

Comprensión de algunas características de la ingeniería en maestros en formación

Understanding of some engineering characteristics of teachers in training

Rodrigo M. Carbajo-Barbero¹, Jairo Ortiz-Revilla^{1*} e Ileana M. Greca¹

¹Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Educación, Universidad de Burgos, C/ Villadiego, 1, 09001 Burgos. España

*E-mail: jortizr@ubu.es

Resumen

El objetivo de este estudio cuasiexperimental es conocer la comprensión de algunas características de la ingeniería y de la metodología del diseño de ingeniería que presentan los maestros en formación. Para ello, se realizó un pretest y un postest a una muestra de 64 alumnos antes y después de trabajar el diseño de ingeniería en la asignatura Investigación e Innovación en el Aprendizaje del Conocimiento del Medio del Grado en Maestro de Educación Primaria de la Universidad de Burgos (España). Los resultados obtenidos muestran ciertas mejoras en la comprensión de algunas características de la ingeniería y de su metodología, aunque permanecen algunas ideas ingenuas que podrían impedir que los docentes aplicasen esta metodología en sus clases. Por tanto, consideramos necesario seguir trabajando en esta línea para poder aprovechar el potencial de esta metodología.

Palabras clave: Naturaleza de la ingeniería; Diseño de ingeniería; Formación del profesorado; Educación Primaria; CTIM.

Abstract

The objective of this quasi-experimental study is to learn about the understanding of some characteristics of engineering and engineering design methodology presented by teachers in training. For this purpose, a pretest and a posttest were carried out on a sample of 64 students before and after working on engineering design in the subject Research and Innovation in the Learning of the Knowledge of the Environment of the Degree in Primary Education at the University of Burgos (Spain). The results obtained show certain improvements in the understanding of some characteristics of engineering and its methodology, although some naive ideas remain that could prevent teachers from applying this methodology in their classes. Therefore, we consider it necessary to continue working in this line in order to take advantage of the potential of this methodology.

Keywords: Nature of engineering; Engineering design; Teacher training; Primary education; STEM.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño de ingeniería, además de ser el proceso mediante el cual los ingenieros resuelven problemas y desarrollan productos, representa una metodología activa que promueve la creatividad para resolver problemas y desarrolla destrezas como la toma de decisiones y la consideración de alternativas (Ting, 2016; Shahali *et al.*, 2016). Enseñar estos aspectos es necesario y actualmente existe una preocupación en el profesorado por incorporar más actividades que impliquen estrategias de resolución de problemas (Yasin *et al.*, 2012).

El diseño de ingeniería puede ser aplicado en lo que conocemos como educación CTIM integrada (Ortiz-Revilla *et al.*, 2021), que integra las ciencias, la tecnología, la propia ingeniería y las matemáticas, ya que aporta beneficios como

el aumento considerable de la motivación e interés de los estudiantes hacia las disciplinas relacionadas, al proporcionar escenarios más reales y un ambiente activo de aprendizaje (Shahali *et al.*, 2016; Ting, 2016). Sin embargo, aunque la implementación de la metodología del diseño de ingeniería dentro de propuestas CTIM integradas está presentando un buen impacto en la Educación Secundaria Obligatoria, aparecen varias limitaciones cuando se trata de edades menores, surgiendo así la necesidad de su potenciación desde etapas educativas más tempranas (Shahali *et al.*, 2016).

Por otro lado, Guzey *et al.* (2017) afirman que el profesorado no está óptimamente formado para implementar el diseño de ingeniería, siendo necesario promover estrategias para desarrollar un aprendizaje integrado e interdisciplinario. Consecuentemente, dichos autores explican que existe la necesidad de investigar la concepción de los maestros en formación sobre el pensamiento ingenieril para mejorar el desarrollo de la enseñanza mediante esta metodología, con el objetivo de que conozca más sobre la naturaleza y la práctica de la integración de ciencias e ingeniería y sobre cómo conseguir beneficios en el aprendizaje de su alumnado. En este sentido, en un estudio realizado por Schnittka (2012) se concluye que, a pesar de un miedo inicial al cambio metodológico por parte de los docentes, los resultados obtenidos son muy positivos incluso para alumnado con dificultades de aprendizaje; afirmando también que se debe pensar en cómo el profesorado tiene que poner en práctica las actividades desde el diseño de ingeniería.

Ante este panorama y, en aras de comprender las necesidades de formación acerca de la metodología del diseño de ingeniería, el objetivo de este estudio es conocer la comprensión de algunas de las características de las formas en que los ingenieros piensan y solucionan problemas que presentan los maestros de Educación Primaria en formación que recibieron un corto entrenamiento sobre la metodología del diseño de ingeniería.

II. MARCO TEÓRICO

La ingeniería se enfoca en resolver problemas con ciertas limitaciones o restricciones, a partir de conocimientos científicos y matemáticos, así como de herramientas tecnológicas (National Research Council [NRC], 2009), siendo el proceso de diseño de ingeniería el dominio de los conocimientos y de la práctica de la ingeniería (NRC, 2012).

Según Deniz *et al.* (2020) existe una concepción general de que el diseño de ingeniería incluye tres ideas o fases que lo componen. La primera es definir el problema, y se refiere a describir y delimitar los problemas a resolver. Esta parte debe ser lo más clara posible en términos de criterios de éxito y limitaciones. Para obtener esta precisión es indispensable que el alumnado piense en profundidad en las necesidades del problema. En este sentido, no solo se debe considerar el uso final, sino también pensar en asuntos sociales y ambientales, de manera que se incentive la preocupación por los posibles efectos, ya sean intencionados o no. La siguiente fase es el diseño, que trata de diseñar las posibles soluciones, siendo estas evaluadas para observar cuáles se ajustan mejor a los criterios establecidos anteriormente. Por último, se encuentra la fase de optimización. El proceso que requiere optimizar las soluciones diseñadas consiste en probar, analizar resultados y refinar el diseño sistemáticamente hasta alcanzar una solución final, que sea la óptima. Así, el alumnado debe realizar este ciclo varias veces para conseguir el mejor resultado (NRC, 2009). También es importante que los estudiantes sean capaces de incorporar las limitaciones en sus actividades de diseño (Merril *et al.*, 2008). En este sentido, según Yu *et al.* (2020) el conocimiento científico junto con el pensamiento crítico son la base del diseño de ingeniería que posteriormente desemboca en el producto diseñado. Estos autores concluyen que cuando el conocimiento científico es aplicado junto con el pensamiento crítico es cuando tiene influencia en el proceso de diseño de ingeniería.

Varios autores afirman que aplicar el diseño de ingeniería en el marco de la educación CTIM integrada, viabiliza que las ciencias y la ingeniería se estudien conjuntamente (Kaya *et al.*, 2017; Pleasants y Olson, 2018). Según el estudio de English y King (2015) los estudiantes pueden potenciar su aprendizaje sobre ingeniería aplicando este enfoque, consiguiendo diseñar y rediseñar, siendo necesario un equilibrio adecuado entre la aportación de nuevos conceptos por parte del profesorado y la aportación del alumnado al elegir como aplicar su propio aprendizaje. Según Moore *et al.* (2014) los requisitos importantes que debe tener un currículo CTIM son los siguientes:

- El contexto debe ser relevante a la vez que motivante para que el alumnado desarrolle su aprendizaje.
- El alumnado debe participar en el proceso de diseño para desarrollar su creatividad y sus habilidades de pensamiento; además, debe tener la oportunidad de aprender del fracaso mediante el rediseño.
- Los principales objetivos deben incluir contenidos significativos de matemáticas y ciencia.

III. METODOLOGÍA

A. Diseño

Se presenta un estudio cuasiexperimental, con la aplicación de pretest-postest sin grupo de control (Bisquerra Alzina, 2004) antes y después de una intervención corta sobre la metodología del diseño de ingeniería, enmarcada dentro del abordaje CTIAM integrado que es el foco de la asignatura de Investigación e Innovación en el Aprendizaje del Conocimiento del Medio del Grado en Maestro de Educación Primaria. Dicha asignatura tiene entre sus competencias adquirir por el alumnado la capacidad de análisis, síntesis, organización, planificación, trabajo en equipo, resolución de problemas, toma de decisiones y creatividad. Estas competencias se ven reflejadas durante toda la asignatura y, consecuentemente, también en la parte de la misma en la que se trabaja el diseño de ingeniería.

En este contexto, para trabajar el diseño de ingeniería se proponen situaciones problema que el alumnado debe resolver en equipos de tres o cuatro personas. Las situaciones difieren unas de otras e incluyen siempre el diseño de ingeniería a través del enfoque CTIAM. El profesorado actúa como guía, el alumnado debe resolver la situación que se le plantea y de toda la configuración, confección y construcción de los diseños. En primer lugar, se analiza la situación problema; sigue una lluvia de ideas para buscar soluciones. Tras compartir ideas y diseñar varios bocetos, el grupo se decide por uno que aúne todas las características requeridas. Con el boceto seleccionado, cada grupo inicia la creación utilizando materiales asequibles y, en ocasiones, proporcionados por el profesorado. Por último, el alumnado debe elaborar una ficha donde expone su trabajo de manera visual y concisa acompañada de una presentación oral.

B. Participantes

La muestra se compuso por alumnado de dos grupos de cuarto curso del Grado en Maestro de Educación Primaria de la Universidad de Burgos (España) cursantes de la asignatura Investigación e Innovación en el Aprendizaje del Conocimiento del Medio, formando un total de 64 sujetos (18,75 % hombres y 81,25 % mujeres). Su nivel de estudios previos era mayoritariamente Bachillerato, Grado superior o Ciclo Formativo (68,8 %), frente al 21,9 % que ya poseía otra formación universitaria y al 9,3 % que contaba con Bachillerato y con un Grado Superior o Ciclo Formativo. Los estudios de la mayoría de la muestra procedían de la rama de Humanidades o Ciencias Sociales (70,31 %), siendo Ciencias (23,43 %) y ambas ramas (6,26 %) las menos representadas.

C. Recolección de datos

Para la recolección de los datos, se empleó una adaptación al campo de la ingeniería del instrumento VOSI (Views Of Scientific Inquiry). Según Schwartz *et al.* (2008) este instrumento es parecido y, a menudo, se solapa con el instrumento VNOS (Views Nature Of Science), siendo los aspectos del VOSI más referidos a procesos de investigación y al cómo se genera y se acepta el conocimiento, mientras que los aspectos del VNOS se refieren más al producto de investigación y al conocimiento científico. Dichos autores afirman que el instrumento VOSI podría ser más relevante para la enseñanza de las ciencias. En el Anexo 1 se presenta el instrumento completo, cuyo objetivo, en paralelo con el del VOSI, es evaluar la comprensión sobre el proceso de adquisición y uso del conocimiento por parte de los ingenieros durante la aplicación de la metodología del diseño de ingeniería.

D. Análisis de datos

En primer lugar, se recogieron todas las respuestas del pretest y del postest en dos documentos Excel reportados por sendos formularios Google Forms. A continuación, se categorizaron las respuestas de los estudiantes. La primera plantilla de categorización fue elaborada consultando un 10 % de respuestas de manera aleatoria y posteriormente modificada con base en las necesidades encontradas en la lectura del total de las respuestas. Esta plantilla conectó las respuestas de los estudiantes con números que correspondían a la totalidad de tipos de respuesta. Debido al carácter cualitativo que supone el proceso de categorización, se recurrió al debate y la argumentación entre los autores cuando existían dudas a la hora de categorizar las diversas respuestas. En segundo lugar, el conjunto de datos numéricos procedentes del análisis cualitativo fue tratado mediante estadística descriptiva.

IV. RESULTADOS

En este apartado se describen los resultados de las respuestas del pretest y se especifican los cambios en las respuestas del postest solo si estos han sido significativos y de interés para el estudio.

La pregunta 1 (¿Qué crees que hacen los ingenieros?) muestra lo que los futuros docentes piensan sobre el quehacer de los ingenieros. En las respuestas del pretest se observa que los porcentajes más altos provienen del 23,4 % de

participantes que cree que los ingenieros diseñan y del 23,4 % que otorgan dos respuestas, seguidos del 18,8 % que opina que solucionan problemas/aplican y del 12,5 % que cree que construyen/crean. El 9,4 % piensa en otras respuestas, el 6,3 % que está relacionado con la mecánica/maquinaria/herramientas, el 4,7 % que investigan y el 1,5 % aporta tres respuestas, que solucionan problemas/aplican, que construyen/crean y que diseñan. Los resultados varían sustancialmente en las respuestas del postest. Las personas que facilitan dos respuestas pasan a representar el 40,6 %, casi el doble, mientras que los que solo piensan que diseñan disminuye significativamente al 10,9 %. También hay que señalar al aumento al 21,9 % de los que solo creen que solucionan problemas/aplican.

En los resultados del pretest de la pregunta 2 (¿Consideras que existen diferencias entre el hacer de los científicos y el de los ingenieros?) se evidencia que la gran mayoría de los participantes (89,1 %) afirma que sí hay diferencias entre lo que hacen los científicos y lo que hacen los ingenieros, frente al restante 10,9 % que niega que haya diferencias, algo que no cambia prácticamente en las respuestas del postest. Las razones dadas se muestran en la pregunta 2.1, las cuales son que los científicos investigan/generan conocimiento/estudian/experimentan y los ingenieros aplican/llevan a la práctica/solucionan con un 35,9 %; que los científicos investigan/generan conocimiento/estudian/experimentan mientras que los ingenieros diseñan/construyen con un 15,6 %; que son diferencias metodológicas/procedimentales en el trabajo el 26,6 %; y un 10,9 % que responde otras respuestas insignificantes. En este caso sí se encuentran cambios sustanciales en las respuestas del postest, disminuyendo a 10,9 % que afirma que son diferencias metodológicas/procedimentales en el trabajo, mientras que aumenta a 25 % que piensa que los científicos investigan/generan conocimiento/estudian/experimentan y los ingenieros diseñan/construyen. Además, surge un 9,4 % que piensa dos de entre las tres primeras posibles respuestas. Aun así, la respuesta más respondida sigue siendo que los científicos investigan/generan conocimiento/estudian/experimentan y que los ingenieros aplican/llevan a la práctica/solucionan con un 31,3 %.

En la pregunta 3 del pretest (¿Crees que esta situación es similar a los problemas que pueden encontrarse los ingenieros? Argumenta tu respuesta), el 54,7 % responde que sí, justificando su respuesta con base en la metodología/procedimiento de actuación. Las demás respuestas son mucho más bajas, aunque destaca el 17,2 % que responde que sí con justificación basada en la comprensión de los materiales o diseño y el 15,6 % que responde justificando de ambas maneras. En la pregunta 3.1 del pretest (¿Quién consideras que ha actuado/pensado como lo harían los ingenieros?) el 65,6 % afirma que es la persona B la que actúa como un ingeniero seguida del 20,3 % que opina que ambas personas, 7,8 % que opina que es la persona A y 6,3 % que opina que ninguna de las dos. En la pregunta 3.2 del pretest, donde se justifican las anteriores respuestas, el 89,1 % justifica dando importancia a la organización previa, siendo las demás opciones no significativas. No hay cambios sustanciales en las respectivas respuestas a estas tres preguntas en el postest.

Los porcentajes de la pregunta 4 del pretest (¿Con quién estás de acuerdo?) son algo mayores para los que están de acuerdo con el que contesta que no deben partir de una obligatoria necesidad (54,7 %) frente a los que lo están con el que responde que sí (43,8 %), seguidos de un 1,6 % sin respuesta. Se experimenta un claro cambio en la respectiva pregunta del postest ya que, primeramente, la opción de sin respuesta sube al 7,8 % y se cambian las tornas pasando a ser el 62,5 % que está de acuerdo con el que responde que sí y el 29,7 % que está de acuerdo con el que contesta que no. En la pregunta 4.1 del pretest, donde se justifican las repuestas anteriores, el 1,6 % no responde, además de un 7,8 % cuya respuesta es incoherente, es decir, no responde a la pregunta dando respuestas que tengan relación con la cuestión o cuyo mensaje no es comprensible. Por otro lado, el 34,4 % piensa que es por obligatoria necesidad mientras que el 56,3 % cree que es por curiosidad, para perfeccionar o para mejorar la eficiencia de una necesidad ya cubierta. Los cambios en las respuestas de esta pregunta en el postest son sustanciales puesto que, además de pasar a un 7,8 % sin respuesta y a un 6,3 % de respuestas incoherentes, los que piensan que es por obligatoria necesidad suben al 50 % mientras que los que piensan que es por curiosidad, para perfeccionar o para mejorar la eficiencia de una necesidad ya cubierta bajan al 35,9 %.

En la pregunta 5 del pretest (¿Por qué crees que han tomado esta decisión? Argumenta tu respuesta aportando, al menos, dos razones) las razones coherentes son que el poliespán es reciclable, ligero, aislante, de color blanco que refleja la luz, barato, de fácil manipulación y protege de golpes. Es mayoritaria con 32 participantes la respuesta que argumenta coherentemente dos razones (50 %), siguiendo el 31,3 % que argumenta una razón, el 9,4 % que argumenta más de dos razones, el 7,8 % que argumenta incoherentemente y el 1,6 % que no responde. Los cambios no son sustanciales en el postest, siguiendo los que argumentan dos razones con un porcentaje muy por encima de los demás, aunque subiendo los que no responden al 6,3 % y los que argumentan incoherentemente al 15,6 %. En la pregunta 5.1. del pretest (Teniendo en cuenta la respuesta anterior, ¿con qué información crees que parten los ingenieros para tomar esa decisión?) el valor más alto es el que representan los que creen que los ingenieros parten de sus conocimientos científicos previos con un 79,7 % y solo un 10,9 % cree que parten de su propia experiencia. El 6,3 % responde con ambas consideraciones y el 3,1 % responde de manera incoherente. No se experimentan cambios significativos en las respuestas respectivas del postest.

En la pregunta 6 del pretest (¿Crees que existen distintas alternativas para dar respuesta a su cuestión o, por el contrario, hay una única forma de resolver su problema?), el 96,9 % responde que sí existen distintas alternativas y el 3,1 % responde que no, porcentajes que prácticamente se conservan en las respuestas del postest. En las respuestas a la pregunta 6.1 del pretest (Teniendo en cuenta tu respuesta anterior, ¿cómo se pueden decidir sobre qué proyecto elegir?), el 20,3 % proporciona respuestas incoherentes o no concreta, el 28,1 % piensa que se debe decidir con base en cubrir necesidades/efectividad/durabilidad/ seguridad/construcción, el 3,1 % con base en el factor económico, el 4,7 % en función de la sostenibilidad/impacto medioambiental, el 26,6 % otorga dos respuestas de las anteriores, el 15,6 % tres respuestas y el 1,6 % cuatro. No hay cambios significativos en las respuestas del postest.

Para finalizar, en la pregunta 7 del pretest (¿Cómo crees que deberán actuar para dar con la solución idónea?) el 14,1 % responde incoherentemente, el 6,3 % cree que se deben sopesar pros y contras, el 31,3 % piensa que se debe probar/testar/experimentar, el 40,6 % que se debe investigar/analizar materiales y el 7,8 % da dos respuestas de entre las tres anteriores. Se encuentran ciertos cambios atendiendo al postest. Surge un 7,8 % que no responde, baja al 4,7 % que responden incoherentemente, disminuye al 4,7 % que piensa que se deben sopesar pros y contras, sube al 45,3 % que piensa que se debe probar/testar/experimentar, baja al 21,9 % que se debe investigar/analizar materiales y aumenta al 15,6 % que aportan dos respuestas.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la pregunta 1 indican que hay diferencias entre lo que el alumnado pensaba antes y después de la asignatura, notándose un aumento sustancial del porcentaje de alumnos que otorgan al menos 2 respuestas a los que hacen los ingenieros. Podemos pensar que al finalizar la asignatura el alumnado ha comprendido mejor y tiene una visión más amplia y apropiada del quehacer de los ingenieros. Dicha mejoría concuerda con lo que afirman Capobianco *et al.* (2011) sobre la necesidad de cambiar el currículum para ayudar a los estudiantes a entender mejor la ingeniería y eliminar las ideas erróneas que se tienen sobre ella.

En la pregunta 2 se aprecia como la gran mayoría de los participantes sí que sabe que hay diferencias entre la actividad de los científicos y de los ingenieros. A la hora de ver las razones en la pregunta 2.1 se pueden observar cambios muy positivos entre pretest y postest. Aun siendo, tanto en pretest como en postest, la respuesta más abundante la que indica que los científicos investigan/generan conocimiento/estudian/experimentan mientras que los ingenieros aplican/llevan a la práctica/solucionan, se evidencia un cambio en el postest al surgir un porcentaje de personas que dan dos razones en vez de una, subiendo así las razones epistemológicas. Las otras dos razones correctas posibles son que los científicos investigan/generan conocimiento/estudian/experimentan mientras que los ingenieros diseñan/construyen y que son diferencias metodológicas/procedimentales en el trabajo. Es evidente que tras cursar la asignatura el alumnado diferencia mejor entre científico e ingeniero, sobre todo con relación a las diferencias metodológicas. En concordancia, Pleasants y Olson (2018) afirman que pese a existir una gran relación entre la ciencia y la ingeniería y compartir muchas características, dichas disciplinas no son iguales. Según estos autores, los ingenieros utilizan los conocimientos científicos, pero estos elementos no son suficientes para resolver sus problemas; además ingenieros y científicos buscan objetivos distintos y emplean diferentes enfoques, que es el aspecto que parece haber sido incorporado por muchos de los maestros en formación encuestados.

En la pregunta 4 se evidencia como en el pretest hay más personas que piensan que los problemas de los ingenieros no deben partir de una necesidad, mientras que en el postest hay más que piensan que esos problemas sí deben partir de una necesidad. La pregunta 4.1 muestra una clara relación con la anterior ya que, consecuentemente, en el pretest hay más estudiantes que argumentan que dichos problemas pueden surgir por curiosidad, para perfeccionar o para mejorar la eficiencia de una necesidad ya cubierta, mientras que en el postest son más los sujetos que afirman que sí surgen por obligatoria necesidad. Revisando la literatura también encontramos relación entre necesidad e ingeniería. En este sentido, Chou y Chen (2017) afirman que la naturaleza de la ingeniería es diseñar y desarrollar nuevas soluciones que respondan a las necesidades de las personas y a las necesidades cambiantes de la sociedad, empleando principios científicos. Este aspecto es muy relevante, pues revela una mayor conciencia del valor social de la ingeniería.

La pregunta 5, que no experimenta grandes cambios, muestra alguno de los puntos débiles de los estudiantes, que no son capaces, por ejemplo, de cuestionar la opción elegida por los expertos y proponer nuevos materiales más sostenibles para el problema.

En la pregunta 6 se aprecia que casi todos los estudiantes afirman que sí existen varias alternativas para resolver el problema, lo que se mantiene en el postest. Sobre las razones, pregunta 6.1, se encuentran datos muy positivos en cuanto a las posibles razones sobre las que elegir cómo hacer el puente. Una cantidad significativa dio razones variadas a las que atender a la hora de elegir cómo construir el puente. Por lo tanto y concordando con Merrill *et al.* (2008), el alumnado ha identificado las limitaciones que puede tener el proyecto, como son el factor económico, la viabilidad,

los materiales, el tiempo y la influencia en el medio ambiente, elementos realmente importantes a la hora de comprender cómo trabajan los ingenieros. Cabe destacar, sin embargo, que un quinto del alumnado, tanto en el pre como en el postest, no muestra evidencias de esta comprensión. Tomando los resultados de Schnittka (2012), que propone que cuanto más tiempo se deje para trabajar con los materiales, para hacer modificaciones en el diseño y para reflexionar y debatir en grupo, más efectivos y creativos serán los propios diseños y más conceptos serán adquiridos por el alumnado, se puede indicar que el tiempo del que dispuso el alumnado para esta tarea fue realmente escaso (dos semanas). Además, Deniz *et al.* (2020) apoyan la inclusión de estrategias más explícitas y reflexivas durante el desarrollo del diseño de ingeniería para mejorar los conocimientos sobre la naturaleza de la ingeniería. En nuestra opinión, dichas estrategias pueden mejorar ese aspecto encontrado en los resultados, en el cual varios estudiantes dan respuestas incoherentes o no responden.

En la pregunta 7 el alumnado debía pensar cómo actuar para dar con la solución idónea y resolver el problema. Manteniéndose el alto número de estudiantes que respondieron coherentemente a esta cuestión en ambos test, la diferencia se observa al duplicarse en el postest el número de personas que da dos respuestas. Esto concuerda con las respuestas a preguntas anteriores como la pregunta 1 y 2.1, en las que también aumentan las razones epistemológicas. También cabe destacar que el dato más elevado en el pretest es el de que se debe investigar/analizar materiales, mientras que en el postest cambia a ser probar/testar/experimentar con parecidos porcentajes. Es evidente que la asignatura ha influido en los cambios en esta pregunta, lo que concuerda con el estudio realizado por Deniz *et al.* (2020) en el que un grupo de profesores participaron en un programa en el que aplicaron el diseño de ingeniería y, en consecuencia, mejoraron sus conocimientos y puntos de vista sobre la naturaleza de la ingeniería.

VI. CONCLUSIONES

El principal objetivo de este trabajo fue conocer la comprensión acerca de cómo trabajan los ingenieros que presentaban los maestros de Educación Primaria en formación con el propósito de comprender sus necesidades de formación acerca de la metodología del diseño de ingeniería. Esta cuestión resulta relevante, dado que su mejor comprensión mejorará su puesta en marcha en las aulas y, con ello, como indica la literatura, se potenciará el desarrollo competencial de todo el alumnado desde edades tempranas para su participación activa en una sociedad científico-tecnológica compleja como es la nuestra.

Para ello, se analizaron las respuestas de 64 estudiantes de la asignatura de Investigación e Innovación en el Aprendizaje del Conocimiento del Medio del cuarto curso del Grado en Maestro de Educación Primaria antes y después de una intervención en la que el alumnado trabajó mediante el diseño de ingeniería a través del enfoque CTIM.

Como primera conclusión, a la luz de los resultados obtenidos, los estudiantes mejoraron la comprensión sobre el quehacer de los ingenieros, la diferencia entre ingenieros y científicos, la obligación de la existencia de una necesidad en los problemas de los ingenieros y sobre cómo actuar para dar con la solución de un problema ingenieril. Además, el alumnado fue capaz de encontrar diferentes razones por las cuales solucionar proyectos de ingeniería, identificando entre dichas razones las limitaciones y restricciones que pueden afectar a un diseño de ingeniería. Por ello, son de gran importancia de las intervenciones en el marco de la formación del profesorado para mejorar sus conocimientos y creencias acerca de la metodología del diseño de ingeniería. Esta cuestión, ya ha sido detectada por autores en la literatura especializada (Chai *et al.*, 2020; Deniz *et al.*, 2020).

No obstante, como se ha podido comprobar en los resultados, los estudiantes no han experimentado avances en todos los aspectos deseados, siendo necesarias más intervenciones, más extensas en el tiempo y con reflexiones, enfocadas más profundamente a estas cuestiones, lo que concuerda con el estudio de English y King (2015), en el que se concluye que si se incluyen experiencias en las que el profesorado explique cómo mejorar los diseños, mejoraría la aplicación del enfoque CTIM por parte de los estudiantes.

Aunque consideramos que este trabajo contribuye al conocimiento sobre cómo mejora la comprensión del diseño de ingeniería por parte de los futuros maestros de Educación Primaria, este trabajo no ha estado exento de algunas limitaciones. El aspecto descrito en el párrafo anterior indica una de las limitaciones del estudio, que básicamente es el interés relativo de los estudiantes a la hora de responder a los test. Como segunda limitación, no se tuvo la oportunidad de contar con un grupo de control debido a que para ello habría sido necesario modificar la programación curricular de la asignatura de Investigación e Innovación en el Aprendizaje del Conocimiento del Medio. Un grupo de control en el que no se hubiera llevado a cabo la intervención, habría otorgado más rigurosidad al estudio. Además, la pequeña dimensión de la muestra hace difícil generalizar nuestros resultados, limitación también presente en otros estudios (Magiante y Gabriele-Black, 2020; Yu *et al.*, 2020).

Por último y, en buena media, en relación con las limitaciones comentadas, creemos conveniente que en el futuro se realicen más estudios e investigaciones sobre este ámbito con la finalidad de mejorar la formación de los futuros maestros de Educación Primaria en lo referido a la metodología del diseño de ingeniería.

REFERENCIAS

- Bisquerra Alzina, R. (Coord.). (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid, España: La Muralla.
- Capobianco, B. M., Diefel-Dux, H. A., y Weller, J. K. (2011). What is an engineer? Implications of elementary school student conceptions for engineering education. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 304-328. doi:10.1002/j.2168-9830.2011.tb00015.x
- Chai, C. S., Rahmawati, Y., y Jong, M. S. Y. (2020). Indonesian science, mathematics, and engineering preservice teachers' experiences in stem-tpack design-based learning. *Sustainability*, 12(21), 1–14. doi:10.3390/su12219050
- Chou, P., y Chen, W. (2017). Elementary school students' conceptions of engineers: a drawing analysis study in Taiwan. *International Journal of Engineering Education*, 33(1B), 476-488. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/313215172_Elementary_School_Students'_Conceptions_of_Engineers_A_Drawing_Analysis_Study_in_Taiwan
- Deniz, H., Kaya, E., Yesilyurt, E., y Trabia, M. (2020). The influence of an engineering design experience on elementary teachers' nature of engineering views. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(4), 635–656. doi:10.1007/s10798-019-09518-4
- English, L. D., y King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 14. doi:10.1186/s40594-015-0027-7
- Guzey, S.S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y., y Moore, T. J. (2017). The Impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in engineering, science, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 207–222. doi:10.1007/s10956-016-9673-x
- Kaya, E., Yesilyurt, E., Deniz, H., Newley, A., y Newley, P. (2017). Research and teaching: introducing engineering design to a science teaching methods course through educational robotics and exploring changes in views of preservice elementary teachers. *Journal of College Science Teaching*, 47(2). doi:10.2505/4/jcst17_047_02_66
- Mangiante, E. S., y Gabriele-Black, K. A. (2020). Supporting elementary teachers' collective inquiry into the "E" in STEM: examining students' engineering design work. *Science & Education*, 29(4), 1007–1034. doi:10.1007/s11191-020-00123-9
- Merril, C., Custer, R. L., Daugherty, J., Westrick, M., y Zeng, Y. (2008). Delivering core engineering concepts to secondary level students. *Journal of Technology Education*, 20(1), 48-64. doi:10.21061/jte.v20i1.a.4
- Moore, T. J., Tank, K. M., Glancy, A. W., Siverling, E. A., y Mathis, C. A. (2014). Engineering to enhance STEM integration efforts. *ASCE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. doi:10.18260/1-2—20402
- National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., y Arriasecq, I. (2021). A theoretical framework for integrated STEM education. *Science & Education*, 29(4), 857-880. doi:10.1007/s11191-020-00131-9
- Pleasant, J., y Olson, J. K. (2018). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education*, 103(1), 145–166. doi:10.1002/sce.21483
- Schnittka, C. (2012). Engineering education in the science classroom: a case study of one teacher's disparate approach with ability-tracked classrooms. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 35–48. doi:10.5703/1288284314654

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., y Lederman J. S. (2008). An instrument to assess Views Of Scientific Inquiry: the VOSI questionnaire. *Proceedings of the NARST 2008 Annual Meeting*, 1-24. Recuperado de <https://narst.org/conferences/2008-annual-conference>

Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., y Zulkifeli, M. A. (2016). STEM learning through engineering design: impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189–1211. doi:10.12973/eurasia.2017.00667

Ting, Y.L. (2016). STEM from the perspectives of engineering design and suggested tools and learning design. *Journal of Research in STEM Education*, 2(1), 59–71. doi:10.51355/jstem.2016.22

Yasin, R. M., Halim, L., y Ishar, A. (2012). Effects of problem-solving strategies in the teaching and learning of engineering drawing subject. *Asian Social Science*, 8(16), 65–79. doi:10.5539/ass.v8n16p65

Yu, KC., Wu, PH., y Fan, SC. (2020). Structural relationships among high school students' scientific knowledge, critical thinking, engineering design process, and design product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18, 1001–1022. doi:10.1007/s10763-019-10007-2

ANEXO 1.

Instrumento (VNOS adaptado para la metodología del diseño de ingeniería)

1. ¿Qué crees que hacen los ingenieros?
2. ¿Consideras que existen diferencias entre el hacer de los científicos y el de los ingenieros?
 - 2.1. Si has contestado que sí a la pregunta anterior, indica cuáles.
3. Dos personas que tienen cada una de ellas un invernadero con plantas que precisan condiciones de riego tienen la obligación de realizar un viaje en el que se van a ausentar un mes. Como no tienen a nadie que les cuide el huerto y quieren seguir manteniendo las plantas, aunque sin emplear en ello mucho dinero, se plantean realizar un sistema de riego. Ambas disponen del mismo material. La persona A se organiza los materiales e inmediatamente comienza a construir su propuesta, dándose cuenta de que no se puede realizar con los materiales que posee. La persona B realiza varios bocetos y, finalmente, elige uno. Al finalizar la construcción se da cuenta de que su propuesta tiene fallos. ¿Crees que esta situación es similar a los problemas que pueden encontrarse los ingenieros? Argumenta tu respuesta.
 - 3.1. ¿Quién consideras que ha actuado/pensado como lo harían los ingenieros?
 - 3.2. Justifica tu respuesta.
4. A dos estudiantes se les plantea la siguiente pregunta: ¿Los problemas que se les plantean a los ingenieros deben partir siempre de una necesidad? Uno contesta que sí y otro que no. ¿Con quién estás de acuerdo?
 - 4.1. ¿Por qué?
5. Existen muchas franquicias que venden helados de bola. Esto suele suceder en las épocas y ciudades que más calor hace. Para transportar los bloques de crema de helado a los puntos de venta los ingenieros han optado por utilizar cajas de corcho blanco, más conocido como poliespán. ¿Por qué crees que han tomado esta decisión? Argumenta tu respuesta aportando, al menos, dos razones.
 - 5.1. Teniendo en cuenta la respuesta anterior, ¿con qué información crees que parten los ingenieros para tomar esa decisión?
6. En un valle que es una reserva natural hay que construir un puente para facilitar las comunicaciones entre dos municipios. Para ello, se ha propuesto que trabajen por separado dos equipos de ingenieros, los cuales han planteado dos diseños diferentes para ejecutar la construcción. ¿Crees que existen distintas alternativas para dar respuesta a su cuestión o, por el contrario, hay una única forma de resolver su problema?
 - 6.1. Teniendo en cuenta tu respuesta anterior, ¿cómo se pueden decidir sobre qué proyecto elegir?
7. En una fábrica de juguetes se ha pedido que se planteen ideas para conseguir aligerar el peso de un robot para niños sin que pierda sus características de seguridad y resistencia a la par que no encarezca el producto y sea *eco-friendly*. El departamento de ingeniería ha pensado en una serie de alternativas. ¿Cómo crees que deberán actuar para dar con la solución idónea?