

## Memoria de proyectos de innovación y buenas prácticas docentes

A. Datos generales del proyecto de innovación y buenas prácticas docentes			
Título	iSTEMduino: proyecto de innovación para incluir y desarrollar el enfoque STEM, promoviendo la igualdad, en los futuros maestros/as de Educación primaria.		
Código	22-41	Fecha de Realización:	del 1 de septiembre de 2022 al 13 de febrero de 2023
Coordinación	Apellidos	Ballesta Claver	
	Nombre	Julio	
Tipología	Tipología de proyecto	Proyectos básicos de innovación y buenas prácticas docentes	
	Rama del Conocimiento	Área de didáctica de las ciencias experimentales	
	Línea de innovación	Línea 3.1. Mejora de las competencias docentes en la universidad actual	
B. Objetivo Principal			
<p>El objetivo principal de este proyecto de innovación ha sido el fomentar el enfoque STEM (<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>) o CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en los estudiantes universitarios de los estudios del Grado en Educación Primaria e Infantil en el que, de momento, existen dificultades para impartir de forma interdisciplinar las diferentes áreas que integra el acrónimo, con el objetivo de constituir una metodología motivadora e integradora que facilite un aprendizaje integral activo y competencial para los alumnos. En este enfoque es de vital importancia el impulsar la igualdad de género, en concreto en las áreas de matemáticas y ciencias experimentales, de manera que estas áreas resulten más atractivas a las mujeres, las futuras maestras, de forma que diseñen e impulsen en sus futuros alumnos/as una gran motivación y un acercamiento a una igualdad real. Con respecto a la <i>tecnología</i>, el papel que ha adoptado en el proyecto ha sido la de introducir recursos tecnológicos con orientación procedimental, aportando materiales y contenido (sensores, placas base, conectores, etc.), incorporando el mundo de la programación y su lenguaje de forma más activa, para con ello normalizar dichas actuaciones a la hora de que los alumnos puedan incorporarlos en su ejercicio profesional. En el caso de la <i>ingeniería</i>, ha facilitado la elaboración de diseños a raíz de utilizar los pasos que dicha metodología incorpora (Botero Espinosa, 2018): 1) Hacerse preguntas (ideas previas); 2) Imaginar (encontrar respuestas a las cuestiones); 3) Planear (elegir la mejor solución y esbozar los pasos a seguir); 4) Crear (realizar la propuesta o diseño anterior creando un producto); 5) Mejorar (cambios y propuestas de mejora), todo ello junto con el procedimiento de ensayo-error, dotando a la docencia de la necesaria parte experimental para un mejor aprendizaje. Se ha pretendido con ello desarrollar un material didáctico que pueda ser implementado principalmente en los grados de educación primaria e infantil, con la posibilidad de extenderse a otros grados.</p>			
C. Descripción del proyecto de innovación y buenas prácticas docentes			
<b>Resumen del proyecto realizado:</b> Objetivos, metodología, logros alcanzados, aplicación práctica a la docencia habitual, etc.			
<p>Lo que se ha pretendido en este proyecto es fomentar el enfoque STEM o CTIM en los estudios universitarios del Grado en Educación Primaria e Infantil para motivar e implementar un aprendizaje integral activo y competencial de forma que los futuros maestros/as incorporen estas actuaciones en su ejercicio profesional, impulsando con ello la igualdad de género, la motivación y la curiosidad en las áreas de matemáticas y ciencias experimentales, así como la facilitación para la incursión de la tecnología y de la ingeniería de una manera eficaz. Otro aspecto que destacar es el poder normalizar las herramientas tecnológicas dentro del aula como un elemento más del currículo y no presentarlo como algo excepcional, yendo acorde a los avances de la sociedad. El hecho de tratar los contenidos mediante un enfoque interdisciplinar ha fomentado y motivado el estudio de estas áreas.</p>			
<p>La metodología que se llevó a cabo tuvo en cuenta las directrices del <i>método de indagación</i> (IBSE o Inquiry Based Science Education) y su experimentación implícita correspondiente, utilizando diversos recursos como software online (lenguaje HTML5) y la tarjeta microcontroladora Arduino, módulos y accesorios correspondientes. Por otro lado, se realizaron otras actividades bajo las indicaciones del <i>método basado en modelos</i> (MBI o Model Based Inquiry), mediante realización de modelos simbólicos, visuales (representación bidimensional, diagramas) o descriptivos. Para comprobar el grado de consecución de los objetivos, se estableció un cuestionario de 10 preguntas, utilizando para ello la <i>suite Google</i> para educación (<i>Google forms</i> y <i>Google docs</i>), el cual se facilitó a los estudiantes al comienzo y al final del proyecto de innovación, conformando los cuestionarios pretest y postest.</p>			
<p>La propuesta consistió en realizar una serie de actividades dentro de la docencia habitual de las diferentes asignaturas de los grados, de forma que incorporaran la metodología del diseño que destaca en la ingeniería y la tecnología imperante en la actualidad, como, por ejemplo, la creación de dispositivos capaces de tomar datos del</p>			

exterior a través de sensores (presión, temperatura, humedad...), siguiendo las directrices dadas por los métodos IBSE y MBI, así como introducir la creación de instrumental para realizar pruebas experimentales en el propio laboratorio de la universidad a modo de recurso didáctico en asignaturas de ciencias experimentales o el hecho de emplear la programación para comprender la probabilidad y la estadística a través de la creación de juegos o programas prácticos en asignaturas de contenido matemático.

De las diferentes actividades programadas en el proyecto, pudieron realizarse las siguientes:

- ❖ Actuación 1: programación, uso de sensores y alto contenido de manipulación experimental.
  - Actividad 1.1. Programación orientada a objetos mediante el uso de diferentes programas, destacando Tinkercad.
  - Actividad 1.2. Arduino, sus fundamentos y uso de material (placa Arduino, placa Protoboard, cables, LEDes, resistencias, sensores y motores).
  - Actividad 1.3. Creación de una miniestación meteorológica: sensor de humedad y temperatura.
  - Actividad 1.4. Introducción al lenguaje de programación de la plataforma Wiring (Arduino). Programación mediante código (C/C++ simplificado): funciones *setup*, *loop*, *if*, *else*, *delay*, *digitalWrite*, *PinMode*, etc.
  - Actividad 1.5. Programar una instrucción con el objetivo de resolver problemas matemáticos: condicionantes *if else* y *else if*, los operadores de comparación (*>*, *>=*, *<=*, *=*, *!=*) y operadores booleanos (*||*, *&&*, *!*).
  - Actividad 1.6. Creación de un pH metro low-cost.
  - Actividad 1.7. Creación de una sonda para comprobar la calidad del agua (No se pudo realizar por falta de material).
  - Actividad 1.8. Estación meteorológica interna para un laboratorio.
  - Actividad 1.9. Creación de un pluviómetro electrónico y sensores para lluvia.
  - Actividad 1.10. Sensor de humedad de suelo.
  - Actividad 1.11. Estación meteorológica externa para un huerto escolar.
- ❖ Actuación 2. Nivel medio: conceptos moderados de programación, uso de sensores y manipulación experimental.
  - Actividad 2.1. Circuitos en serie y paralelo con Arduino.
  - Actividad 2.2. Medición del pulso cardíaco con Arduino (No se pudo realizar por falta de presupuesto).
  - Actividad 2.3. Seguimiento del proceso de fotosíntesis de una planta (Tampoco se pudo realizar por falta de presupuesto).
- ❖ Actuación 3. Nivel básico: conceptos básicos de programación y manipulación experimental.
  - Actividad 3.1. Iniciación al uso de Scratch.
  - Actividad 3.2. Preguntador de tablas de multiplicar con Arduino (No se pudo realizar por falta de tiempo).
  - Actividad 3.3. La bola mágica y la probabilidad.

La incorporación de esta metodología y actividades ha dado como resultado una serie de logros:

- Hacer posible incorporar la tecnología y la programación a asignaturas que habitualmente no lo incluyen en su currículo.
- Fomentar la igualdad en asignaturas de matemáticas y ciencias experimentales.
- Normalizar el uso del diseño y herramientas TIC, incorporando con ello aspectos de tecnología e ingeniería.
- Fomentar la motivación y el interés en estas áreas, haciendo más atractivo y cercano el contenido.
- Mejorar el aprendizaje de conceptos matemáticos y científicos gracias al enfoque propuesto.

Como conclusión podemos decir que la propuesta presentada ha cumplido las expectativas y cubierto los objetivos planteados en este proyecto, haciendo posible que el enfoque STEM haya permitido incorporar contenido tecnológico y de diseño en asignaturas de matemáticas y ciencias experimentales, ofreciendo una enseñanza universitaria que fomenta la igualdad, que impulsa la motivación y el interés de las mujeres en dichas áreas y que posibilita una metodología que incorpora, en su buen hacer, la aplicación práctica de los contenidos mediante la premisa de "aprender haciendo", lo que acerca aún más las materias al alumnado.

**Summary of the Project (In English):**

The aim of this project is to promote the STEM approach in primary and early childhood education courses in order to motivate and promote holistic, active and competent learning in such a way that future teachers incorporate these actions in their professional practice, thereby promoting gender equality, motivation and curiosity in mathematics and experimental sciences, as well as helping to introduce technology and engineering efficiently. Another aspect to highlight is the ability to normalise technological tools in the classroom as an element of the curriculum, rather than being presented as an exception, according to the progress made by society. The study of these fields has been encouraged and motivated by the fact of teaching content through an interdisciplinary approach.

The methodology used was based on the Inquiry Based Science Education (IBSE) guidelines and the resulting implicit experimentation. Various resources were used, such as online software (HTML5 language) and the Arduino microcontroller board, modules and accessories. On the other hand, other activities were carried out according to the Model Based Inquiry (MBI) guidelines. These included the creation of symbolic, visual (two-dimensional representation, diagrams) or descriptive models. In order to check the achievement of the objectives, a questionnaire of 10 questions was created using the Google suite for education (Google forms and Google docs). It was given to the students at the beginning and at the end of the research project, forming the pre- and post-test questionnaires.

The proposal was based on a series of activities as part of the regular teaching of the different degree subjects, in such a way to incorporate the design methodology that stands out in today's engineering and technology, such as, for example, the creation of devices capable of taking data from outdoors by means of sensors (pressure, temperature, humidity, etc.), according to the guidelines given by the IBSE and MBI methods, as well as introducing the creation instruments to carry out experimental tests in the university's own laboratory as a didactic resource in experimental science subjects or the use of programming to understand probability and statistics through the creation of games or practical programmes in mathematical subjects.

Among the different activities programmed in the project, we could carry out the following ones:

- ❖ Action 1: programming, use of sensors and high experimental manipulation content.
  - Activity 1.1. Object-oriented programming using different programmes, especially Tinkercad.
  - Activity 1.2. Arduino, fundamentals and use of materials (Arduino board, Protoboard, wires, LEDs, resistances, sensors and motors).
  - Activity 1.3. Creation of a mini-meteorological station: humidity and temperature sensor.
  - Activity 1.4. Introduction to the Wiring platform programming language (Arduino). Programming using code (simplified C/C++): the functions setup, loop, if, else, delay, digitalWrite, pinMode, etc.
  - Activity 1.5. Programming instructions to solve mathematical problems: if else and else if conditionals, comparison operators (>, >=, <=, ==, !=) and Boolean operators (||, &&, !).
  - Activity 1.6. Creating a low-cost pH-meter.
  - Activity 1.7. Creation of a probe to test water quality (It could not be carried out due to unavailability of material).
  - Activity 1.8. Internal weather station for the laboratory.
  - Activity 1.9. Creation of an electronic rain gauge and rain sensors.
  - Activity 1.10. Soil moisture sensor.
  - Activity 1.11. Outdoor weather station for a school garden.
- ❖ Action 2. Intermediate level: moderate programming concepts, use of sensors and experimental manipulation.
  - Activity 2.1. Series and parallel circuits with Arduino.
  - Activity 2.2. Measuring heart rate with Arduino (it could not be carried out due to lack of budget).
  - Activity 2.3. Monitoring the photosynthesis process of a plant (It could not be carried out due to lack of budget).
- ❖ Action 3. Basic level: basic programming concepts and experimental manipulation.
  - Activity 3.1. Introduction to the use of Scratch.
  - Activity 3.2. Multiplication table enquirer with Arduino (It could not be carried out due to lack of time).
  - Activity 3.3. The magic ball and probability.

The implementation of this methodology and these activities produced several achievements:

- Making it possible to incorporate technology and programming into subjects that usually do not include it in their curriculum.

- Promoting equality in mathematics and experimental science subjects.
- Normalise the use of ICT design and tools, thereby incorporating aspects of technology and engineering.
- Encourage motivation and interest in these areas, making the content more attractive and approachable.
- Improve the learning of mathematical and scientific concepts thanks to the proposed approach.

In conclusion, we can say that the presented proposal has achieved the expectations and objectives proposed in this project, making it possible to include technological and design content in mathematics and experimental science disciplines thanks to the STEM approach, offering a university teaching that promotes equality, motivation and interest of women in these areas, enabling a methodology that incorporates the practical application of the content through the premise of "learning by doing", which makes the subjects even more accessible to the students.

#### D. Resultados obtenidos

A través del cuestionario creado para este proyecto, que consistió en 10 ítems graduados mediante escala Likert de 1 a 5, ofreciendo diversos contextos para cada pregunta (véase la Tabla 1), se intentó averiguar las motivaciones, inquietudes y conocimientos del enfoque STEM, así como aspectos relacionados con el género y las metodologías más convenientes a utilizar en el aula tanto al comienzo como una vez finalizado el proyecto (pretest-postest). De los diferentes alumnos encuestados, un total de 250 alumnos, finalmente pudieron recuperarse los resultados ofrecidos por 129 alumnos debido a la mortalidad experimental (abandono de la actividad por causas ajenas: enfermedad, indisposición, ausencia, viajes...). En la Tabla 1 puede verse el cuestionario que fue confeccionado por el profesorado de este proyecto:

**Tabla 1**

*Cuestionario para medir el estado inicial y final del alumnado (pretest-postest).*

ítem	Cuestiones	Respuestas
1	¿Cuál es tu conocimiento sobre aspectos educativos de circuitos eléctricos, programación y uso de sensores?	Nula (1) (2) (3) (4) (5) Excelente
2	¿Te interesaría profundizar en los conceptos de programación, robótica y sensores para aplicarlos como docente?	No, no es necesario (1) (2) (3) (4) (5) Sí, si me interesa
3	¿Es una buena idea juntar los enfoques de matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería para el aprendizaje?	No, para nada (1) (2) (3) (4) (5) Sí, muy conveniente
4	¿Cuál es tu interés con respecto a la programación, ordenadores, circuitos integrados, uso de sensores y electrónica?	Ninguno (1) (2) (3) (4) (5) Bastante
5	Comprender los conceptos de electricidad (voltaje, intensidad y resistencia), ¿podrían ser útiles para ti en el día a día?	No lo creo (1) (2) (3) (4) (5) Si, mucho
6	¿Cómo ves el hecho de hacer programación (códigos, lenguajes informáticos) con un ordenador?	Algo complicado (1) (2) (3) (4) (5) Algo entendible y útil
7	¿Qué importancia crees que tendrá la enseñanza de la programación en alumnos de primaria?	Ninguna (1) (2) (3) (4) (5) Muchísima
8	¿Crees que es muy complicado el que puedas crear y programar una estación meteorológica casera?	Sí, totalmente (1) (2) (3) (4) (5) No, es algo factible
9	La programación y la tecnología, el uso de sensores... Bajo tu punto de vista e interés, atraerán principalmente a: (el valor de 3 corresponde a chicos y chicas por igual. Los demás valores gradúan el interés con respecto a un género)	Chicas (1) (2) (3) (4) (5) Chicos
10	¿Qué hace comprender mejor los fenómenos: la experimentación constante o la comprensión de lo ocurrido?	Experimentación (1) (2) (3) (4) (5) Comprensión

Nota. Fuente propia.

En este cuestionario se recogieron los nombres y apellidos del alumnado, así como el curso involucrado, respetando la privacidad, para con dichos datos hacer un comparación posterior de resultados. Se estableció un diseño preexperimental de un solo grupo pretest-postest (antes y después de la intervención) (Mcmillan y Schumacher, 2012). Las preguntas formuladas tuvieron las siguientes dimensiones: 1) la importancia del componente interdisciplinar; 2) los beneficios didácticos del uso de la tecnología, así como la necesidad de su incorporación, 3) aspectos relacionados con la igualdad de género y su implementación; 4) la motivación; 5) competencias adquiridas y 6) la comparativa entre las actividades manipulativas (IBSE) y la formación de modelos (MBI) para conseguir un aprendizaje significativo.

La validez del instrumento se llevó a cabo mediante un análisis factorial. La adecuación factorial Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que correlaciona pares de variables, genera, tanto para el pretest como para el postest, lo siguiente: 1) pretest: 0,71, obteniendo para la prueba de esfericidad de Barlett un 213,17 ( $p < 0,001$ ) y 2) postest: 0,86 y el valor de 407,72 para la prueba de esfericidad de Barlett ( $p < 0,001$ ). Estos datos consideran que las respuestas están sustancialmente relacionadas generando agrupaciones de ítems originando diferentes factores (Cobos Alvarado et al., 2016; Moafian et al., 2019). Al realizar el análisis factorial, se obtuvieron un total de tres factores a partir de la utilización del criterio de Kaiser-Guttman (valores propios superiores a 1). Para ello se utilizó el método de rotación Varimax con normalización Kaiser, el cual explicaba el 53,5% de la varianza, lo que es correcto. Los tres factores obtenidos de los 10 ítems fueron catalogados del siguiente modo: 1) *Factor 1*: motivación, interés y utilidad del enfoque STEM por parte de los alumnos; 2) *Factor 2*: habilidades en el uso de la tecnología y la programación y 3) *Factor 3*: opiniones con respecto a (subcategorías): 3.1) *género* y 3.2) *uso de las metodologías IBSE o MBI*. Estos factores quedan resumidos en la siguiente tabla (Tabla 2):

**Tabla 2**  
*Factores obtenidos a partir del análisis factorial del instrumento y sus características.*

	<b>Factor 1</b> <i>Motivación, interés y utilidad STEM</i>	<b>Factor 2</b> <i>Habilidades tecnológicas y de programación</i>	<b>Factor 3</b> <i>Igualdad de género y uso de metodologías</i>
<b>Ítems (pretest / postest)</b>	<b>2, 3, 4, 5, 7</b>	<b>1, 6, 8</b>	<b>9, 10</b>
% Varianza	28,5	13,2	11,8
% Acumulado	28,5	41,7	53,5
Criterio			
Kaiser-Guttman (Valores > 1)	1,69	1,15	1,09

Nota. Fuente propia.

La fiabilidad de los resultados se garantizó mediante parámetros de medición de la consistencia interna, utilizando para ello el criterio de *alfa de Cronbach* (Deng y Chan, 2017; Mcmillan y Schumacher, 2012; Peters, 2014). El valor de alfa dio los siguientes resultados 1)  $\alpha_{\text{pretest}} = 0,68$ ; 2)  $\alpha_{\text{posttest}} = 0,80$ . El valor de alfa muestra una fiabilidad moderada pero aceptable en primera instancia, el cual mejora tras la realización de las diferentes sesiones, dando globalmente fiabilidad a los resultados obtenidos.

A continuación, se realizó un estudio inferencial de los tres factores obtenidos anteriormente mediante el programa estadístico R de código abierto (Versión 4.2.2) a partir del programa Rstudio (versión 2023.03.0), utilizando para ello el *test de Wilcoxon para muestras relacionadas pretest-postest*, obteniéndose lo siguiente:

- **Factor 1 (Motivación, interés y utilidad del enfoque STEM por parte de los alumnos):**
  - Se obtiene un cambio significativo *moderado* de esta categoría (pretest:  $3,60 \pm 0,68$ ; postest:  $3,89 \pm 0,70$ ;  $V = 1104,0$ , valor de  $p < 0,001$ ,  $r = 0,492$ ). Podemos observar que el punto de partida de este factor era discretamente satisfactorio que, tras la propuesta, se obtiene una moderada mejora de la importancia del empleo del enfoque STEM en las aulas, tanto en su orientación al ser utilizado en la universidad como en su percepción al utilizarse futuramente en su ejercicio profesional, tal como nos indicaron los alumnos (entrevistas) durante de las sesiones prácticas.
- **Factor 2 (Habilidades en el uso de la tecnología y la programación):**
  - Se obtiene un gran cambio significativo esta categoría (pretest:  $2,48 \pm 0,78$ ; postest:  $3,56 \pm 0,79$ ;  $V = 92,5$ , valor de  $p < 0,001$ ,  $r = 0,824$ ). Tras las diferentes sesiones, los alumnos tienen la percepción de haber mejorado considerablemente en sus habilidades tecnológicas y de diseño (programación y organización), como de hecho pudimos comprobar al proponerles retos.



- Factor 3. Este factor presenta dos subcategorías:
  - Factor 3.1. Opinión de género. En esta subcategoría se detectan pequeños cambios en favor de un acercamiento a la igualdad (valores próximos a "3"): pretest:  $3,63 \pm 0,70$ ; posttest:  $3,43 \pm 0,66$ ;  $V = 1250,0$ , valor de  $p = 0,007$ , con un pequeño tamaño de efecto  $r = 0,23$ ), prevaleciendo el género masculino como el género levemente predominante en estas áreas.
  - Factor 3.2. Opinión sobre el uso de las metodologías IBSE o MBI. En esta subcategoría no se detectan cambios: pretest:  $2,81 \pm 0,91$ ; posttest:  $2,90 \pm 0,97$ ;  $V = 784,5$ , valor de  $p = 0,319$ , opinando del mismo modo tanto al principio como al final de la propuesta, en el que los alumnos apuestan por un método mixto en donde se dé cabida la experimentación y la modelización, sin predominar más una orientación metodológica que otra.

#### *Profundización en la diferenciación por género (Factor 3.1)*

Los alumnos encuestados se componían de un 45,7 % de hombres y un 54,3 % de mujeres. Para este factor, se realizó un *test de Wilcoxon para muestras relacionadas* para el pretest y posttest (mismo género), así como un estudio comparativo intergénero (*Test de U-Mann Whitney para muestras no relacionadas*), a modo de ver diferencias intergrupo. Este estudio dio los siguientes resultados:

- Factor 3.1 (Opinión de género):
  - Efecto de la propuesta: Solamente, en el caso de las mujeres, se muestra un efecto moderado significativo de cambio del pretest al posttest: (mujeres:  $V = 495,0$ ; valor de  $p = 0,002$ ;  $r = 0,361$ ; hombres:  $V = 173,5$ ; valor de  $p = 0,758$ ). Con respecto a los hombres, no se obtuvo un cambio significativo de respuestas, manifestando prácticamente la misma opinión en ambas situaciones, lo que es llamativo (pretest:  $3,69 \pm 0,68$ ; posttest:  $3,66 \pm 0,73$ ). En cambio, en las mujeres, si se observa un cambio significativo moderado (pretest:  $3,57 \pm 0,71$ ; posttest:  $3,24 \pm 0,52$ ), descendiendo la media hacia la igualdad, lo que efectivamente evidencia una mayor aceptación de las chicas en esta área tras la realización de la intervención, fundamentando la necesidad de continuar con este tipo de propuestas, las cuales permiten motivar e integrar más a las mujeres en estas áreas.
  - Comparativa de la situación inicial y final entre los dos géneros: Se observa que se parte de similares opiniones iniciales (pretest:  $W = 1853,0$ ; valor de  $p = 0,272$ ), prácticamente entre el 3,5 y el 3,6, un valor sesgado hacia el género masculino (el nº 3 corresponde a la igualdad). En cambio, al final, se observa un cambio moderado de opinión entre los dos géneros (posttest:  $W = 1439,5$ ; valor de  $p < 0,001$ ;  $r = 0,295$ ), en donde los hombres siguen opinando del mismo modo al final a diferencia de las mujeres, las cuales inclinan un poco más la balanza hacia la igualdad ( $3,24 \pm 0,52$ ), al comprobar que estas áreas son también atractivas para ellas (utilidad y comprensión).

#### Conclusiones:

Podemos concluir tras realizar este proyecto que, efectivamente, el enfoque STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) o CTIM (Ciencias, Matemáticas, Ingeniería, Matemáticas) ha generado una mejora *moderada* en la docencia universitaria gracias a incorporar metodologías activas de enseñanza (IBSE y MBI), ya que ha generado una mayor motivación en estas áreas, incentivando el interés en alumnos. El hecho de introducir la interdisciplinariedad corrobora lo que la pedagogía afirma: una mejora del proceso enseñanza-aprendizaje a través de una educación integral y aplicable (De Pro Bueno y Nortes Martínez-Artero, 2016). Otro aspecto para destacar ha sido el desarrollo de competencias en el uso de la tecnología y la programación: en ambos géneros, los alumnos han mejorado considerablemente sus percepciones en estas habilidades, lo que abre el abanico a reunir actividades que contengan este contenido, capacitando a los alumnos para incorporarlo en su futuro profesional (sensores, placas base, conectores, etc.). El enfoque STEM ha sido capaz de englobar los elementos educativos necesarios (herramientas tecnológicas, enfoques metodológicos y motivación) para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto mediante el "aprender haciendo" (Domènech-Casal et al., 2019; Margot y Kettler, 2019). Esta unificación de tecnología e ingeniería a partir de una metodología basada en el diseño ha permitido mejorar la comprensión de los estudiantes sobre temas científicos complejos, como afirman de hecho So et al. (2018). Además, este proyecto ha facultado la creación de materiales a modo de futura equipación del propio centro universitario, dotándolo de recursos para la enseñanza para años sucesivos (pH metros, estaciones meteorológicas para la toma de datos, etc).

Con respecto al fomento de la igualdad en estas áreas, se ha visto como el papel de la mujer ha sido potenciado gracias a ofertar papeles alternantes de liderazgo dentro de los grupos, incrementando con ello su autoconcepto y autoconfianza, como proponían Rossi Cordero y Barajas Frutos (2015), obteniendo un moderado efecto de mejora en este ámbito. Es de destacar como la visión, tanto de los alumnos como el de las alumnas, es diferente en este aspecto: 1) hombres: pretest:  $3,69 \pm 0,68$ ; posttest:  $3,66 \pm 0,73$ , sin apenas cambio; 2) mujeres: pretest:  $3,57 \pm 0,71$ ; posttest:  $3,24 \pm 0,52$ , obteniendo un moderado cambio significativo hacia la igualdad, como hemos comentado anteriormente ( $V = 495,0$ , valor de  $p = 0,002$ ,  $r = 0,361$ ). Con respecto a los hombres, consideramos que es necesario ofertar situaciones en donde haya algunos grupos mixtos con mayor número de integrantes femeninos, sesiones que deberán estar acompañadas de información en donde se muestre la importancia de la mujer en estos ámbitos a lo largo de la historia y en la actualidad más inmediata (científicas e ingenieras de centros de investigación actuales).

Por otro lado, con respecto a utilizar un enfoque más experimental (IBSE) o un enfoque más de modelización y comprensión de los contenidos (MBI), los alumnos manifiestan el hecho de realizar un enfoque mixto entre ambas metodologías.

Finalmente, para averiguar la efectividad de todo este proyecto de innovación, se han cuantificado todos los ítems del cuestionario y se ha realizado un promedio de los valores obtenidos por la escala de Likert (de 1 a 5). Partiendo de una calificación inicial en el pretest de  $3,39 \pm 0,54$ , se ha conseguido llegar a alcanzar una puntuación total de  $3,88 \pm 0,60$  (posttest) lo que, tras realizar la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, dio como resultado:  $V = 279,5$ ,  $p < 0,001$ , dando con ello un gran tamaño del efecto ( $r = 0,778$ ), lo que significa que la propuesta de innovación presentada ha sido satisfactoria, cumpliendo con los objetivos propuestos.

**Tabla 3**  
*Resultados finales sobre el proyecto de innovación presentado.*

Concepto	Resultados totales		
	Pretest	Posttest	Test de Wilcoxon para muestras relacionadas
Media de la suma total de ítems	$3,39 \pm 0,54$	$3,88 \pm 0,60$	$V = 279,5$ Valor de $p < 0,001$ Gran tamaño de efecto ( $r = 0,778$ )

Nota. Fuente propia.

*Bibliografía empleada en esta memoria:*

- Botero Espinosa, J. (2018). *Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Stilo Impresores LTDA.
- Cobos Alvarado, F., Peñaherrera León, M. y Ortiz Colon, A. M. (2016). Validation of a questionnaire on research-based learning with engineering students. *Journal of Technology and Science Education*, 6(3), 219. <https://doi.org/10.3926/jotse.227>
- De Pro Bueno, A. y Nortes Martínez-Artero, R. M. (2016). ¿Qué pensaban los estudiantes de la diplomatura de maestro de educación primaria sobre las clases de ciencias de sus prácticas de enseñanza? *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(1), 7. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1762>
- Deng, L. y Chan, W. (2017). Testing the Difference Between Reliability Coefficients Alpha and Omega. *Educational and Psychological Measurement*, 77(2), 185-203. <https://doi.org/10.1177/0013164416658325>
- Domènech-Casal, J., Lope, S. y 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), 1-16. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i2.2203](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203)
- Margot, K. C. y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Mcmillan, J. H. y Schumacher, S. (2012). *Research in Education: Evidence-Based Inquiry* (seventh ed). Pearson Education. <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Mc-Millan-Research-in-Education-Evidence-Based-Inquiry-7th-Edition/PGM153294.html>
- Moafian, F., Ostovar, S., Griffiths, M. D. y Hashemi, M. (2019). The construct validity and reliability of the 'characteristics of successful efl teachers questionnaire (Coseflt-q)' revisited. *Porta Linguarum*, 2019(31), 53-73.
- Peters, G. (2014). The alpha and the omega of scale reliability and validity: why and how to abandon Cronbach's

alpha and the route towards more comprehensive assessment of scale quality. *The European health psychologist*, 16(2), 56-69. <https://doi.org/10.31234/osf.io/h47fv>

Rossi Cordero, A. E. y Barajas Frutos, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(3), 59-76. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1481>

So, W. W. M., Zhan, Y., Chow, S. C. F. y Leung, C. F. (2018). Analysis of STEM Activities in Primary Students' Science Projects in an Informal Learning Environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1003-1023. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9828-0>

### Results obtained (In English)

A questionnaire was developed, consisting of 10 items scored on a Likert scale from 1 to 5, with different contexts for each question (see Table 1). We tried to find out the motivations, concerns and knowledge of the STEM approach, as well as gender-related aspects and the most appropriate methods to be used in the classroom, both at the beginning and at the end of the project (pre-test-post-test). Among the different students interviewed, 250 in total, 129 results were finally reported due to experimental mortality (illness, absence, travel...). The questionnaire designed by the teachers of this project is shown in Table 1:

**Table 1**

*Questionnaire for measuring the initial and final situation of students (pre-test, post-test).*

Item	Questions	Answers
1	What do you know about educational aspects of electrical circuits, programming and using sensors?	Null (1) (2) (3) (4) (5) Excellent
2	Are you interested in learning more about programming, robotics and sensors to use as a teacher?	No, it is not necessary (1) (2) (3) (4) (5) Yes, I am interested
3	Is it a good idea to bring together mathematics, science, technology and engineering for learning?	No, not at all (1) (2) (3) (4) (5) Yes, very convenient
4	What are your interests in relation to programming, computers, integrated circuits, the use of sensors and electronics?	None (1) (2) (3) (4) (5) Quite
5	If you understand the concepts of electricity (voltage, current and resistance), could they be useful in your everyday life?	I don't think so (1) (2) (3) (4) (5) Yes, a lot
6	How do you see computer programming (codes, languages)?	Unintelligible (1) (2) (3) (4) (5) Understandable and useful
7	How important will the teaching of programming be for primary school students?	None (1) (2) (3) (4) (5) Very much
8	Do you think that the design and computer programming of a home weather station would be too difficult for you?	Yes, totally (1) (2) (3) (4) (5) No, it is feasible
9	Programming and technology, use of sensors... According to your point of view and interest, will mainly appeal to: (the value 3 corresponds equally to boys and girls. The other values are gender-specific).	Girls (1) (2) (3) (4) (5) Boys
10	What makes a better understanding of phenomena: constant experimentation or the comprehension of the event?	Experimentation (1) (2) (3) (4) (5) Comprehension

Note: Own source.

This questionnaire collected the students' first and last names, as well as the course involved, while preserving privacy to allow the results to be compared later. A pre-experimental design (Mcmillan and Schumacher, 2012) was established with a single pre-test post-test group (before and after the procedure). The dimensions of the questions



were as follows: 1) importance of the interdisciplinary component, 2) didactic benefits of using technology and the need to include it, 3) gender equality aspects and their implementation, 4) motivation, 5) competences acquired, and 6) comparison between manipulative activities (IBSE) and modelling (MBI) to achieve meaningful learning.

Factor analysis was used to assess the validity of the instrument. The Kaiser-Meyer-Olkin factorial adequacy (KMO), which correlates pairs of variables, produces the following results, both for the pre-test and for the post-test: 1) Pretest: 0.71, giving a value of 213.17 ( $p < 0.001$ ) for Barlett's test of sphericity, and 2) posttest: 0.86 and a Barlett's sphericity test value of 407.72 ( $p < 0.001$ ). These data indicate that the responses are highly correlated. This leads to clusters of items grouped into different factors (Cobos Alvarado et al., 2016; Moafian et al., 2019). When the factor analysis was carried out, a total of three factors were obtained by using the Kaiser-Guttman criterion (eigenvalues greater than 1). For this purpose, the Varimax rotation method with Kaiser normalisation was used, which explained 53.5% of the variance, which is correct. The three factors obtained from of the 10 items were categorised as follows: 1) *Factor 1*: motivation, interest and usefulness of the STEM approach by students; 2) *Factor 2*: skills in the use of technology and programming and 3) *Factor 3*: opinions regarding (subcategories): 3.1) gender and 3.2) use of IBSE or MBI methodologies. These factors are summarised in the following table (Table 2):

**Table 2**  
*Obtained factors from factor analysis and characteristics.*

	<b>Factor 1</b> <i>STEM motivation, interest and usefulness</i>	<b>Factor 2</b> <i>Technological and programming skills</i>	<b>Factor 3</b> <i>Gender equality and methodologies use</i>
<b>Items (pretest / posttest)</b>	<b>2, 3, 4, 5, 7</b>	<b>1, 6, 8</b>	<b>9, 10</b>
% Variance	28.5	13.2	11.8
% Accumulated	28.5	41.7	53.5
Kaiser-Guttman criteria (Values > 1)	1.69	1.15	1.09

*Note:* Own source.

The reliability of the results was ensured by measuring internal consistency parameters by using Cronbach's alpha criterion (Deng and Chan, 2017; Mcmillan and Schumacher, 2012; Peters, 2014). The alpha value gave the following results 1)  $\alpha_{\text{pre-test}} = 0.68$ ; 2)  $\alpha_{\text{post-test}} = 0.80$ . The alpha value shows a moderate but acceptable reliability in the first instance, which improves after the performance of the different sessions, giving an overall reliability to the obtained results.

Next, an inferential study of the three previously obtained factors was carried out using the open-source R statistical programme (version 4.2.2) from the Rstudio programme (version 2023.03.0), using the Wilcoxon test for pre-test-post-test related samples, obtaining the following results:

- *Factor 1* (motivation, interest and usefulness of the STEM approach by students):
  - A moderately significant change in this category is obtained (pre-test:  $3.60 \pm 0.68$ ; post-test:  $3.89 \pm 0.70$ ;  $V = 1104.0$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ,  $r = 0.492$ ). We can see that the starting point of this factor was slightly satisfactory and, after the proposal, there is a moderate improvement in the importance of using the STEM approach in teaching, both in their orientation in its use at the university and in their perception in its future use in their professional practice, as indicated to us by the students (interviews) during the practical sessions.
- *Factor 2* (skills in the use of technology and programming):
  - A large significant change is obtained in this category (pre-test:  $2.48 \pm 0.78$ ; post-test:  $3.56 \pm 0.79$ ;  $V = 92.5$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ ,  $r = 0.824$ ). After the different sessions, the students perceived that they had improved considerably in their technological and designing skills (programming and organisation), as we were able to verify when we proposed challenges to them.
- *Factor 3*. This factor has two subcategories:
  - *Factor 3.1 Gender opinion*. In this subcategory, small changes were detected in terms of an equity approach (values close to "3"): pre-test:  $3.63 \pm 0.70$ ; post-test:  $3.43 \pm 0.66$ ;  $V = 1250.0$ ,  $p\text{-value} =$

0.007, with a small effect size of  $r = 0.23$ ), prevailing the male gender as the slightly predominant gender in these areas.

- Factor 3.2 Opinion regarding to the use of IBSE or MBI methodologies. No changes were detected in this subcategory: pre-test:  $2.81 \pm 0.91$ ; post-test:  $2.90 \pm 0.97$ ;  $V = 784.5$ ,  $p$ -value = 0.319, showing the same opinion both at the beginning and at the end of the proposal, in which the students support a mixed method combining experimentation and modelling with equal priority.

#### *Deepening of gender differentiation (Factor 3.1)*

There were 45.7% males and 54.3% females among the students surveyed. For this factor, a paired sample Wilcoxon signed rank test was carried out for the pre-test and the post-test (same sex), as well as a comparison study between the sexes for the corresponding pre-test and post-test (U-Mann Whitney test for unrelated samples) to see the differences between the groups. The results of this study were as follows:

- Factor 3.1 (Gender opinion).
  - Effect of the proposal: Only for women is there a moderately significant effect of change from pre-test to post-test: (women:  $V = 495.0$ ;  $p$ -value = 0.002;  $r = 0.361$ ; men:  $V = 173.5$ ;  $p$ -value = 0.758). As far as men are concerned, there was no significant change in their answers. They expressed practically the same opinion in both situations, which is very striking (pre-test:  $3.69 \pm 0.68$ ; post-test:  $3.66 \pm 0.73$ ). On the other hand, a moderately significant change was observed in women (pre-test:  $3.57 \pm 0.71$ ; post-test:  $3.24 \pm 0.52$ ), with a decrease in the mean towards equality, which demonstrates a greater acceptance of girls in this field after the intervention, thus supporting the need to continue with this type of proposals, allowing to motivate and integrate more women in these fields thanks to the STEM approach and the methodologies used. Only for women is there a moderately significant effect of change from pre-test to post-test: (women:  $V = 495.0$ ;  $p$ -value = 0.002;  $r = 0.361$ ; men:  $V = 173.5$ ;  $p$ -value = 0.758). As far as men are concerned, there was no significant change in their answers. They expressed practically the same opinion in both situations, which is very striking (pre-test:  $3.69 \pm 0.68$ ; post-test:  $3.66 \pm 0.73$ ). On the other hand, a moderately significant change was observed in women (pre-test:  $3.57 \pm 0.71$ ; post-test:  $3.24 \pm 0.52$ ), with a decrease in the mean towards equality, which demonstrates a greater acceptance of girls in this field after the intervention, thus supporting the need to continue with this type of proposals.
  - Initial and final gender comparison: It can be seen that we start from similar initial opinions (pre-test:  $W = 1853.0$ ;  $p$ -value = 0.272), practically between 3.5 and 3.6, a value biased towards the male gender (no. 3 corresponds to equality). On the other hand, at the end, there is a moderate change of opinion between the two genders (post-test:  $W = 1439.5$ ;  $p$ -value < 0.001;  $r = 0.295$ ), where men have the same opinion at the end, unlike women, who are slightly more inclined towards equality ( $3.24 \pm 0.52$ ), finding that these areas are also attractive to them (usefulness and understanding).

#### Conclusions

We can conclude after carrying out this project, that the STEM approach (Science, Technology, Engineering and Mathematics) has indeed produced a moderate improvement in university teaching thanks to the incorporation of active teaching methodologies (IBSE and MBI), providing greater motivation in these areas. The fact of introducing interdisciplinarity confirms what pedagogy affirms: an improvement in the teaching-learning process through a comprehensive and applicable education (De Pro Bueno and Nortes Martínez-Artero, 2016). Another aspect to highlight has been the development of competences in the use of technology and programming: in both genders, students have considerably improved their perceptions, opening the range for gathering this type of activities, enabling students to incorporate it in their professional lives (sensors, motherboards, connectors, etc.). The STEM approach has been able to bring together the necessary educational elements (technological tools, methodological approaches and motivation) to achieve the objectives proposed in this project through "learning by doing" actions (Domènech-Casal et al., 2019; Margot and Kettler, 2019). This unification of technology and engineering from a design-based methodology has improved students' understanding of scientific topics, as stated by So et al. (2018). In addition, this project has enabled the creation of materials as future equipment for the university centre itself, equipping it for subsequent years (pH meters, weather stations for data collection, etc.).

Regarding the promotion of gender equality in these areas, the role of women has been enhanced by offering alternating leadership roles within the groups, increasing their self-concept and self-confidence, as proposed by Rossi Cordero and Barajas Frutos (2015), obtaining a moderate effect of improvement in this area. It is noteworthy how the vision of both male and female students is different in this aspect: 1) men: pre-test:  $3.69 \pm 0.68$ ; post-test:  $3.66 \pm 0.73$ , with hardly any change; 2) women: pre-test:  $3.57 \pm 0.71$ ; post-test:  $3.24 \pm 0.52$ , obtaining a moderate significant change towards equity, as mentioned above ( $V = 495.0$ ,  $p$ -value = 0.002,  $r = 0.361$ ). With respect to men,

we consider that it is necessary to offer situations in which there were some mixed groups with a greater number of female members, sessions that should be accompanied by information where the importance of women in these fields throughout history to the present were shown (women scientists and engineers in current research centres).

On the other hand, regarding the use of a more experimental approach (IBSE) or a more modelling and understanding approach (MBI), the students report a mixed approach between both methodologies.

Finally, to quantify the effectiveness of this innovation project, all the items of the questionnaire were quantified, and an average of the values obtained on the Likert scale (from 1 to 5) was calculated. Starting from an initial pre-test score of  $3.39 \pm 0.54$ , a total score of  $3.88 \pm 0.60$  (post-test) was achieved, obtaining from the Wilcoxon test for related samples a large effect size ( $V = 279.5$ ,  $p < 0.001$ ,  $r = 0.778$ ), which means that the proposed innovation project has been successfully implemented, fulfilling the proposed objectives.

**Table 3**  
*Results on the presented innovation project.*

Results			
Concept	Pre-test	Post-test	Wilcoxon test for related samples
Average values	$3.39 \pm 0.54$	$3.88 \pm 0.60$	$V = 279.5$ $p\text{-value} < 0.001$ Large effect size ( $r = 0.778$ )

Note: Own source.

*Bibliography:*

- Botero Espinosa, J. (2018). *Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Stilo Impresores LTDA.
- Cobos Alvarado, F., Peñaherrera León, M. and Ortiz Colon, A. M. (2016). Validation of a questionnaire on research-based learning with engineering students. *Journal of Technology and Science Education*, 6(3), 219. <https://doi.org/10.3926/jotse.227>
- De Pro Bueno, A. and Nortes Martínez-Artero, R. M. (2016). ¿Qué pensaban los estudiantes de la diplomatura de maestro de educación primaria sobre las clases de ciencias de sus prácticas de enseñanza? *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(1), 7. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1762>
- Deng, L. and Chan, W. (2017). Testing the Difference Between Reliability Coefficients Alpha and Omega. *Educational and Psychological Measurement*, 77(2), 185-203. <https://doi.org/10.1177/0013164416658325>
- Domènech-Casal, J., Lope, S. and 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), 1-16. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i2.2203](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203)
- Margot, K. C. and Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Mcmillan, J. H. and Schumacher, S. (2012). *Research in Education: Evidence-Based Inquiry* (seventh ed). Pearson Education. <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Mc-Millan-Research-in-Education-Evidence-Based-Inquiry-7th-Edition/PGM153294.html>
- Moafian, F., Ostovar, S., Griffiths, M. D. and Hashemi, M. (2019). The construct validity and reliability of the 'characteristics of successful efl teachers questionnaire (Coseft-q)' revisited. *Porta Linguarum*, 2019(31), 53-73.
- Peters, G. (2014). The alpha and the omega of scale reliability and validity: why and how to abandon Cronbach's alpha and the route towards more comprehensive assessment of scale quality. *The European health psychologist*, 16(2), 56-69. <https://doi.org/10.31234/osf.io/h47fv>
- Rossi Cordero, A. E. and Barajas Frutos, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(3), 59-76. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1481>
- So, W. W. M., Zhan, Y., Chow, S. C. F. and Leung, C. F. (2018). Analysis of STEM Activities in Primary Students' Science Projects in an Informal Learning Environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1003-1023. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9828-0>

Las distintas actividades desarrolladas, junto al material elaborado (diapositivas, programación Arduino, imágenes) se prepararon para ser alojados en la plataforma del centro de magisterio La Inmaculada, centro adscrito a la Universidad de Granada (<https://plataforma.cmlt.es/>) de forma que estuvieran disponibles para los estudiantes. Posteriormente se realizó una memoria de las actividades realizadas junto con la información facilitada al alumnado, la cual ha sido publicada en la página web de acceso libre de nuestro propio centro, de forma que esté disponible para toda la comunidad universitaria (<https://cmlt.es/investigacion/proyecto-istemduino/>). Durante la realización de las actividades, se fue publicitando las diferentes actuaciones mediante redes sociales (Facebook: <https://www.facebook.com/cmlainmaculada/>, Twitter: <https://twitter.com/EULAINMACULADA> e Instagram: <https://www.instagram.com/cmlainmaculada/>).

Los materiales que se han desarrollado pueden emplearse en otros grados, recomendando principalmente los grados de Educación primaria e infantil de otros centros, los grados de Química, Matemáticas, Geología, Física, Ciencias ambientales y Pedagogía, de modo que puedan integrar asignaturas con corte multidisciplinar en su realización. Al estar los materiales alojados en una web abierta al público (la indicada anteriormente), cualquier universidad que quiera implementarlos a su docencia puede hacerlo sin problema.

Afirmamos que estos recursos y productos creados supondrán una mejora de la docencia práctica universitaria en asignaturas como las matemáticas y las ciencias experimentales, en donde la tecnología y la ingeniería dotarán de la aplicabilidad experimental necesaria para comprender mejor los contenidos. En el caso de la programación con Scratch, no son necesarios recursos exclusivos ya que solo se requiere de dispositivos electrónicos como móviles, tabletas u ordenadores, o, en caso de necesidad, la propia sala de informática de cada centro. También pueden emplearse estos dispositivos para simular, mediante softwares online como Tinkercad, placas base, LEDes, resistencias, las placas Arduino y Protoboard, pantallas LCD, etc. Por otro lado, si se quiere hacer de forma más práctica, solo serán necesarios kits básicos de Arduino, los cuales incluyen el material necesario para introducir la tecnología y la ingeniería en las aulas (placas Protoboard, sensores básicos de humedad y temperatura, motores, LEDes, cables e interruptores), siendo todos ellos materiales low-cost.

Además, se pretenderá dar difusión al proyecto a través de la publicación de un artículo científico, que en estos momentos está en fase de escritura, a través de una revista indexada en bases de datos reconocidas como SCOPUS o revistas de reconocido factor de impacto (JCR o SJR), en concreto se va a enviar a la revista "Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas" así como la posibilidad de participar en congresos de innovación docente comentando la propuesta y sus resultados.

#### **Dissemination and application of the project to other areas of knowledge and universities (In English)**

The different developed activities, together with the prepared material (slides, Arduino programming, images) were arranged to be hosted on the platform of the teacher training centre of La Inmaculada, a centre attached to the University of Granada (<https://plataforma.cmlt.es/>) in order to make them available to students. Subsequently, a report of the activities with the information provided to the students was made available to the whole university community and published on the open access website of our own centre (<https://cmlt.es/investigacion/proyecto-istemduino/>). During the activities, the different actions were posted on the social networking sites (Facebook: <https://www.facebook.com/cmlainmaculada/>, Twitter: <https://twitter.com/EULAINMACULADA> and Instagram: <https://www.instagram.com/cmlainmaculada/>).

The materials can be used in other courses. They are particularly recommended for primary and early childhood university education courses in other centres, as well as for chemistry, mathematics, geology, physics, environmental sciences and pedagogy courses, in order to integrate subjects with a multidisciplinary approach as part of their implementation. As the materials are hosted on an open-access website (see above), universities can easily implement them.

We affirm that the resources and products created will improve the practical teaching of mathematics and experimental sciences at university level, where technology and engineering will provide the necessary experimental applicability for a better understanding of the content. In the case of Scratch programming, exclusive resources are not required, as only electronic devices such as smartphones, tablets or computers are needed, or, if necessary, each centre's own computer room. Online software such as Tinkercad can also be used to simulate motherboards, LEDs, resistors, Arduino and Protoboard boards, LCD screens, etc. Alternatively, for a more hands-on approach, a basic Arduino kit can be purchased that contains the materials needed to introduce technology and engineering into the classroom (PCBs, basic humidity and temperature sensors, motors, LEDs, cables and switches), all of which are inexpensive materials.

In addition, the project will be promoted through the publication of a scientific article in progress in an indexed and recognised journal, such as SCOPUS, or in journals with a recognised impact factor (JCR or SJR), in particular, it will be submitted to the journal "Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas". It will also be possible to have the proposal presented at congresses on innovation in teaching.

#### F. Estudio de las necesidades para la incorporación a la docencia habitual

En los grados de educación infantil y primaria de las universidades se observa la necesidad de incorporar recursos y metodologías que permitan hacer más atractivas la enseñanza de las matemáticas y las ciencias experimentales debido a la mala experiencia generalizada que presenta este alumnado en su etapa anterior de bachillerato o ESO, aspecto que está creciendo conforme se incorporan nuevas promociones a los grados, agravándose el problema, sobre todo más en las mujeres que en los hombres. La forma elegida en este proyecto ha sido el incluir aspectos clave como herramientas tecnológicas para mejorar la motivación y la docencia práctica, generar situaciones de transferencia y de indagación, metodologías activas (IBSE y MBI), de modo que lo estudiado en el aula forme parte de lo que el alumno se va a encontrar en la sociedad, siendo más práctico que abstracto, gracias a confeccionar un esquema metodológico de diseño facilitado por la ingeniería, parte integrante del enfoque STEM.

Por otro lado, la nueva ley de educación, en concreto, en el Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria, se organizan unas nuevas directrices sobre la enseñanza de las matemáticas y las ciencias, creándose una nueva competencia denominada *competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM)*, en donde es necesario que el alumno diseñe proyectos y prototipos tecnológicos, así como modelos, generando un producto. Este enfoque no se encuentra en los grados universitarios de educación primaria e infantil y, por tanto, los futuros profesionales de la educación deben de conocer y experimentar como desarrollar por ellos mismos esta competencia para, posteriormente, fomentarla en las aulas, de ahí la razón de la creación de este proyecto de innovación, para poder confeccionar una solución plausible que se adapte a dichos cambios, los cuales aún no se encuentran disponibles en los planes de estudios de dichos grados.

Tras haberlo realizado, consideramos que es posible implementar esta competencia adaptando los seminarios prácticos de las asignaturas implicadas bajo este enfoque, introduciendo lo que el docente considere necesario junto con los cambios oportunos, destacando que lo más importante es confeccionar una metodología basada en el diseño y en la generación de un producto. Por otro lado, las clases teóricas también pueden beneficiarse a través de ejemplos prácticos de la teoría propuestos por el docente, en donde la indagación grupal sea la clave para resolver el problema propuesto a partir de un enfoque interdisciplinar en la medida de lo posible.

#### G. Puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora

Como puntos fuertes de este proyecto podemos destacar el incluir nuevos recursos que mejoren el aprendizaje de las materias involucradas, así como de una puesta al día más “tecnológica”. Por otro lado, al incluir el componente interdisciplinar, se ha conseguido confeccionar una propuesta más realista y práctica, haciendo que el profesorado trabaje conjuntamente, ofreciendo con ello una sinergia positiva entre disciplinas, integrando opiniones y mejoras, dotando al profesorado de herramientas para trabajar de forma colaborativa (reuniones de trabajo, contraste de contenidos, documentos en la nube junto con sus posteriores correcciones, selección de recursos y materiales...). Ello también ha generado nuevas estrategias que han permitido ofrecer al alumnado mejores explicaciones de los contenidos gracias a una visión más holística de la materia, con carácter más motivacional y con mayor aplicación para la vida diaria. El material que se emplea no es costoso (kit básico de Arduino), siendo algunos gratuitos cuando se trata de utilizar la programación en línea para crear algún programa mediante el uso de terminales móviles (teléfono, tabletas, ordenadores, etc.). Además, este proyecto ha permitido una actualización del profesorado con respecto a recursos y contenido, consolidando un ejercicio de buenas prácticas, lo que es un acierto. Los productos derivados de dicho proyecto constituyen recursos didácticos para años venideros, reponiéndose el material en caso de que sea necesario. Ha permitido también una actualización de los seminarios y las clases prácticas, dotando al centro de un carácter más tecnológico e innovador. Los productos creados (programas para el control de diversos sensores o simplemente programas interactivos) son recursos extrapolables a otros docentes de diferentes grados universitarios.

Con respecto a las dificultades, lo primero a destacar es la formación del profesorado en tecnología, ingeniería y programación. El profesorado necesita realizar cursos básicos especializados de programación con Scratch y Arduino para llevar a cabo la propuesta. Por otro lado, también es necesario efectuar una compra mínima de material, como varios kits, sensores, material de electrónica... para dotar el aula de unos recursos mínimos para utilizar de forma grupal por el alumnado. En este aspecto, debido a la falta de presupuesto, no se pudieron adquirir los sensores de pulso cardíaco, los de CO<sub>2</sub> y los kits específicos de estaciones meteorológicas, optándose por la utilización los kits de Arduino, adaptando la docencia, creando estaciones meteorológicas con los sensores que portan estos kits. Con respecto al alumnado, el seguimiento y el compromiso al realizar las diferentes actividades a lo largo del semestre tuvo una pérdida de datos (enfermedad de alumnos, ausencias, viajes) y sucediendo lo que se denomina en estadística la “mortalidad experimental”, pero no fue del todo grave ya que la muestra final fue representativa (129 alumnos).

Como posibles opciones de mejora, se podría comprar el material faltante para fortalecer la propuesta durante un año académico (dos semestres), fomentando aún más la igualdad, secuenciando y reforzando los contenidos a



modo de seminarios. En una futura edición, se podrían implementar diferentes avances tecnológicos, como la impresión en 3D, robótica, la domótica o la realidad aumentada, creando nuevas actividades con diferentes recursos. Otra posibilidad podría consistir en incluir más áreas, como por ejemplo las artes, implicando la aplicabilidad del enfoque STEAM, introduciendo actividades en donde el arte ("A") adquiriera una mayor importancia curricular, consiguiendo con ello introducir más asignaturas y profesorado (música, literatura española, lengua extranjera, artes plásticas), constituyendo un proyecto totalmente globalizador dentro de los grados universitarios.

Otra posible opción de mejora para la comunidad universitaria es la creación de un curso abierto al público como, por ejemplo, utilizar la plataforma OpenCourseWare de la Universidad de Granada para promocionar la posibilidad de realizar STEM en cualquier grado, instruyendo al profesorado sobre cómo realizar la propuesta, los materiales, programas y recursos para adaptarlos a su docencia en el grado correspondiente.