

# EX4MATHS COMO ENTORNO PERSONAL DE APRENDIZAJE EN ASIGNATURAS DE MATEMÁTICAS, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

José A. Capitán<sup>1\*</sup>, Sara Cuenda<sup>2</sup>, Ana Luzón<sup>1</sup>, Antonio Sánchez<sup>3</sup> y Juan C. Sanz<sup>1</sup>

1: Departamento de Matemática Aplicada  
ETS. Edificación y ETS. Montes, Forestal y del Medio Natural  
Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: {j.a.capitan,anamaria.luzon,juancarlos.nuno}@upm.es

2: Departamento de Análisis Económico: Economía Cuantitativa  
Facultad de CC. Económicas y Empresariales  
Universidad Autónoma de Madrid  
e-mail: sara.cuenda@uam.es

3: Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I  
Facultad de CC. Químicas  
Universidad Complutense de Madrid  
antons04@ucm.es

**Resumen.** *En este proyecto hemos utilizado la plataforma EX4MATHS como entorno personal de aprendizaje y para facilitar la evaluación de asignaturas de Matemáticas, Estadística e Informática de los grados del Departamento de Matemática Aplicada en los que imparten docencia los profesores Capitán, Luzón y Sanz. En concreto, se han desarrollado bancos de preguntas para las asignaturas de Álgebra Lineal, Estadística e Informática y Modelización Matemática, y se ha utilizado la herramienta para la evaluación de los alumnos y para su auto-evaluación.*

**Palabras clave:** Aprendizaje Activo, Aprendizaje Adaptativo, Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Colaborativo, Autoaprendizaje-Aprendizaje Autónomo, Coevaluación, Desarrollo de TIC's, Elaboración de material docente, Evaluación del aprendizaje, Inteligencia Colectiva, Uso de TIC.

## 1. Introducción

Una de las principales herramientas didácticas que ayudan a fomentar la inteligencia colectiva son los Entornos Personales de Aprendizaje (Personal Learning Environments, PLE, en inglés), que se entienden como conjuntos de recursos, herramientas, fuentes de información y actividades que el alumno utiliza de forma habitual en los procesos de aprendizaje. En este proyecto planteamos la utilización de la plataforma EX4MATHS [1] como PLE para asignaturas de matemáticas, estadística e informática, explotando las capacidades que nos ofrece la herramienta a la hora de automatización de tareas, auto-evaluación y un posible uso en actividades que fomenten la co-evaluación entre alumnos.

La plataforma EX4MATHS, que es un recurso web abierto, gratuito y accesible a todos los miembros de la comunidad docente, permite la automatización de ejercicios en asignaturas de matemáticas y/o en asignaturas en las que es imprescindible realizar una evaluación mediante prácticas con ordenador. La herramienta permite diseñar ejercicios auto-evaluables con parámetros aleatorios, de forma que en los

cuestionarios cada alumno resuelve un ejercicio diferente. Eso abre grandes posibilidades, al automatizar las tareas de auto-evaluación, pero también a la hora de diseñar actividades grupales que fomenten el aprendizaje colaborativo y la evaluación entre pares por parte de los estudiantes. El administrador de los cursos en EX4MATHS diseña las preguntas y ejercicios que conforman el banco de preguntas, después programa dichas preguntas en el lenguaje de programación PYTHON, y la propia plataforma se encarga de generar aleatoriamente las preguntas concretas que entran a formar parte de los cuestionarios que realiza el alumno. La implementación de los problemas en el lenguaje de programación PYTHON permite la creación de ejercicios de complejidad arbitraria para abordar un contexto más general como los que aparecen en las asignaturas de matemáticas e informática, y no sólo aquéllos cuya solución depende de una fórmula rígida (que son los únicos permitidos por la plataforma MOODLE).

El objetivo de este proyecto ha sido doble: (1) extender las funcionalidades de la aplicación EX4MATHS, para utilizarla como un PLE en asignaturas de matemáticas, estadística e informática, intentando ir más allá de la simple auto-evaluación para aplicarla a tareas de co-evaluación en el aula; (2) explotar la portabilidad del proyecto a otras asignaturas en otros grados de la UPM; en particular, en este proyecto hemos utilizado la plataforma EX4MATHS en las asignaturas de MATEMÁTICAS I y ESTADÍSTICA del Grado en Edificación (GE) y del Grado en Edificación y Administración de Empresas (GEADE).

El proyecto de innovación docente contó con la ayuda de dos becarios.

## **2. Desarrollo de la ponencia**

El proyecto contó con la colaboración de dos becarios asociados. La primera becaria se encargó de elaborar y testear, bajo supervisión, los bancos de problemas para las asignaturas de Matemáticas I y Estadística, cumpliendo así el segundo de los objetivos. Se han creado 137 preguntas para Estadística y 51 preguntas para Álgebra Lineal. Para ello, fue necesario incorporar rutinas de SCIPY en la plataforma, de modo que EX4MATHS ya puede dar soporte a funciones estadísticas estándar (Fig. 1).

El segundo becario se ha dedicado a comprobar y testear el banco de preguntas de la asignatura de Informática Modelización Matemática. Principalmente se ha ocupado de comprobar las preguntas del banco creado en un proyecto de innovación educativa el año pasado, y asimismo está generando nuevas preguntas para la parte de ecuaciones diferenciales hasta la finalización del presente proyecto de innovación educativa.

En relación con el objetivo de portabilidad del material creado en los bancos de preguntas de EX4MATHS, hemos extendido su uso a dos asignaturas más de los grados de la UPM. Pero evidentemente el conocimiento adquirido es totalmente exportable a otras asignaturas de otros departamentos de matemáticas o científico-técnicos de la UPM que utilicen ejercicios automatizados para fomentar la auto-evaluación o la evaluación continua mediante cuestionarios automáticos. También estamos intentando utilizar la plataforma en asignaturas fuera de la UPM: en particular, en asignaturas relacionadas con la bioinformática y la biología computacional en estudios de Grado y Máster de la Universidad Complutense de Madrid. Este trabajo (aún no finalizado) podrá revertir, además, en la UPM, ya que encontramos asignaturas similares en el grado de Biotecnología que se imparte en la Escuela Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas de nuestra

Universidad, donde los recursos elaborados en este proyecto podrían ser de bastante utilidad.

En las asignaturas de Estadística y Matemáticas I se han utilizado los bancos de preguntas para la evaluación de los alumnos en el aula, así como auto-evaluación. En este último caso, la herramienta sirve como entorno personal de aprendizaje a través de los distintos intentos de los cuestionarios.

En relación con este último punto, en primer lugar, hemos utilizado los cuestionarios de EX4MATHS para una primera fase de auto-evaluación. El estudiante ha dispuesto de cuestionarios, con varios intentos, que se ha podido utilizar para auto-evaluarse en cualquier momento, de forma que ha podido practicar los contenidos cuantas veces ha sido necesario. La idea es conseguir que EX4MATHS sea parte del PLE que el alumno utiliza diariamente en asignaturas de matemáticas, estadística e informática (Fig. 2).

Hemos realizado actividades combinando la auto-evaluación en el aula (pruebas individuales) con la co-evaluación grupal o por pares de alumnos. Una vez realizado un cuestionario individualmente por cada alumno en el aula, hemos realizado dinámicas de grupo en la que ellos mismos se ayudan unos a otros a la hora de identificar los errores cometidos en las respuestas. Como resultado, el proceso de enseñanza-aprendizaje se ha visto enriquecido por los alumnos que han alcanzado un mayor grado de comprensión, así como por el hecho de que colectivamente se comparten las experiencias y dificultades encontradas a la hora de resolver los problemas. Estas actividades de aprendizaje colaborativo han sido de gran importancia a la hora de que los alumnos vean EX4MATHS como un entorno personal de aprendizaje para sus asignaturas. A la hora de fomentar la participación colectiva y el aprendizaje grupal, hemos utilizado los foros de discusión que facilita la plataforma MOODLE.

En relación con el primer objetivo del proyecto (mejora de las funcionalidades de la plataforma EX4MATHS), en el desarrollo del proyecto se han implementado las siguientes funcionalidades nuevas:

- Ahora la plataforma permite que la búsqueda en el banco de preguntas se realice de acuerdo con determinadas etiquetas (tags) que clasifican las preguntas dentro del banco. Eso facilita enormemente la elaboración de cuestionarios (Fig. 3).
- A veces las tareas de aprendizaje en matemáticas no se limitan a resolver un ejercicio sencillo con una simple respuesta numérica. Muchas veces el alumno tiene que resolver un problema más complejo, en el que se pueden distinguir ciertas etapas en el proceso de resolución. Es el caso, por ejemplo, de la resolución de un contraste de hipótesis en Estadística o la diagonalización de una matriz en Álgebra. Al formular la cuestión preguntando sólo por el resultado final perdemos una gran parte del proceso de aprendizaje del algoritmo en cuestión con una herramienta de corrección automática como EX4MATHS. Por tanto, para abordar este tipo de ejercicios o problemas más complejos, hemos implementado una funcionalidad en la plataforma que permite "desglosar" una pregunta compleja en sucesivos "apartados" o pasos intermedios de resolución más inmediata. Este tipo de preguntas jerarquizadas ha sido muy conveniente a la hora de elaborar tareas de evaluación colectiva con la plataforma (Fig. 4).

- Para facilitar la tarea de recogida de calificaciones y la evaluación, se ha incluido una funcionalidad de exportación de calificaciones de la base de datos de EX4MATHS.

Actualmente estamos trabajando en dos mejoras en la plataforma que no se han podido completar: primero, en la selección aleatoria de preguntas en los cuestionarios, clasificadas estas preguntas por categorías. Hasta ahora, los cuestionarios en EX4MATHS son estáticos en cuanto al tipo de preguntas que contienen (cada pregunta es fija aunque sus parámetros son aleatorios). En el futuro queremos que los cuestionarios elijan entre categorías de preguntas definidas por el administrador. Eso proporciona una mayor variabilidad en los cuestionarios, así como una ampliación en la variedad de recursos disponibles para la evaluación del alumno. También queremos que la plataforma se comunique con MOODLE a la hora de que el alumno haga el inicio de sesión directamente en MOODLE (y no en EX4MATHS, como hasta ahora), y que la calificación de los cuestionarios directamente quede recogida en el libro de calificaciones de MOODLE una vez terminado el cuestionario. Esta tarea no es sencilla, y está llevando más tiempo del esperado.

### 3. Figuras, tablas, ecuaciones y referencias

Título	Etiquetas	Tipo	Última modificación	Ver	Editar	Incrustar	Duplicar	Borrar
ADEVA1-madre	tema4, adeva	Solo enunciado	14/11/2017 20:23					
ADEVA2-madre	tema4, adeva	Solo enunciado	14/11/2017 20:18					
ADEVA2-resolución2	tema4, resolución, adeva	Respuesta Única	14/11/2017 09:28					
ADEVA2-inferencia	tema4, inferencia, adeva, medias	Respuesta Corta	14/11/2017 00:00					
ADEVA1-s2Y	tema4, s2y, adeva	Respuesta Corta	14/11/2017 00:00					
ADEVA1-s2R	tema4, s2r, adeva	Respuesta Corta	13/11/2017 23:58					
ADEVA2-s2E	tema4, adeva, s2e	Respuesta Corta	13/11/2017 23:59					
ADEVA2-s2R	tema4, s2r, adeva	Respuesta Corta	13/11/2017 23:58					
ADEVA1-resolución	tema4, resolución, adeva	Respuesta Única	04/11/2017 13:20					

**Figura 1:** Muestra del banco de preguntas de Estadística en la plataforma EX4MATHS.

EX4MATHS Matemáticas I - Grupos 1-3-ADE (18-19)

Información Questionarios Calificaciones Preguntas

### 4. Cuestionario espacios vectoriales - fin de semana: Intentos de

No.	Inicio	Fin	Duración	Nota	Penalización	Nota Final	Borrar
1	21/10/2018 20:03:50	21/10/2018 20:57:18	0:53:19.852797	6.00	0.00	6.00	
2	21/10/2018 20:58:48	21/10/2018 21:09:45	0:10:56.634670	6.00	0.00	6.00	
3	21/10/2018 21:23:15	21/10/2018 21:33:56	0:10:40.729509	6.00	0.00	6.00	
4	21/10/2018 21:34:33	21/10/2018 21:42:20	0:07:46.295285	6.00	0.00	6.00	
5	21/10/2018 21:43:01	21/10/2018 21:48:36	0:05:35.494263	10.00	0.00	10.00	

Copyright © 2018 EX4MATHS | Acerca de | Contacto

Figura 2: Ejemplo de diferentes intentos de un cuestionario de auto-evaluación.

EX4MATHS Matemáticas I - Grupos 1-3-ADE (18-19)

Información Questionarios Calificaciones Preguntas

Título	Etiquetas	Tipo	Última modificación	Ver	Editar	Incrustar	Duplicar	Borrar
Espacios-subespacio-Lin	espacios, subespacio, tema3	Respuesta Corta	15/09/2018 18:51					
Espacios-subespacio-cuestiones	subespacios, espacios, tema3	Respuesta Única	13/09/2018 16:03					
Espacios-subespacio-Base	espacios, base, tema3	Respuesta Corta	15/09/2018 18:49					
Espacios-Sistema-madre	espacios, sistema, tema3	Solo enunciado	18/09/2018 19:28					
Espacios-Sistema-cuestiones	espacios, sistema, tema3	Respuesta Única	13/09/2018 16:06					
Espacios-Sistema	espacios, base, tema3	Respuesta Corta	15/09/2018 18:49					
Espacios-madre	espacios, tema3	Solo enunciado	18/09/2018 19:28					
Espacios-Lin	espacios, envolvente, tema3	Respuesta Corta	23/09/2018 18:33					
Espacios-Coordenadas	espacios, coordenadas, tema3	Respuesta Corta	13/09/2018 16:03					

Figura 3: Ejemplo de búsqueda por etiquetas en la plataforma EX4MATHS.

1. Dado el vector  $u = (4, 1, 2)$ , considera el conjunto  $S$  de todos los vectores de  $\mathbb{R}^3$  ortogonales a  $u$ .

2. (3.0 puntos)  
Señala la (única) respuesta correcta.

a.  Todo vector  $v$  ortogonal a  $u$  forma un ángulo nulo con  $u$ .

b.  Cules un vector  $v$  ortogonal a  $u$  verías que el producto escalar  $u \cdot v = 0$ .

c.  Todo vector  $v$  ortogonal a  $u$ .

d.  Cules un vector  $v$  ortogonal a  $u$  verías que el producto escalar  $u \cdot v = 0$ .

3. (3.0 puntos)  
Expresa el conjunto  $S$  como una envolvente lineal.

NOTA: Indica el conjunto de vectores que generan la envolvente lineal como una lista separándolos por punto y coma.  
Por ejemplo: (2,1);(3,5);(0,2).

Respuesta:

4. (3.0 puntos)  
Como hemos expresado  $S$  como una envolvente lineal, sabemos que es un subespacio vectorial. Halla una base ortogonal de dicho subespacio.

NOTA: Indica el conjunto de vectores que forman la base como una lista separándolos por punto y coma.  
Por ejemplo: (2,1);(3,5);(0,2).

Respuesta:

**Figura 4:** Muestra de pregunta múltiple con distintos apartados.

#### 4. Conclusiones

El grado de consecución de los objetivos es satisfactorio, aunque no completo dadas las dificultades de algunos de los objetivos propuestos y lo ambicioso del proyecto. Hemos completado el segundo objetivo casi en su totalidad, ya que aún faltan ejercicios para la asignatura de Informática y Modelización Matemática (el segundo becario está trabajando en ello). Se ha cumplimentado buena parte del primer objetivo, aunque faltan dos mejoras que estaban proyectadas: la conexión con Moodle y los cuestionarios aleatorios. Se aplicó la herramienta en el aula, y se ha puesto en práctica con los alumnos como entorno personal de aprendizaje a través de los cuestionarios de auto-evaluación. También hemos usado la plataforma como herramienta de co-evaluación. Finalmente, por falta de tiempo, no hemos podido llevar a cabo la elaboración de materiales que estaban previstos para fomentar la inteligencia colectiva ni herramientas de gamificación.

#### REFERENCIAS

[1] <https://www.ex4maths.com/>