que la propuesta didáctica se desarrolló finalmente siguiendo seis sesiones de aula de una hora de duración. La descripción de las actividades englobadas en cada sesión, así como de sus objetivos, conocimientos adquiridos y competencias desarrolladas, están descritos en la sección 3, en la que se detalla el diseño de la propuesta. Por limitaciones de tiempo, no se pudieron llevar a cabo las visitas programadas en la propuesta ni tampoco realizar la Fase 7 (Documentación del proyecto) y Fase 9 (Difusión del proyecto).

Teniendo en cuenta las limitaciones comentadas y el número de alumnos, se decide realizar un único rosetón entre todos. Se divide el rosetón en ocho sectores iguales, coincidiendo con el número de alumnos como punto de partida del diseño. A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la implementación atendiendo a las fases, indicando el número de sesiones necesarias para realizarlas.

La Fase 1 (Introducción a la arquitectura y su relación con las matemáticas) y Fase 2 (Estudio geométrico del rosetón) se llevan a cabo en una sesión. Al no poder hacer la visita a la Catedral de Santiago de Compostela, se realiza la introducción a la arquitectura y se establece su relación con las matemáticas a través de una puesta en común inicial y una posterior presentación en PowerPoint por parte del docente. Además, a través de una presentación en PowerPoint, se define el rosetón y se describen las características geométricas del mismo y de su decoración. Para finalizar la exposición por parte del profesor se dan ejemplos en diferentes catedrales donde se encuentran presentes estos elementos decorativos, entre ellas la Catedral de Santiago de Compostela.

En la Fase 3 (Diseño del rosetón y su decoración), que se lleva a cabo en otra sesión de aula, se tienen en cuenta los gustos de los alumnos para crear un clima de trabajo agradable y

DISEÑO DE UNA PROPUESTA STEAM PARA CREAR UN ROSETÓN. ANÁLISIS EN UN CONTEXTO DE INCLUSIÓN

motivador tal y como aconsejan (Diego-Mantecón et. al, 2017). Uno de los objetivos de esta fase era realizar parte del trabajo de diseño del rosetón con aplicaciones informáticas, además de con lápiz, papel y herramientas de dibujo. La parte referente a uso de nuevas tecnologías no fue bien recibida por el alumnado, que declaró en su mayoría no estar interesado en el trabajo con el ordenador, incluso en algún caso con un evidente rechazo. Debido a ello, y a la dificultad de disponer de ordenadores, se decidió eliminar las actividades relacionadas con el uso de herramientas TIC.

Cada alumno realiza bocetos de rosetones de forma individual, a partir de las premisas explicadas, en papel y con las herramientas de dibujo (lápiz, reglas, compás), tal como se muestra en la imagen 1. Después, se pone en común la propuesta de diseño de cada alumno con las del resto de sus compañeros para llegar a un consenso sobre el diseño final del rosetón.

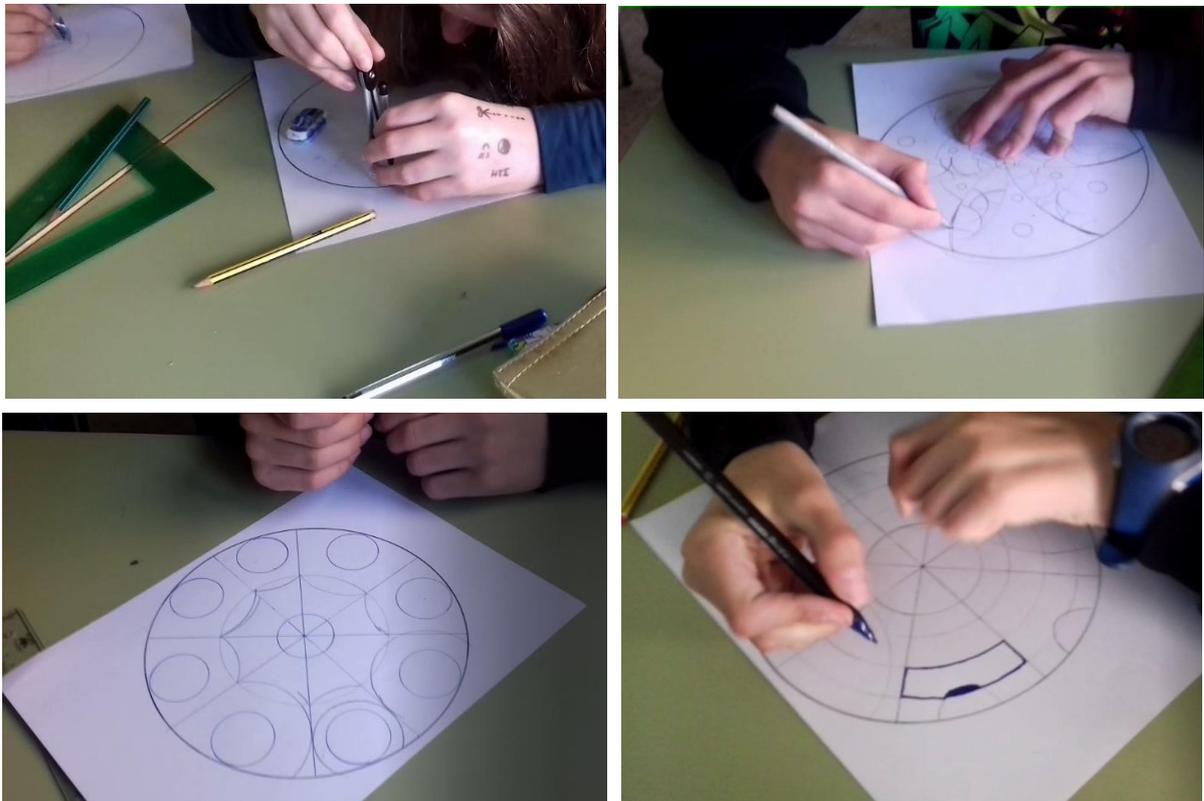


Imagen 1. Alumnos realizando diseños para el rosetón.

La Fase 4 (Construcción del rosetón) ocupa tres sesiones de aula. En la primera sesión se realiza la puesta en común de los bocetos de los diseños individuales elaborados en la fase anterior y se llega a un consenso sobre el diseño definitivo a partir de los bocetos. Se comprueba el cumplimiento de las premisas geométricas para que sea un rosetón. Consensuado ya el

DISEÑO DE UNA PROPUESTA STEAM PARA CREAR UN ROSETÓN. ANÁLISIS EN UN CONTEXTO DE INCLUSIÓN

diseño, se inició el proceso de construcción del rosetón que se desarrolló en dos grupos de cuatro alumnos. Cada grupo trabajó sobre una pieza completa, el primero sobre la parte delantera y el segundo sobre la trasera y a la vez todos sus componentes intervinieron en todas las etapas del proceso. Se toma como como tamaño del diámetro del rosetón la medida del ancho de la plancha de poliestireno, 60 cm. A continuación, se explicó el concepto de proporcionalidad y, aplicándolo, se traslada el diseño definitivo del rosetón del papel a las planchas de poliestireno de forma que ocupe toda la plancha (Imagen 2). Se utilizan para ello herramientas de dibujo y medición (lápiz, reglas, compás, metro). Se termina la sesión con la explicación del concepto de escala que acaban de aplicar en el proceso anterior.



Imagen 2. Los alumnos trasladan el diseño definitivo a la plancha de poliestireno.



Imagen 3. Los alumnos recortan partes sobrantes y calado.

DISEÑO DE UNA PROPUESTA STEAM PARA CREAR UN ROSETÓN. ANÁLISIS EN UN CONTEXTO DE INCLUSIÓN

En la segunda sesión de esta fase, los alumnos lijaron el rosetón con papel de lija de varios grosores. Con el objetivo de que la impronta personal de cada alumno se reflejase en el rosetón, cada uno de ellos realizará la decoración de la vidriera de uno de los ocho sectores. Para ello utilizaron papel de celofán transparente y rotuladores de colores para simular el efecto



Imagen 1. Alumno realizando la decoración en papel de celofán.



Imagen 2. Alumno pintando la parte exterior de las planchas de poliestireno vidriera. En la imagen 4 se muestra a un alumno realizando su decoración.

A continuación, los alumnos pintan las caras exteriores el rosetón con pintura acrílica aplicada con brochas, como se muestra en la imagen 5. En la última sesión de esta fase, los alumnos colocaron la decoración en el rosetón grapándola a la plancha por la cara interior, como se puede observar en la imagen 6. Para finalizar, los dos grupos comprobaron que las dos partes coincidieran y las unieron utilizando tornillos de rosca para reforzar las uniones (Imagen 7).



Imagen 3. Grapado de la decoración.



Imagen 4. Ajuste de las dos partes del rosetón.

El resultado final del rosetón de 60 cm de diámetro, con el alumnado del agrupamiento, se muestra en la imagen 8. **Imagen 8.** Resultado final.



La Fase 5 (Práctica en piedra y cálculo del peso del rosetón), y la Fase 6 (Evaluación de la propuesta) se realizan en la misma sesión. Se comienza mostrando a los alumnos un pequeño taco de granito moreno, de medidas 15x10x10cm, para que los alumnos comprueben la dificultad de tallar sobre piedra. Se les da para ello un cincel y una maza y se les proporcionan gafas de seguridad y guantes de nylon (Imagen 9).



Imagen 9. Práctica de talla en piedra.

En la otra parte de la sesión, se realiza un repaso de los conceptos aprendidos en toda la propuesta y sobre el proceso de esta. Se evaluó la actividad mediante puesta en común con los alumnos. Se comenzó con un recordatorio de las diferentes fases de la actividad, enumerando las mismas en el encerado y recordando los objetivos de cada una de ellas mediante una puesta en común con el alumnado.

4. Discusión de resultados

Lo primero que se observa al repasar las fases de la propuesta con los alumnos es que sólo la mitad de ellos consideraron como la primera fase de esta la búsqueda de información, mientras que la otra mitad consideró que la primera era la elaboración del diseño en papel. De esto se deduce que el hecho de que no hayan tenido que buscar ellos mismos la información y se les haya explicado la introducción a la arquitectura y su relación con las matemáticas a modo de clase expositiva, con la ayuda de la presentación de PowerPoint, ha supuesto que no lo

interiorizasen todos ellos como la primera etapa de la propuesta didáctica, sino como algo aparte del proceso en sí mismo, en donde su actitud era pasiva, no activa.

En lo que respecta al resto de las actividades de la propuesta, el alumnado las expone con total claridad y detalle y en el orden correcto, tanto la fase del diseño como todas las siguientes del proceso de construcción del rosetón. Son capaces de explicar tanto el objetivo de la actividad, como los contenidos matemáticos y el proceso de ejecución. Se observa además que, si bien al iniciar la propuesta sólo dos de los alumnos tenían nociones básicas de lo que era un rosetón y sólo uno de ellos conocía el concepto de escala, aunque sin entender su significado, en el momento de la evaluación final se comprueba que tienen totalmente interiorizados ambos conceptos y que además están perfectamente integrados en su vocabulario. Resulta evidente comprobar que el hecho de que en cada una de estas fases la explicación de los conceptos haya sido acompañada de la inmediata puesta en práctica de estos, no sólo ha facilitado su comprensión, sino que ha conseguido que el alumnado los afiance y sea capaz de ver su aplicación en otras situaciones.

En cuanto al planteamiento del trabajo en grupo, fue evidente que no era una forma de trabajar habitual para ellos, pero no resultó en ningún momento problemático y se adaptaron rápidamente a la nueva situación. El cambio de la distribución habitual de las mesas del aula, en fila frente al docente, a una colocación formando un cuadrado, influyó mucho a la hora de realizar el trabajo en grupo. Esa disposición también favoreció una evolución en la relación docente-alumnado, de más distante a más cercana y confidente.

El alumnado destacó, de toda la propuesta didáctica, la fase de construcción frente a la fase del diseño. La actitud del alumnado fue más distante y menos colaborativa durante el desarrollo del diseño del rosetón, con un comportamiento a veces algo alborotado y poco concentrado. Al comenzar los trabajos de construcción del rosetón su actitud evolucionó hacia un alto grado de atención, así como un comportamiento más tranquilo y relajado. Esto concuerda con el trabajo de Vergara y Pérez (2016) donde exponen que el alumnado actual requiere participación activa en los contenidos que aprende. La práctica de la talla en piedra fue lo que les resultó más novedoso, al acercarse a un material que se usa en muchas construcciones de la vida real.

5. Conclusiones

En este trabajo hemos presentado una propuesta didáctica para trabajar de forma interdisciplinar Matemáticas y Arte. La propuesta se enmarca en una actividad STEAM bajo la metodología de aprendizaje por proyectos. El punto de partida es conectar conceptos de arquitectura y matemáticas concretados en un elemento arquitectónico, el rosetón. Se estructura la propuesta en nueve fases, indicando en cada una de ellas los conceptos que se van a trabajar y las competencias desarrolladas. Se muestra la puesta en práctica de esta en un agrupamiento específico de alumnos de segundo de la ESO. Dadas las características del grupo y del centro no fue posible realizar todas las fases, modificando algunas de ellas para esta situación concreta.

Al finalizar la realización de la propuesta didáctica, el alumnado es capaz de explicar los conceptos matemáticos desarrollados en el proceso, así como relacionarlos con otras aplicaciones en la vida real. Se deduce por lo tanto que la implementación de la propuesta ha influenciado positivamente en la adquisición de conocimientos matemáticos. Debido a las condiciones especiales del grupo no se ha podido transversalizar todas las materias previstas en la propuesta didáctica inicial, si bien la introducción a la arquitectura y la historia fue bien acogida por parte del alumnado.

En lo que respecta a la concepción de la propuesta teniendo como base el modelo de aprendizaje basado en proyectos STEAM, en el que la tecnología es un nexo común entre las demás disciplinas, cabe destacar que debido a los condicionantes de la implantación, las actividades de la propuesta que no se han podido realizar han sido precisamente las que más conectaban la actividad con la tecnología: diseño del rosetón con el Geogebra y la decoración de la parte de las vidrieras con un programa de diseño. En general, se ha observado que son bastante claros los beneficios que implica este tipo de metodología para el alumnado, a pesar de las limitaciones que han surgido. Sobre todo, lo determinante que es la participación activa de los alumnos en todas las fases de la propuesta, así como el trabajo en grupo y el hecho de obtener un producto tangible, reflejo del trabajo realizado.

Por último, la rígida estructura del sistema educativo español se pone de manifiesto en restricciones respecto a tiempo, espacios y distribución de materias en el horario escolar, ralentizando la implementación regular de los proyectos STEAM.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades-Agencia Estatal de Investigación/_Proyecto EDU2017-84979-R.

REFERENCIAS

ARTIGUE, M.; BAUTISTA, P.; DILLON, J.; HARLEN, W.; y LENA, P. **El proyecto de Fibonacci**, 2010. *Disponible en:* <http://www.fibonacci-project.eu/> Acceso en 21 de marzo de 2020.

ARTIGUE, M.; BLOMHOJ, M. Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. **ZDM**, Alemania, vol. 45, n. 6, p. 797-810, oct. 2013.

BENÍTEZ, A. A.; GARCÍA, M.L. Un primer acercamiento al docente frente a una metodología basada en proyectos. **Formación universitaria**, Chile, vol. 6, n. 1, p. 21-28, dic. 2012.

CASTRO, C. STEM, STEAM, proyectos educativos integrales y olimpiadas de química: métodos que buscan convencer a los jóvenes de que la ciencia es útil para todos. En G. y. Pinto (eds.) **Enseñanza y divulgación de la Química y la Física**. Madrid: Ibergarceta Publicaciones, 2012. p. 221-227.

CHEN, X. Students who study Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education. **En Stats in Brief. NCES 2009-161**- National Center for Education Statistics, Estados Unidos, julio. 2009. Disponible: <https://nces.ed.gov/pubs2009/2009161.pdf> Acceso en: 1 de marzo de 2020.

CILLERUELO, L.; ZUBIAGA, A. Una aproximación a la educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. En Jornadas de Psicodidáctica, Universidad del País Vasco, España, 2014.

COL·LEGI MONTSERRAT. Proyecto Veleta, 2015. Disponible en: <https://www.think1.tv/pt/video/steam-proyecto-veleta-es/>. Acceso el: 9 de marzo de 2020.

DÍAZ, A. F.; HERNÁNDEZ, R.G. Constructivismo y aprendizaje significativo. En **Estrategias docentes para un aprendizaje significativo**. Mc Graw Hill: México, 1999. p. 13-33.

DIEGO MANTECÓN, J.M.; BLANCO, T.F.; GONZÁLEZ, M.; ISTÚRIZ, M.P.; GORGAL, A.; GONZÁLEZ-RUIZ, I.; BÚA, J.B.; RECIO, T. Proyecto Kiks (Kids Inspire Kids for STEAM). En Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (CIBEM), 8., 2017, Madrid. En C. **Toboso Nieto**: 2017, p. 87-94.

DOG. Decreto 86/2015, de 25 de junio de 2015, por el que se establece el currículo de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Galicia

(120). En: https://www.xunta.gal/diario-oficial-galicia/mostrarContenido.do?paginaCompleta=false&idEstado=5&rutaRelativa=true&ruta=/2015/20150629/Secciones1_es.html

DURANDO, M. Towards 2020 Priorities for STEM education and careers in Europe. Ingenius Project, 2013. Disponible en: http://www.ingenious-science.eu/c/document_library/get_file?uuid=64d8c2fe-a4ea-449c-b6d715d21dd44f0f&groupId=10136. Acceso en: 9 de marzo de 2020.

ESPACIO STEAM. **Innobasque**, 2017. Disponible en: http://www.innobasque.eus/microsite/escuela_innovacion/proyectos/espacio-steam. Acceso el: 9 de marzo de 2020.

FENYVESI, K.; LÄHDESMÄKI, T. **Aesthetics of Interdisciplinarity: Art and Mathematics**. Finlandia: Birkhäuser, 2017, 290p.

GONZÁLEZ-YEBRA, O.; PÉREZ-VALERO, M.; AGUILAR, M.A.; AGUILAR, F.A. Introducción del proceso de diseño en el aula de dibujo técnico como propuesta para el empoderamiento creativo del alumnado. **Arte, Individuo y Sociedad**, Madrid, vol. 32, n. 1, p. 227-246, mar. 2020.

HAGEMAN, J. L.; MARTÍN, N. M.; MONTGOMERY, S. E.; RULE, A. C. Practical art projects related to children's picture books about ecology. **Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions, Iowa**, vol. 4, n. 1, p. 16-51, 2019, jun. 2019.

HRISTOVA, T. T. Innovative practices and technologies in educational projects of European Schoolnet and the project "Scientix". **Bulgarian Chemical Communications**, Bulgaria, vol. 47, n. Special Issue B, p. 504-507, 2015.

ÍNSUA, S.M.; BLANCO, M.T.F. Aprender matemáticas en educación secundaria creando un rosetón. **Boletín das ciencias**, Galicia, vol. 30, n. 84, p. 107-108, 2017.

ISTÚRIZ, M.P.; GONZÁLEZ-RUIZ, I.; DIEGO-MANTECÓN, J. M.; RECIO, T.; BÚA J. B.; BLANCO, T.F.; GONZÁLEZ, M. J.; POLO, I. Kids Inspiring Kids for STEAM (KIKS). En **CERME**, 10., 2017, Dublín. En **T. Dooley**: 2017, p. 1676-1678.

KUBAT, U.; GURAY, E. To STEM or not to STEM? That is not the question. **Cypriot Journal of Educational Science**, Chipre, vol. 13, n. 3, p. 388-399, oct. 2018.

LAND, H. Full STEAM ahead: The Benefits of Integrating the Arts into STEM. **Procedia Computer Science**, Países Bajos, vol. 20, p. 547-552, 2013.

MEC. **Ley Orgánica 8/2013 para la Mejora de la Calidad Educativa, de 9 de diciembre de 2013**. Madrid: Jefatura del estado [2013]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12886-consolidado.pdf/> Acceso en: 1 de marzo de 2020.

MORALES, C. El Aprendizaje basado en Proyectos en la Educación Matemática del siglo XXI Cuaderno de bitácora. En: Jornadas sobre el Aprendizaje y la Enseñanza de Matemáticas (JAEM), 15., 2011, Gijón. García, Gijón: España, 2011.

PÉREZ, J. **STEM, STEAM... ¿pero eso qué es?**, 2015. Disponible en: <http://odite.ciberespinal.org/comunidad/ODITE/recurso/stem-steam-pero-eso-que-es/58713dbd-414c-40eb-9643-5dee56f191d3> Acceso en: 17 de marzo de 2020.

PÉREZ, M. M. Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. **Laurus**, Venezuela, vol. 14, n. 28, p. 158-180, ago. 2008.

POU. **STEAM, la combinación entre arte y ciencia para una educación del siglo XXI**. **Eduscopi**, 2017. Disponible en: <http://www.eduscopi.com/es/2015/02/12/steam-un-punado-de-ciencia-una-pizca-de-arte/> Acceso en: 15 de marzo de 2020.

PROYECTA. **Proyectos STEAM: crear para aprender: Projecta. Renueva el aprendizaje en tu aula utilizando las TIC**, 2015. Disponible en: <http://www.plataformaprojecta.org/blog/proyectos-steam-crear-para-aprender> Acceso en: 9 de marzo de 2020.

QUIGLEY, C.; HERRO, D.; SHEKELL, C.; CIAN, H.; JACQUES, L. Connected learning in STEAM Classrooms: Opportunities for Engagi Youth in Science and Math Classroom. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Taiwan, diciembre. 2019. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-019-10034-z> Acceso en: 20 de marzo de 2020.

ROCARD, M.; CSERMELY, P.; WALWERG-HENRIKSSON, H.; y HEMMO, V. **Science Education Now: A New Pedagogy for the Future of Europe**. Bruselas: Comisión Europea, 2007, 29p.

RODRÍGUEZ, J. F. H. Ejemplos de proyectos flipped en matemáticas. **Números**, Tenerife, vol. 97, mar. 2018.

SÁNCHEZ, E. La educación STEAM y la cultura “maker”. **Padres y maestros**, Madrid, vol. 379, p. 45-51, sep. 2019.

SANTILLÁN, J.P.; CADENA, V.; CADENA, M. Educación STEAM: entrada a la sociedad del conocimiento. **Ciencia Digital**, Ecuador, vol. 3, n. 4, p. 212-227, sep. 2019.

SOTO-HIDALGO, J.M.; MARTÍNEZ-ROJAS, M. Aplicando STEAM en un ambiente de Ciudades Inteligentes con Internet de las Cosas como Metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos. **Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes**, Córdoba, vol. 8, n. 2, p. 68-77, jul. 2019.

STYLIANIDOU, F.; GLAUERT, E.; ROSSIS, D.; COMPTON, A.; CREMIN, T.; CRAFT, A.; HAVU-NUUTINEN, S. Fostering Inquiry and Creativity in Early Years STEM Education:

Policy Recommendations from the Creative Little Scientists Project. **European Journal of STEM Education**, Países Bajos, vol. 3, n. 3, p. 15, may. 2018.

VERGARA RAMÍREZ, J.; PÉREZ GÓMEZ, A. **Aprendo porque quiero**. Madrid: SM, 2016.

ZHBANOVA, K. Developing Creativity through STEM Subjects Integrated with the Arts. **Journal of STEM Arts, Crafts and Constructions**, Iowa, vol. 4, n. 1, p. 1-15, jun. 2019.

SOBRE LAS AUTORAS

Teresa Fernández Blanco es Profesora Titular de Didáctica de la Matemática del departamento de Didácticas Aplicadas. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Santiago de Compostela. Licenciada en Ciencias Matemáticas por la Universidad de Santiago de Compostela con título de grado en Métodos numéricos en ecuaciones en derivadas parciales: aplicaciones en la ingeniería. Doctora en Ciencias Matemáticas en el programa de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Matemática. Grupo de innovación Docente de la USC: Tesela de Innovación en Educación Matemática (GIDEM-TESELA). Líneas actuales de investigación: Formación del profesorado de Primaria y Secundaria, Aprendizaje de las matemáticas en alumnos en riesgo de Exclusión; Visualización y razonamiento espacial; y Enseñanza y aprendizaje basado en las STEAM (Sciences, Technology, Engenary, Arts and Mathematics).

Dirección electrónica: teref.blanco@usc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4215-8677>

Sonia Vizcaíno Ínsua es Arquitecta técnico en AFC NORTE en Santiago de Compostela. Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas (USC). Incursión en sector educativo ejerciendo de docente entre los años 2016 y 2017. Antonio Framiñán Construcciones (Av. De Barcelona nº33, 15706, Santiago de Compostela (A Coruña)).

Dirección electrónica: sonia@vizcaino.ue

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5605-031X>

Valeria González-Roel es Subdirectora en Colegio Mayor San Clemente (USC). Maestra de Educación Primaria. Máster Universitario en Investigación en Educación, Diversidad Cultural y Desarrollo Comunitario (USC). Doctoranda en el programa de Educación de la Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Didácticas Aplicadas (Av. de Xoán XXIII, 15782, Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña)).
Dirección electrónica: valeria.roel@usc.es
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0707-7604>

Recibido em: 23/04/2020
Aprovado em: 25/05/2020
Publicado em: 01/07/2020