

## CAPÍTULO 26

### LAS TIC COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA EN EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN CURSOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

GONZALO CASTIÑEIRA VEIGA\*, DÉBORA CORES CARRERA\*\*,  
MARÍA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ\*\*, Y RODRIGO MARIÑO VILLAR\*\*

*\*Universidad de Santiago de Compostela,*

*\*\*Centro Universitario de la Defensa Marín (ENM)*

#### INTRODUCCIÓN

Es frecuente observar que los estudiantes universitarios enfrentan dificultades para comprender conceptos y herramientas matemáticas, debido a diversas razones. Entre ellas, destaca la baja preparación adquirida en la ESO y el bachillerato, la falta de motivación y el desconocimiento de la relevancia de las matemáticas en la vida cotidiana actual y en la vida profesional. Además, la enseñanza tradicional de las matemáticas, basada en la memorización en lugar del razonamiento y la comprensión conceptual, contribuye a la disminución del interés en esta área fundamental del conocimiento (Moore, 2022).

Otro aspecto a mencionar es que los problemas matemáticos en contextos reales pueden o no contar con una solución analítica. En cualquier caso, recurrir a métodos o algoritmos numéricos, los cuales pueden ser abordados de manera eficiente mediante herramientas de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) resulta motivador y efectivo (Saadati y Celis, 2023). Estas herramientas no solo permiten obtener aproximaciones precisas a soluciones exactas, sino que también facilitan el aprendizaje al vincular conceptos matemáticos con situaciones prácticas y concretas. Además, dado el creciente impacto de las nuevas tecnologías en la vida de los jóvenes, el uso de las TIC en la enseñanza de las matemáticas representa una excelente oportunidad para hacer del aprendizaje un proceso más dinámico, interactivo y motivador.

En este contexto, el proyecto de innovación propuesto en este trabajo se llevó a cabo en la Escuela Naval Militar (CUD\_ENM) en Marín, Pontevedra. Es de notar que el alumnado de esta institución (aspirantes y guardiamarinas de la Armada Española), reciben instrucción durante cinco años, no solo para realizar las funciones asociadas a su futura carrera militar en la Armada, sino que paralelamente se preparan para obtener un grado de Ingeniería mecánica (Memoria de verificación del título, 2022). Esto implica que deben adquirir conocimientos matemáticos que le proporcionen las herramientas necesarias para modelar, analizar y resolver problemas físicos y de ingeniería. En particular, este proyecto se desarrolló durante la asignatura básica de

Cálculo I (1er cuatrimestre del grado de Ingeniería mecánica). Para ello, se desarrollaron talleres con el propósito de integrar conceptos matemáticos asociados a dicha asignatura con la resolución de un problema aplicado, utilizando herramientas TIC. El objetivo de los talleres consistió en la modelación matemática para la construcción de piezas tridimensionales específicas que tuvieran capacidad máxima, partiendo de un material de desecho bidimensional de forma y dimensiones predeterminadas. Posteriormente, el modelo de optimización asociado se resuelve utilizando el software Matlab (Saadati y Celis, 2023), lo que permite obtener la forma tridimensional de máxima capacidad. Se destinaron seis (6) horas para la enseñanza de la herramienta Matlab (nivel básico), así como para la modelación y resolución del problema.

Además de la modelación y solución computacional obtenida con Matlab, los estudiantes tuvieron la oportunidad de construir físicamente la pieza, haciendo los recortes y ajustes al material inicial reciclado. De esta manera, la actividad combinó la teoría matemática con la experimentación práctica, reforzando la comprensión de los conceptos involucrados y fomentando un aprendizaje activo y más significativo.

Los conceptos matemáticos trabajados en los talleres guardan una estrecha relación con el tema de optimización en varias variables (De Burgos, 2007; Thomas et al., 2009). Por otra parte, un dominio sólido sobre modelación y solución de problemas de optimización resulta esencial en ingeniería, ya que permite diseñar soluciones eficientes, seguras y rentables dentro de los límites técnicos y económicos. Estos conocimientos no solo son fundamentales durante la formación académica, sino que también forman parte del quehacer profesional del ingeniero en su futuro laboral. Así, el taller representa una valiosa oportunidad para que los estudiantes vinculen las matemáticas y el uso de herramientas tecnológicas (TIC) con situaciones reales de su futuro campo profesional (Saha, 2022). A través de este proyecto de innovación, se busca fortalecer el razonamiento lógico y promover el desarrollo de habilidades analíticas y computacionales, favoreciendo un aprendizaje más dinámico, atractivo y efectivo.

Finalmente, los resultados de este proyecto, como la aceptación, el aporte percibido, el impacto y el interés del estudiantado en la dinámica de los talleres se analizan a partir de las respuestas obtenidas en una encuesta anónima diseñada para medir estos aspectos. La información recopilada permite evaluar la efectividad de la estrategia implementada, identificar áreas de mejora y orientar futuras acciones pedagógicas que fortalezcan el aprendizaje y la vinculación entre la teoría matemática, las TIC y la práctica profesional en ingeniería.

## **MÉTODO**

En esta sección se describe la dinámica propuesta en el proyecto, centrada en la resolución de talleres orientados a promover el razonamiento y la comprensión de las matemáticas, además de incentivar la importancia y la utilidad de las matemáticas, a través de la modelación y solución de situaciones reales. Estas situaciones están directamente vinculadas con conceptos fundamentales incluidos en los contenidos de la asignatura de Cálculo I del grado de ingeniería mecánica.

### **Talleres planteados**

Uno de los temas más relevantes y ampliamente aplicables en diversas ramas de la ingeniería es la modelación y el análisis de las condiciones necesarias y suficientes para garantizar la existencia de soluciones en problemas de optimización en varias variables, ya sea de minimización o maximización. En este contexto, los talleres fueron diseñados para que el estudiantado comprendiera la importancia de dominar los conceptos y estrategias matemáticas involucradas en este tipo de problemas, así como su aplicación directa en el diseño y construcción de piezas en ingeniería. Además, estos espacios de aprendizaje buscan exponer por primera vez al alumnado con una problemática real que exige tanto conocimientos básicos de Cálculo I como el uso de herramientas TIC para su resolución.

Los talleres plantean la construcción de piezas partiendo de material bidimensional (plano) de desecho, el cual debe ser transformado en una pieza tridimensional de capacidad máxima. Para ello, es necesario entender las geometrías del material bidimensional de desecho y de la pieza tridimensional a construir. Por lo que, el alumnado debe comenzar definiendo los parámetros y las ecuaciones que relacionan ambas geometrías. Los modelos de optimización resultantes son sencillos pueden depender de hasta tres variables diferentes y provienen de la visualización de dichas geometrías. La última parte de los talleres consiste en replicar los resultados obtenidos sobre una pieza de desecho y cuantificar la capacidad de la pieza tridimensional resultante de resolver el problema de optimización. Para la realización de los talleres fue necesario utilizar seis (6) horas en un laboratorio de informática: cuatro (4) horas para iniciar al estudiantado con la herramienta Matlab (Saadati y Celis, 2023), específicamente adiestrando al estudiante a manejar comandos básicos y sencillos de Matlab y dos (2) horas en la solución del taller planteado. Durante las horas de iniciación en Matlab, se generaron algoritmos sencillos para la solución de problemas de optimización en varias variables, con la finalidad de que pudieran ser usados para obtener la pieza tridimensional a construir. Durante las dos (2) horas destinadas propiamente a la solución del taller, el alumnado creó el modelo de optimización asociado a la pieza a construir y utilizó alguno de los algoritmos previamente obtenidos para determinar, mediante Matlab en un ordenador las

longitudes de los parámetros que aseguran que la pieza tridimensional a construir tenga capacidad máxima.

### **Análisis de la dinámica**

Tras la realización de los talleres, se aplica un breve cuestionario anónimo para evaluar la aceptación, impacto e interés del alumnado respecto al proyecto propuesto. El cuestionario incluye 10 preguntas: siete (7) de ellas buscan analizar la percepción del estudiantado sobre la dinámica utilizada, evaluando si la considera útil, si identifica una relación entre los contenidos teóricos de matemáticas y su aplicación práctica, y si percibe el uso de las TIC en matemáticas como relevante e interesante. Otras dos (2) preguntas abiertas permiten al alumnado señalar los aspectos positivos y aquellos que consideran necesarios mejorar o ajustar en las sesiones de taller. Finalmente, la última pregunta pide al estudiantado asignar una calificación del 0 al 10, siendo 10 la máxima puntuación, para valorar la aceptación y el interés del estudiantado en este proyecto.

Para analizar y establecer algunas conclusiones sobre el aporte de la actividad propuesta para un aprendizaje efectivo, en el sentido de que resulte de interés para el estudiantado, se realiza un análisis estadístico de la valoración dada por los estudiantes a las preguntas del cuestionario. Además, se realiza un test de Cronbach, el cual es una medida estadística que evalúa la fiabilidad interna de dicho cuestionario, es decir, cuán consistentes son los ítems entre sí para medir lo mismo.

## **RESULTADOS**

Los resultados de esta actividad, se obtienen del cuestionario de satisfacción (Tabla 1), entregado a los estudiantes después de la finalización de las seis (6) horas de talleres. Este cuestionario, como puede verse en la Tabla 1, consta de 10 preguntas, denotadas por Preg $i$ , donde  $i=1, \dots, 10$ . Las primeras siete preguntas pueden obtener valores 0,1,2 y 3, siendo 3 el máximo valor y cero la peor valoración. Las preguntas 8 y 9 corresponden a las preguntas abiertas y la décima pregunta corresponde a la valoración general de la actividad planteada, la cual puede ser 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 y 10, donde 10 es la máxima valoración.

*Tabla 1.* Resumen de las preguntas hechas en el cuestionario

| Preguntas |  |
|-----------|--|
| Preg1     | La combinación de teoría y su aplicación práctica ha sido adecuada.  |
| Preg2     | El nivel de profundidad de los talleres de matemáticas con el uso de TICs ha sido adecuado.                          |
| Preg3     | Los contenidos de las sesiones de la materia con el uso de TICs han sido adecuados con el propósito de la actividad. |
| Preg4     | El propósito de la actividad desarrollada me ha resultado interesante.   |

Tabla 1. Resumen de las preguntas hechas en el cuestionario (continuación)

| Preguntas |  |
|-----------|--|
| Preg5     | La metodología usada ha sido adecuada a los objetivos de la actividad.                   |
| Preg6     | La metodología ha permitido una participación activa del/la estudiante                   |
| Preg7     | Las prácticas, ejercicios prácticos, supuestos, etc., han sido útiles y suficientes.     |
| Preg8     | ¿Qué cosas destacaría en positivo de la dinámica de estas sesiones de MATLAB realizadas? |
| Preg9     | ¿Qué cosas considera mejorables de estas sesiones de MATLAB realizadas?                  |
| Preg10    | ¿Cómo calificaría esta actividad en general?   |

El porcentaje de alumnado que respondió el cuestionario fue de 97,82% (90 estudiantes). Por lo tanto, la muestra de 90 estudiantes es suficientemente representativa de la población de dicho curso de Cálculo I.

En vista que no se ha utilizado ninguna encuesta ya validada, se debe verificar si el cuestionario, descrito en la Tabla 1 y que fue utilizado para analizar la dinámica tiene consistencia. Para ello, se calcula el coeficiente Alpha de Cronbach, cuyo resultado arroja un valor de 0,9 (ver Tabla 2), indicando una alta consistencia interna. Este resultado se obtuvo con la herramienta R, además de otros resultados que se muestran en la Tabla 2. La notación de las variables que aparecen en las nueve columnas de la Tabla 2, es la misma que la utilizada por R.

Tabla 2. Confiabilidad del cuestionario utilizado

| raw_alpha | std.alpha | G6(smc) | average_r | S/N | ase   | mean | sd   | median_r |
|-----------|-----------|---------|-----------|-----|-------|------|------|----------|
| 0,9       | 0,9       | 0,89    | 0,56      | 8,9 | 0,016 | 1,8  | 0,63 | 0,55     |

Por otra parte, la Tabla 3 muestra el significado de cada una de estas variables, además de su interpretación de acuerdo al valor obtenido, el cual es calculado basándose en las valoraciones hechas por los 90 estudiantes.

Tabla 3. Análisis de los resultados de test Alpha de Cronbach mostrados en Tabla 2

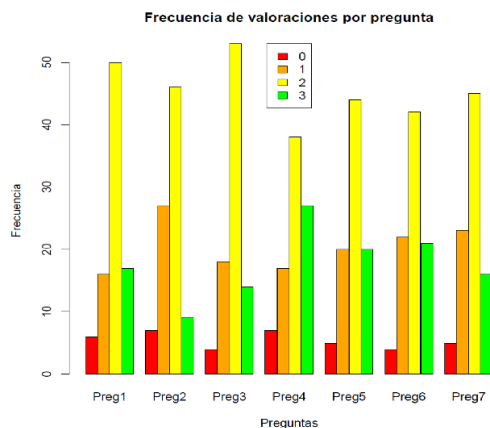
| Variabes del Alpha Cronbach (Tabla 2)   | Significado según valor obtenido   |
|---|--|
| raw_alpha: Alfa de Cronbach calculado sobre los datos originales (sin estandarizar).                        | Indica si existe consistencia interna general. 0.9 indica excelente fiabilidad                 |
| std.alpha: Alfa de Cronbach calculado con ítems estandarizados (cuando las escalas de ítems son distintas). | Si es muy parecido a raw_alpha significa que estandarizar no cambia mucho.                     |
| G6(scm): Guttman lambda 6, un estimador alternativo de fiabilidad basado en correlaciones parciales.        | Valor cercano a raw_alpha indica buena consistencia. 0.89 indica consistente con el raw_alpha. |
| average_r: Correlación promedio entre los ítems.  | 0,56 indica correlaciones moderadas-altas entre preguntas, lo que explica el raw_alpha alto.   |
| S/N: Relación señal ruido dada por:<br>$\frac{S}{N} = \frac{raw\_alpha}{1 - raw\_alpha}$                    | 8,9 es excelente; refleja cuánta "señal verdadera" hay frente al "ruido" de error.             |

**Tabla 3.** Análisis de los resultados de test Alpha de Cronbach mostrados en Tabla2 (continuación)

| Variables del Alpha Cronbach (Tabla2)                           | Significado según valor obtenido   |
|---|--|
| ASE: Error estándar de raw_alfa                                 | 0,016 es muy bajo, lo que indica que la estimación del raw_alfa es precisa.      |
| mean: media de las respuestas a las preguntas del cuestionario. | 1,8 indica que en promedio los estudiantes respondieron cerca de la categoría 2. |
| SD: desviación estándar de las respuestas.                      | 0.63 indica poca dispersión (respuestas relativamente agrupadas).                |
| median_r: mediana de las correlaciones ítem-ítem.               | 0.55 correlaciones consistentes, alineadas con el promedio                       |

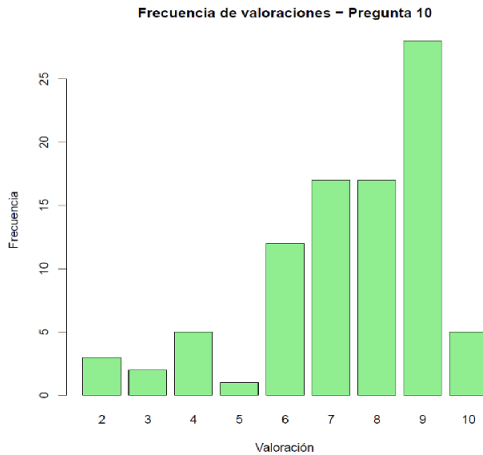
La Figura 1 muestra las frecuencias de las valoraciones obtenidas para las primeras siete preguntas del cuestionario. En ella se observa una valoración media-alta, pero no la máxima (3). Es decir, hubo buena aceptación, pero con cierto margen de mejora. En la pregunta 4, que tiene que ver con el interés del estudiantado en la actividad, se puede ver que la diferencia de frecuencias entre la valoración 2 y 3 es mucho menor que en el resto de las preguntas, indicando que la actividad tuvo interés para un gran porcentaje de la muestra. Las barras en rojo, muestran que menos de un 7% de los estudiantes realmente no tienen interés alguno, lo cual se ajusta a la realidad de cualquier población. El orden del patrón (amarillo > verde > naranja > rojo) se mantiene en las siete preguntas, lo que muestra consistencia en las respuestas y refuerza que el cuestionario mide de forma homogénea. Aunque las valoraciones son predominantemente positivas, el hecho de que la máxima calificación (3) no sea la más frecuente sugiere que hay aspectos que podrían mejorarse para subir al nivel más alto de satisfacción.

**Figura 1.** Frecuencias de las valoraciones dadas por los estudiantes a las 7 primeras preguntas del cuestionario



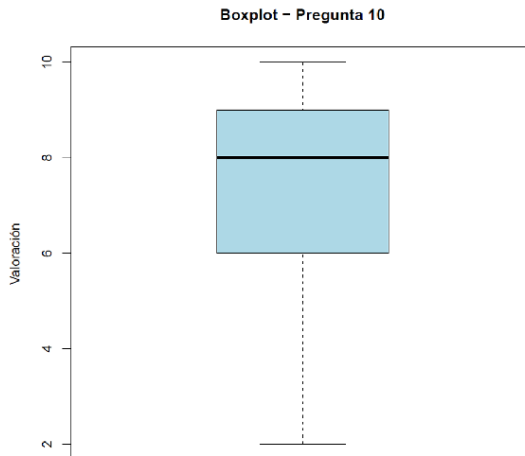
La Figura 2 muestra las frecuencias para la valoración general de la actividad llevada a cabo (Preg10). De ella se puede extraer que la mayoría de las respuestas se concentran en los valores altos, especialmente en 8 y 9, siendo el 9 el más frecuente (más de 25 respuestas).

*Figura 2.* Frecuencias de la valoración general del proyecto llevado a cabo



Esto indica una valoración general muy alta del alumnado hacia la actividad, la cual también es clara en la Figura 3.

*Figura 3.* Diagrama de caja y bigotes para la pregunta de valoración general (Preg10)



Los valores entre 2 y 5 tienen frecuencias muy bajas, lo que confirma que solo unos pocos estudiantes tuvieron una percepción menos favorable. A partir del valor 6

se empieza a notar una creciente subida hasta el valor 9. Hay una clara acumulación hacia el extremo derecho (7, 8, 9), mostrando que la experiencia fue vista como muy positiva por la mayoría del estudiantado. La actividad tuvo una altísima aceptación general, reflejada en una concentración fuerte en las valoraciones altas, con un nivel mínimo de respuestas negativas. Esto respalda que el proyecto fue exitoso y bien recibido por el alumnado, pero es recomendable revisar aspectos que podrían mejorarse para lograr una valoración aún más alta en futuras ediciones.

De las respuestas a las preguntas abiertas 8 y 9, se observa que un pequeño porcentaje del estudiantado, aproximadamente un 7%, hace comentarios que sugieren que no tienen interés ni en la actividad ni en el área de las matemáticas, lo cual coincide con los resultados presentados en la Figura 1. No obstante, aproximadamente el 90% del estudiantado percibe esta propuesta como una forma diferente y más dinámica de aprender matemáticas. Además, destacan que el aprendizaje de herramientas TIC resulta muy útil para su futura vida profesional. Algunos incluso sugieren aumentar la cantidad de horas dedicadas a este tipo de actividades.

## **DISCUSIÓN/CONCLUSIONES**

El proyecto propuesto en este trabajo fue diseñado con la finalidad de vincular el aprendizaje de conceptos matemáticos con aplicaciones concretas, mediante la resolución de talleres haciendo uso de herramientas de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs). Los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada tras la actividad reflejan una percepción altamente positiva por parte del alumnado. Las preguntas específicas (1-7) del cuestionario muestran un predominio de valoraciones altas (principalmente 2 en una escala de 0 a 3), con una consistencia notable entre todas ellas, lo que respalda la fiabilidad del instrumento aplicado. Además, la valoración general de la actividad (pregunta 10) evidencia una tendencia clara hacia las calificaciones más elevadas, especialmente en torno a los valores 8 y 9, con mínimas respuestas negativas. En conjunto, estas observaciones sugieren que el proyecto fue ampliamente aceptado y valorado, destacando su utilidad, impacto e interés para los estudiantes. No obstante, los resultados también indican oportunidades de mejora que podrían explorarse para incrementar aún más la satisfacción y lograr que una mayor proporción del alumnado otorgue la máxima calificación en futuras implementaciones.

Como trabajo futuro, se plantea añadir nuevas sesiones al proyecto que permitan profundizar en aquellos aspectos en el que el alumnado necesite más refuerzo y que, nuevamente, vayan enfocadas en la necesidad de los elementos matemáticos presentados y el futuro desarrollo profesional del estudiantado.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el CUD-ENM a través del proyecto de innovación docente PINDOC-CUD-2024-03. También se agradece al estudiantado del curso de Cálculo I por su colaboración en las encuestas realizadas.

## REFERENCIAS

- Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar de Marín. (2022). *Memoria de verificación del título de Grado en Ingeniería Mecánica* (Identificador 2502251).
- De Burgos, J. (2007). *Cálculo infinitesimal de una variable* (2.ª ed.). McGraw-Hill.
- Moore, H. (2022). *MATLAB for engineers* (6.ª ed.). Pearson Education.
- Saadati, F., y Celis, S. (2023). Student motivation in learning mathematics in technical and vocational higher education: Development of an instrument. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 11(1), 156–178.
- Saha, P. (2022). Effectiveness of in-class Excel-based active learning activities for transportation engineering courses. *Frontiers in Education*, 7, 879174.
- Thomas, G.B., Weir, M.D., y Hass, J. (2009). *Cálculo multivariable* (11.ª ed.). Pearson Educación.