

Rosana Satorre Cuerda (Ed.)

El profesorado, eje fundamental de la transformación de la docencia universitaria

Rosana Satorre Cuerda (Ed.)

El profesorado, eje fundamental de la transformación de la docencia universitaria

Octaedro 
Editorial

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Vicerectorat de Transformació Digital
Vicerrectorado de Transformación Digital
Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación

El profesorado, eje fundamental de la transformación de la docencia universitaria

EDICIÓN:

Rosana Satorre Cuerda

Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Primera edición: octubre de 2022

© De la edición: Rosana Satorre Cuerda

© Del texto: Las autoras y autores

© De esta edición:

Ediciones OCTAEDRO, S.L.

C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona

Tel.: 93 246 40 02 – Fax: 93 231 18 68

www.octaedro.com – octaedro@octaedro.com

ISBN: 978-8-19506-52-8

Producción: Ediciones Octaedro

La revisión de los trabajos se ha realizado de forma rigurosa, siguiendo el protocolo de revisión por pares.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos de los textos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.

20. Actividades de aprendizaje activo y evaluación automática mediante el sistema STACK: experiencia en una asignatura de Matemáticas en Arquitectura

Castro López, María Ángeles; Verdu Monllor, Ferran Josep; García Ferrández, Pedro Antonio; Sirvent Guijarro, Antonio; Reyes Perales, José Antonio; Escapa García, Luis Alberto; Martínez Marín, Juan Antonio y Rodríguez Mateo, Francisco

Universidad de Alicante

RESUMEN

En este trabajo se presentan parte de los resultados de un proyecto desarrollado dentro del Programa de Redes de investigación en docencia universitaria del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante. El objetivo del proyecto es evaluar la utilización de una herramienta tecnológica, el sistema STACK, para el autoaprendizaje y la autoevaluación de contenidos de Matemáticas en diversas titulaciones de Ingeniería, con el fin último de promover y facilitar su incorporación en el Moodle general de la Universidad. En este trabajo se especifican los aspectos generales del sistema STACK y de su utilización como herramienta para favorecer el aprendizaje personalizado y la evaluación formativa del alumnado, los instrumentos técnicos y de contenidos matemáticos desarrollados y se describe y analiza una experiencia de aplicación en una asignatura de Matemáticas de primer curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Se ha recogido la actividad desarrollada por el alumnado a lo largo del curso mediante los registros de Moodle y sus opiniones sobre el tipo de ejercicios autocorregidos propuestos mediante un cuestionario al final del semestre. Se ha comprobado la fiabilidad y robustez del sistema informático para la incorporación de STACK en el Moodle general de la Universidad y se ha constatado la buena acogida por parte del alumnado del tipo de actividades que permite el sistema STACK.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje personalizado, autoevaluación, sistemas de cálculo simbólico (CAS), evaluación automática en Matemáticas.

1. INTRODUCCIÓN

El problema de fondo que se intenta abordar con el proyecto del que este trabajo forma parte es promover la incorporación en la Universidad de Alicante (UA) de una herramienta tecnológica que permita la realización de actividades de autoaprendizaje y autoevaluación en asignaturas con contenidos de Matemáticas o que requieran la realización de cálculos no elementales, centrándonos en una primera fase en asignaturas de Matemáticas impartidas por el Departamento de Matemática Aplicada (DMA) en titulaciones de la Escuela Politécnica Superior (EPS).

Las herramientas disponibles en la instalación de Moodle de la UA, como los cuestionarios de opciones múltiples, son útiles pero no suficientemente adecuadas para el diseño de actividades de autoevaluación y de autoaprendizaje en Matemáticas. Como se discute en Sangwin & Jones (2017), existen multitud de procesos reversibles en Matemáticas, en los que un cuestionario que ofrece distintas soluciones permite al estudiante comprobar de un modo simple cuál de ellas es correcta, sin realizar los procesos necesarios para construir la solución. Por citar un ejemplo muy simple, si se plantea calcular la primitiva de una función y se ofrecen distintas respuestas basta con derivar las

distintas respuestas para identificar la solución correcta, sin necesidad de utilizar los conceptos y conocimientos necesarios sobre integración de funciones. Situaciones similares se dan en problemas de resolución de sistemas de ecuaciones lineales, ecuaciones diferenciales, etc.

Tampoco es adecuada la posibilidad de ofrecer un campo para rellenar la solución y compararla con la “solución correcta”, pues en muchos problemas ésta puede venir dada por muy distintas formas, todas ellas equivalentes y correctas. La única forma de poder comprobar que las respuestas dadas por los estudiantes son o no correctas, sin ofrecer opciones, es mediante un sistema de cálculo simbólico (CAS), que permita evaluar simbólicamente y numéricamente las respuestas, que han debido ser construidas utilizando los procesos que realmente se desea evaluar.

Distintos aspectos de la utilización de sistemas de evaluación automática en matemáticas han sido considerados en diversos trabajos (véanse, por ejemplo, Greenhow, 2015; Hoogland & Tout, 2018; Sangwin, 2013; Sangwin & Kocher, 2016 y una revisión en Gaona, 2020), incluyendo aplicaciones en Ingeniería (Gaona et al., 2018; Vasko et al. 2018), en la evaluación de ejercicios consistentes en demostraciones matemáticas (Bickerton & Sangwin, 2021), en facilitar la transición a la universidad (Kinnear, 2022), o en el diseño de estrategias para una evaluación online fiable y atractiva para el alumnado (Johnson et al., 2022).

Existen diversos sistemas comerciales que permiten realizar este tipo de actividades, entre ellos Möbius (<https://www.digitaled.com/mobius>), previamente denominado Maple T.A., WirisQuizzes (<https://www.wiris.com>) o Numworx (<https://www.numworx.nl/en/>). La ventaja obvia de estos sistemas es el respaldo en cuanto a implementación y servicios, con la desventaja de los costes y de limitaciones para poder ser modificados o ampliados. Estos sistemas comerciales son utilizados en numerosas universidades y su utilización discutida en diversos trabajos (Calm et al., 2013; Jones, 2008; Rønning, 2017; Sancho & Escudero, 2012).

El sistema STACK (*the System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel*) es un sistema de software abierto, desarrollado en la Universidad de Edimburgo (<https://www.ed.ac.uk/maths/stack>) y basado en el CAS también abierto Maxima (<https://maxima.sourceforge.io/>). El sistema STACK puede integrarse en diversos sistemas de gestión de aprendizaje (*Learning Management Systems*, LMS) y, en particular, puede incorporarse fácilmente como un plugin en el LMS Moodle, utilizado en la UA y uno de los más extendidos en universidades (Gamage et al., 2022). El sistema STACK es utilizado en numerosas universidades de todo el mundo y reúne una amplia comunidad de usuarios y desarrolladores, con organización de cursos de formación y un congreso anual, y con abundante documentación y ejemplos disponibles (véase <https://stack-assessment.org/>).

En un proyecto previo (Castro et al., 2021) se desarrolló una experiencia piloto en la que se realizó una instalación de Moodle con STACK en un servidor propio del DMA de la UA, utilizándose con un grupo muy reducido de estudiantes debido a limitaciones computacionales, obteniéndose opiniones favorables del alumnado participante sobre su utilización.

Un primer objetivo de este trabajo fue ampliar las capacidades computacionales del sistema y su facilidad de acceso, para poder ser utilizado de forma eficiente y simultánea por un amplio número de estudiantes.

Un segundo objetivo fue comprobar si la utilización de preguntas autocorregidas del tipo de las ofrecidas por el sistema STACK, como parte integrante de las actividades de algunos grupos de prácticas y como instrumento parcial de evaluación en el conjunto de estudiantes de una asignatura, efectivamente era bien acogido por el alumnado y si se encontraba algún tipo de relación entre la realización de este tipo de actividades y los resultados de evaluación ordinaria.

El objetivo final era proporcionar información sólida al conjunto de la comunidad universitaria de la UA sobre la utilidad de incorporar la herramienta STACK en el Moodle general de la UA, sin riesgo de que se produzcan problemas informáticos y con la experiencia de la buena acogida del alumnado.

2. MÉTODO

En el diseño e implementación del proyecto ha participado un equipo de docentes de asignaturas de Matemáticas de diferentes titulaciones de la EPS, todos ellos miembros del DMA de la UA, y un miembro del personal técnico del mismo departamento.

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

La experiencia docente se ha llevado a cabo en la asignatura Fundamentos Matemáticos 2 (FM2) del Grado en Fundamentos de la Arquitectura (GFA) impartido en la EPS de la UA. La información detallada sobre estos estudios puede consultarse en Grado en Fundamentos de la Arquitectura (2021). La asignatura forma parte del bloque de formación básica de la titulación, se imparte en el segundo semestre del primer curso e incluye fundamentalmente contenidos de Cálculo diferencial e integral de varias variables, Geometría diferencial y Ecuaciones diferenciales. Los contenidos previos necesarios de Cálculo de una variable y Álgebra lineal se abordan en la asignatura Fundamentos Matemáticos 1, impartida en el primer semestre.

La experiencia se desarrolló durante el curso 2021-2022, en el que hubo un total de 186 estudiantes matriculados, distribuidos en tres grupos de Teoría (uno de ellos impartido en inglés, de pequeño tamaño) y nueve grupos de Prácticas con ordenador. Las actividades de STACK estuvieron disponibles para el conjunto del alumnado, incluyéndose únicamente como actividad obligatoria la realización mediante STACK de uno de tres cuestionarios (los otros dos consistían en preguntas con respuesta de opción múltiple), con un peso conjunto de los cuestionarios del 10% en la nota final. En dos de los grupos de prácticas, con un total de 32 estudiantes matriculados, se incorporó el uso de STACK dentro del desarrollo de las clases.

2.2. Instrumentos

En la experiencia se han utilizado instrumentos de tipo técnico, de desarrollo de contenidos y de evaluación.

Los instrumentos técnicos han consistido en la ampliación de capacidad del sistema informático, con la incorporación de un servidor independiente de MaximaPool, para permitir un alto número de accesos simultáneos con una rápida velocidad de respuesta, y en la adecuación a los protocolos de seguridad establecidos por el Servicio de Informática de la UA, para permitir el acceso al sistema desde el exterior de la red de la UA mediante la identificación general de alumnado y profesorado (usuario y contraseña de UAcloud). Puede accederse de esta forma al servidor propio de Moodle con STACK en la dirección <https://stack.dma.ua.es/moodle/>. El acceso a los contenidos requiere el registro previo como usuario en el sistema, que puede solicitarse a través del DMA o de los autores.

Se ha elaborado un banco de preguntas de STACK correspondientes a los contenidos de la asignatura FMA2 de GFA, con más de 130 preguntas clasificadas por temas, en su gran mayoría incluyendo datos y opciones generados de forma aleatoria, haciendo prácticamente ilimitado el número de preguntas distintas disponibles. A partir del banco de preguntas, se han generado y puesto a disposición del alumnado cuestionarios que permiten practicar, con autocorrección y retroalimentación inmediatas, los contenidos básicos de la asignatura: Cálculo diferencial de varias variables y aplicaciones,

Geometría diferencial de curvas y superficies y Ecuaciones diferenciales (véanse ejemplos en Anexo).

La opinión del alumnado participante en la experiencia se ha recogido mediante una encuesta (Cuadro 1), consistente en 9 ítems tipo Likert con cinco niveles de respuesta: A) Totalmente en desacuerdo; B) En desacuerdo; C) Neutral, ni de acuerdo ni en desacuerdo; D) De acuerdo; E) Totalmente de acuerdo.

2.3. Procedimiento

Las mejoras técnicas en el sistema independiente de Moodle con STACK, disponible de un proyecto previo (Castro et al., 2021), fueron realizadas por el técnico en Informática del DMA durante el último trimestre de 2021, en colaboración con la dirección de la EPS para la incorporación del servidor independiente de MaximaPool y en consulta con el Servicio de Informática de la UA para las cuestiones de acceso y seguridad.

Cuadro 1. Contenido de la encuesta para recoger la opinión del alumnado participante en la experiencia.

-
1. Con carácter general, los cuestionarios online realizados a lo largo del curso ayudan a preparar la asignatura.
 2. Se han realizado cuestionarios tipo test (el primero y el tercero) donde las respuestas SÍ estaban predefinidas y cuestionarios donde las respuestas NO estaban predefinidas. Son más útiles los ejercicios SIN respuestas predefinidas (que los que SÍ tenían las respuestas predefinidas).
 3. Disponer de MÁS ejercicios autocorregidos durante el desarrollo de la asignatura me habría ayudado a prepararla mejor.
 4. Estaría bien disponer de este tipo de ejercicios autocorregidos SIN respuestas predefinidas en todas las asignaturas de Matemáticas y en otras asignaturas donde también hay que hacer cálculos.
 5. Aunque este tipo de ejercicios autocorregidos hubiesen estado disponibles durante el desarrollo de la asignatura, no creo que hubiese podido dedicar tiempo suficiente para realizarlos.
 6. Este tipo de ejercicios autocorregidos pueden ser útiles para preparar los exámenes pero no ayudan a comprender mejor los conceptos de la asignatura.
 7. Para que este tipo de ejercicios autocorregidos sean útiles deberían estar disponibles con el resto de contenidos del curso.
 8. Estos ejercicios autocorregidos me pueden ayudar a desarrollar destrezas matemáticas concretas, pues puedo repetir el mismo tipo de ejercicio con variaciones en los datos, identificando los fallos y corrigiéndolos.
 9. Este tipo de ejercicios autocorregidos deberían formar parte de las actividades a realizar durante las clases y no fuera de las mismas.
-

La elaboración de preguntas STACK se llevó a cabo a lo largo del curso, incorporando una gran parte de los contenidos incluidos en la serie de problemas que se distribuye al alumnado de FM2 al principio del semestre.

El cuestionario a realizar mediante STACK por el conjunto del alumnado se mantuvo abierto durante la segunda semana de marzo de 2022, permitiendo múltiples intentos con un límite de 2 horas para su realización, constando de 8 preguntas que cubrían los contenidos de la asignatura sobre Campos escalares y siendo cumplimentado por 131 estudiantes, con un total de 357 intentos.

Del total de 32 estudiantes de los grupos de prácticas en los que se incorporó la realización de actividades STACK dentro del desarrollo de la clase, 24 participaron de forma regular en la mayor parte de los cuestionarios propuestos.

La encuesta de opinión se incorporó en un pequeño cuestionario de preparación de examen, en la última semana de clases de la asignatura, a finales de mayo de 2022, siendo cumplimentado por 108 estudiantes.

3. RESULTADOS

En el Cuadro 1 se muestra el contenido de la encuesta para recoger la opinión del alumnado participante en la experiencia. El primer ítem se refiere a la utilidad de los cuestionarios en general, independientemente de si consisten en respuestas múltiples o en actividades de STACK, en las que no hay respuestas definidas. El resto de preguntas se refieren específicamente a las actividades de STACK, con redacciones en las que la opinión favorable puede reflejarse mediante respuestas de coincidencia o discrepancia.

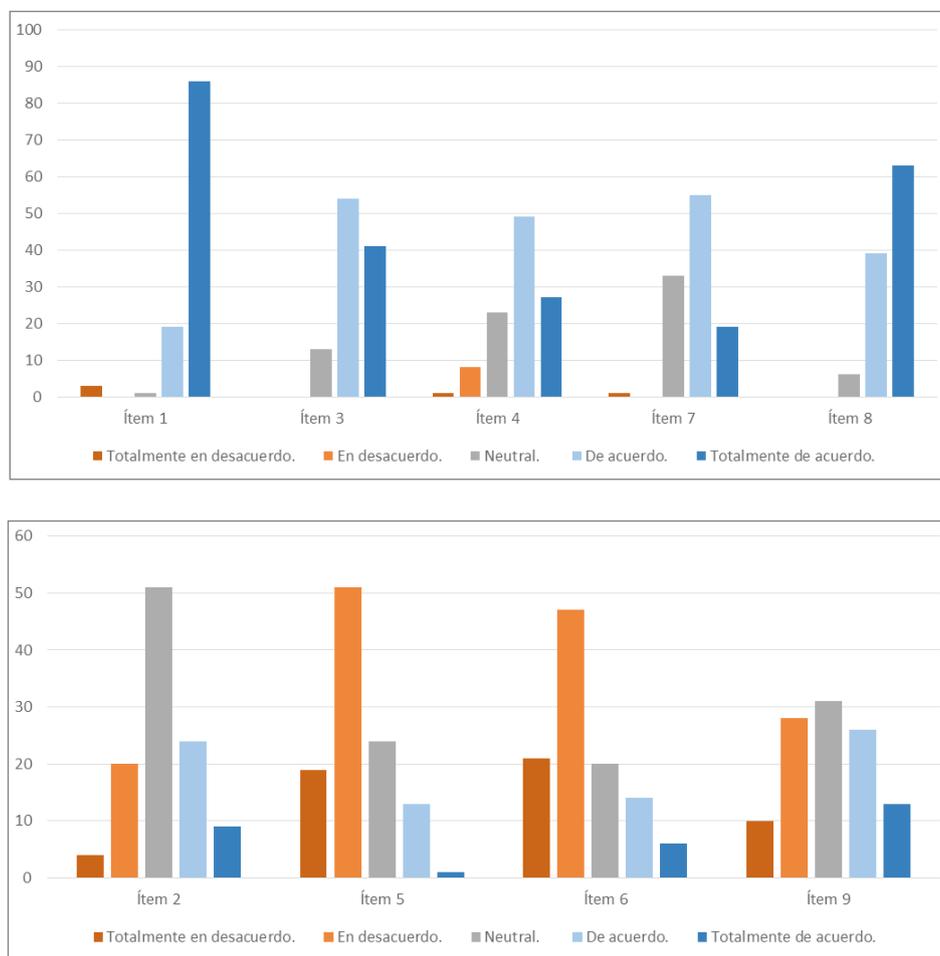


Figura 1. Distribuciones de las respuestas del alumnado a la encuesta de opinión (n=108).

Gráfica superior: Ítems con respuestas mayoritariamente coincidentes (De acuerdo o Totalmente de acuerdo).

Gráfica inferior: Ítems con respuestas mayoritariamente discrepantes (En desacuerdo o Totalmente en desacuerdo) o no bien definidas en cuanto a coincidencia o discrepancia.

La distribución de las respuestas del alumnado a los distintos ítems de la encuesta se presenta en la Figura 1. En la gráfica superior se incluyen los ítems con respuestas mayoritariamente coincidentes (ítems 1, 3, 4, 7 y 8). En la gráfica inferior se incluyen dos ítems (5 y 6) con respuestas mayoritariamente discrepantes, que reflejan la opinión favorable del alumnado a la utilidad de las actividades STACK para comprender los conceptos de la asignatura y su disposición a realizarlas. En esta misma gráfica aparecen los ítems 2 y 9, con un alto número de respuestas neutrales y opiniones divergentes, sobre las ventajas de los ejercicios autocorregidos frente a los cuestionarios tradicionales de respuesta múltiple y sobre la conveniencia de limitar estos ejercicios a las actividades en clase.

En la Tabla 1 se presentan las relaciones entre las puntuaciones obtenidas en los cuestionarios realizados con STACK (C2) o mediante respuestas múltiples (C1 y C3) y las notas correspondientes a dos exámenes parciales y la nota final de evaluación continua, para el conjunto del alumnado de la asignatura (Total) y para el grupo de estudiantes que realizaron actividades de STACK de forma regular (GS).

Tabla 1. Coeficientes de correlación (Pearson) entre las puntuaciones de los cuestionarios (C1, C2, C3) y las nota de exámenes parciales (P1, P2) y final de evaluación continua (NF), para el total de estudiantes (Total) y el grupo GS. Se excluyen los estudiantes no presentados a alguna de las pruebas, indicándose los tamaños de muestra en cada comparación (n). Se indican las correlaciones altamente significativas, con $p < 0.001$ (***), muy significativas, con $p < 0.01$ (**) y significativas, con $p < 0.05$ (*).

		P1 (n)		P2 (n)		NF (n)	
Total	C1	0.271**	(130)	0.278**	(107)	0.495***	(133)
	C2	0.331***	(123)	0.307***	(106)	0.328***	(125)
	C3	0.242*	(106)	0.343***	(95)	0.332***	(108)
GS	C1	0.045	(22)	0.251	(18)	0.262	(22)
	C2	0.351	(21)	0.371	(18)	0.290	(21)
	C3	0.211	(19)	0.296	(17)	0.226	(19)

Como se observa en la Tabla 1, las puntuaciones de los cuestionarios correlacionan positivamente con los resultados de los exámenes, de forma significativa para el tamaño de muestra mayor correspondiente al total de estudiantes. En esta muestra, los resultados del cuestionario C2, realizado con STACK, presenta correlaciones altamente significativas en todos los casos, destacando las mayores correlaciones con los resultados del primer parcial. En el grupo GS, aunque ninguna de las correlaciones es estadísticamente significativa debido a los menores tamaños de muestra, es sugerente que los resultados de C2 presentan las mayores correlaciones en todos los casos, incluso con las notas del segundo parcial, con contenidos más próximos a los correspondientes al cuestionario C3.

En la Tabla 2 se presentan las relaciones entre las puntuaciones de los cuestionarios STACK para preparar los contenidos de Campos escalares y Curvas y superficies y los resultados de evaluación.

Tabla 2. Coeficientes de correlación (Pearson) entre las puntuaciones de cuestionarios STACK con contenidos de Campos escalares (CE1, CE2) y Curvas y superficies (CS) y las nota de exámenes parciales (P1, P2) y final de evaluación continua (NF), para el grupo GS. Se excluyen los estudiantes no presentados a alguna de las pruebas, indicándose los tamaños de muestra en cada comparación (n). Se indican las correlaciones altamente significativas, con $p < 0.001$ (***), muy significativas, con $p < 0.01$ (**) y significativas, con $p < 0.05$ (*).

	P1	P2	NF
CE1 (n=17)	0.814***	0.635**	0.800***
CE2 (n=20)	0.561*	0.550*	0.632**
CS (n=20)	0.403	0.319	0.417

Las altas correlaciones que se observan en la Tabla 2, significativas en el caso de los contenidos sobre Campos escalares a pesar de los reducidos tamaños de muestra, sugieren un efecto positivo de la realización del tipo de actividades autocorregidas de STACK para la preparación de los contenidos básicos de la asignatura.

Los resultados de evaluación del grupo GS han sido muy ligeramente superiores a los del conjunto de la asignatura, con un incremento medio de 0.6 puntos en la nota final e incrementos medios algo menores en los parciales, sin que las diferencias sean estadísticamente significativas (comparación de medias entre grupos, GS y resto de estudiantes, para la nota final mediante test de la t, sin asumir varianzas iguales: $t=1.644$, $gl=35.85$, $p=0.109$).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La experiencia educativa desarrollada en este proyecto ha confirmado la buena acogida por parte del alumnado de las actividades de autoevaluación que permite el sistema STACK, como sugerían los datos de una muy reducida experiencia piloto previa (Castro et al., 2021).

Los resultados de la encuesta presentados en la Figura 1 muestran claramente la opinión favorable del alumnado a disponer de un mayor número de ejercicios autocorregidos, integrados con el conjunto de contenidos del curso, y sin que se limiten exclusivamente a las asignaturas de Matemáticas, así como su disposición a realizarlos y la percepción de que su utilidad no se limita a preparar los exámenes, sino también a mejorar la comprensión de conceptos.

La retroalimentación (*feedback*) de las actividades propuestas al alumnado es un aspecto integral en la docencia (Morris et al., 2021) y es casi unánime la opinión favorable del alumnado a una de las principales ventajas de las cuestiones de STACK, la retroalimentación inmediata a sus respuestas, que es una de las características destacadas en este tipo de sistemas (Calm et al., 2013; Gaona et al., 2018).

Los resultados mostrados en las Tablas 1 y 2 sugieren una relación positiva entre la realización de actividades autocorregidas y los resultados en las pruebas de evaluación, como se ha indicado en trabajos previos (e.g., Calm et al., 2013; Vasko et al. 2018), destacando las altas correlaciones con los resultados de los exámenes de las puntuaciones del cuestionario sobre Campos escalares, donde se incluyen los conceptos básicos de Cálculo de varias variables necesarios en la mayor parte de los contenidos de la asignatura. No obstante, la falta de un diseño experimental adecuado, en cuanto a tamaños muestrales y aleatorización para evitar factores de confusión, impide obtener conclusiones estadísticamente significativas de tipo causa-efecto.

Los resultados técnicos de la experiencia han puesto de manifiesto la capacidad del sistema informático para atender un alto número de accesos simultáneos sin merma en la rapidez de respuesta y sin que se haya detectado ningún tipo de problema. En colaboración con un proyecto paralelo liderado desde la EPS, se están realizando pruebas de estrés para garantizar que no existe ningún riesgo en la incorporación de STACK en el Moodle general de la UA, estando en conversaciones con el Servicio de Informática para que esta incorporación pueda ya realizarse en el curso 2022-2023. Con ello, se habrá cumplido el objetivo final del proyecto, lo que contribuirá sin duda a la extensión del uso de STACK en la UA en cualquier asignatura que lo requiera.

5. REFERENCIAS

Bickerton, R. T., & Sangwin, C. J. (2021). Practical online assessment of mathematical proof. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1896813>

- Calm, R., Masià, R., Olivé, C., Parés, N., Pozo, F., Ripoll, J., Sancho-Vinuesa, T. (2013). Wiris Quizzes: un sistema de evaluación continua con feedback automático para el aprendizaje de matemáticas en línea. *TESI*, 14(2), 452-472.
- Castro, M. A., García, P.A., Sirvent, A., Reyes, J. A., Martínez, J. A., & Rodríguez, F. (2021). *Uso de STACK para actividades de autoaprendizaje y autoevaluación en Matemáticas: experiencia piloto en una asignatura de primer curso de Ingeniería*. In R. Satorre (Ed.), *Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19* (pp. 660-670). Ediciones Octaedro.
- Gamage, S. H. P. W., Ayres, J. R. & Behrend, M. B. (2022). A systematic review on trends in using Moodle for teaching and learning. *International Journal of STEM Education*, 9, 9. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00323-x>
- Gaona, J. (2020). Panorama sobre los sistemas de evaluación automática en línea en matemáticas. *Revista Paradigma (Extra 2)*, 41, 53-81. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.0.p53-80.id853>
- Gaona, J., Reguant, M., Valdivia, I., Vázquez, M. & Sancho-Vinuesa, T. (2018). Feedback by automatic assessment systems used in mathematics homework in the engineering field. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(4), 994–1007. <https://doi.org/10.1002/cae.21950>
- Grado en Fundamentos de la Arquitectura (2021). Retrieved from <https://web.ua.es/es/grados/grado-en-fundamentos-de-la-arquitectura/>.
- Greenhow, M. (2015). Effective computer-aided assessment of mathematics; principles, practice and results. *Teaching Mathematics and its Applications*, 34(3), 117–137. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrv012>
- Hoogland, K., & Tout, D. (2018). Computer-based assessment of mathematics into the twenty-first century: pressures and tensions. *ZDM - Mathematics Education*, 50(4), 675–686. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0944-2>
- Johnson, S., Maclean, J., Vozzo, R. F., Koerber, A. & Humphries, M.A. (2022). Don't throw the student out with the bathwater: online assessment strategies your class won't hate. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(3) 627-638. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1998687>
- Jones, I. S. (2008). Computer-aided assessment questions in engineering mathematics using Maple T.A. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 39(3) 341-356. <https://doi.org/10.1080/00207390701734523>
- Kinnear, G., Wood, A. K. & Gratwick, R. (2022) Designing and evaluating an online course to support transition to university mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(1), 11-34. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1962554>
- Morris, R., Perry, T., & Wardle, L. (2021). Formative assessment and feedback for learning in higher education: A systematic review. *Review of Education*, 9, e3292. <https://doi.org/10.1002/rev3.3292>
- Rønning, F. (2017). Influence of computer-aided assessment on ways of working with mathematics. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 36, 94-107. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrx001>
- Sancho, T. & Escudero, N. (2012). ¿Por qué una propuesta de evaluación formativa con *feedback* automático en una asignatura de matemáticas en línea?. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 9(2), 59-79. <http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v9i2.1285>
- Sangwin, C. J. (2013). *Computer Aided Assessment of Mathematics*. Oxford: Oxford University Press.
- Sangwin, C.J. & Jones, I. (2017). Asymmetry in student achievement on multiple-choice and con-

structured-response items in reversible mathematics processes. *Educational Studies in Mathematics*, 94, 205–222. <https://doi.org/10.1007/s10649-016-9725-4>

Sangwin, C. J. & Kocher, N. (2016). Automation of mathematics examinations. *Computers and Education*, 94, 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.014>

Vasko, M., Ritter, S. & Metzger, G. (2018). Online homework in engineering mathematics: can we narrow the performance gap? *International Journal of Engineering Pedagogy*, 8(1), 29–42. <https://doi.org/10.3991/ijep.v8i1.7526>

6. ANEXOS

En este Anexo se incluyen ejemplos de preguntas mediante STACK sobre contenidos de la asignatura Fundamentos Matemáticos 2 de GFA correspondientes a Curvas y superficies, Campos escalares y optimización y Ecuaciones diferenciales.

El presente trabajo ha contado con una ayuda del Programa de Redes de investigación en docencia universitaria del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante (convocatoria 2021-22). Ref.: Xarxes-I3CE-2021-5586.

Cuadro 2. Ejemplos de preguntas mediante STACK sobre el tema de Curvas y superficies.

Importante: introduce los vectores como listas, por ejemplo, si el vector es (a, b, c) escribe [a,b,c].

Enunciado: Halla la curvatura y la torsión en cada punto de la siguiente curva

$$r(t) = \left\{ \left(t, \frac{t+1}{t}, \frac{1-t^2}{t} \right) : t \in \mathbb{R} - \{0\} \right\}$$

¿Es una curva plana?

Gulón:

- $r'(t) = [\text{input}]$ y su módulo $\|r'(t)\| = [\text{input}]$
- $r''(t) = [\text{input}]$
- El producto vectorial $r'(t) \times r''(t) = [\text{input}]$ y su módulo $\|r'(t) \times r''(t)\| = [\text{input}]$
- La curvatura es $\kappa(t) = [\text{input}]$
- $r'''(t) = [\text{input}]$
- Determina el producto $[r'(t), r''(t), r'''(t)] = (r'(t) \times r''(t)) \cdot r'''(t) = [\text{input}]$
- La torsión es $\tau(t) = [\text{input}]$
- ¿Es una curva plana?

Importante: introduce los vectores como listas, por ejemplo, si el vector es (a, b, c) escribe [a,b,c].

Enunciado: Dada la superficie definida por

$$S(u, v) = (\sqrt{25 - u^2}, v, 25)$$

donde $(u, v) \in [-5, 5] \times \mathbb{R}$, y dado el punto $P = (5, -2, 25)$, se pide:

- $\frac{\partial S}{\partial u}(u, v) = [\text{input}]$
- $\frac{\partial S}{\partial v}(u, v) = [\text{input}]$
- Los vectores \vec{t}_u y \vec{t}_v tangentes a la superficie en el punto P :
 - $\vec{t}_u = [\text{input}]$
 - $\vec{t}_v = [\text{input}]$
- Un vector perpendicular a \vec{t}_u y a \vec{t}_v :
- La ecuación del plano tangente a la superficie en el punto P :

Cuadro 3. Ejemplos de preguntas mediante STACK sobre el tema de Campos escalares y optimización.

Regla de la cadena: Si $w = f(x, y)$, con $x = h_1(u, v)$ y $y = h_2(u, v)$, entonces

$$\frac{\partial w}{\partial u} = \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial u} + \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial u}$$

$$\frac{\partial w}{\partial v} = \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial v} + \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial v}$$

Ejercicio 46

Dada $w = \arctan\left(\frac{x}{y}\right)$, $x = v + u$ e $y = u - v$, demuestra que:

$$\frac{\partial w}{\partial u} + \frac{\partial w}{\partial v} = \frac{u - v}{u^2 + v^2}$$

Completa:

$\frac{\partial w}{\partial u} = [\text{input}]$

$\frac{\partial w}{\partial v} = [\text{input}]$

$\frac{\partial x}{\partial u} = [\text{input}]$

$\frac{\partial x}{\partial v} = [\text{input}]$

$\frac{\partial y}{\partial u} = [\text{input}]$

$\frac{\partial y}{\partial v} = [\text{input}]$

Utiliza la regla de la cadena y las expresiones previamente calculadas para obtener:

$\frac{\partial w}{\partial u} + \frac{\partial w}{\partial v} = [\text{input}]$

Simplifica la expresión $\frac{\partial w}{\partial u} + \frac{\partial w}{\partial v}$ y comprueba que coincide con $\frac{u-v}{u^2+v^2}$, expresando esta última en función de x e y .

Ejercicio 56

Utilizando el método de los multiplicadores de Lagrange, calcular los lados del triángulo isósceles de perímetro 4 que tiene área máxima.

Gulón:

Sean $f(x, y) = [\text{input}]$ y $g(x, y) = [\text{input}]$

El problema consiste en determinar el valor máximo y el valor mínimo de $z = f(x, y)$ sujeto a la restricción $g(x, y) = 0$.

- Determinamos los puntos críticos de $F(x, y) = f(x, y) + \lambda \cdot g(x, y) = [\text{input}]$
- Las derivadas parciales de F son:
 - $\frac{\partial F}{\partial x}(x, y) = [\text{input}]$
 - $\frac{\partial F}{\partial y}(x, y) = [\text{input}]$
- Los puntos que anulan el vector gradiente de F y cumplen la restricción $2 \cdot y + x - 4 = 0$ son:
- La matriz $H(x, y)$ es $H(x, y) = [\text{input}]$
- El punto en el que se alcanza el valor mínimo es: $[x = ?; y = ?; \text{lambda} = ?]$
- El valor mínimo es:
- El punto en el que se alcanza el valor máximo es: $[x = ?; y = ?; \text{lambda} = ?]$
- El valor máximo es:
- Comenta los resultados obtenidos.

Cuadro 4. Ejemplos de preguntas mediante STACK sobre el tema de Ecuaciones diferenciales.

Resuelve la Ecuación diferencial $y'' - 11y' + 24y = -24 \cdot e^{3x}$

Solución homogénea:

Solución particular:

Resuelve la Ecuación diferencial $y'' - 12y' + 32y = 108 \cdot \sin(x) + 288 \cdot \cos(x)$

Solución homogénea:

Solución particular: