

Herramienta para el auto-aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Superior. TestAutoEval

Francisco J. Godoy Suárez^a, César Rodríguez Mielgo^b, Ignacio J. Cabrera^c,
Juan J. González^d, and Juan Rocha^e

^{a,b,c,d,e} Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas Gran Canaria

RESUMEN

La última década ha sido testigo de un creciente interés en la enseñanza y aprendizaje en entornos colaborativos asistidos por ordenador. Dentro de este ámbito, el presente trabajo pretende implementar una aplicación web dinámica para la corrección automática de pruebas en las diferentes disciplinas de las Matemáticas: Álgebra Lineal, Cálculo, Estadística, etc. Esta herramienta web complementaria a la enseñanza de las matemáticas de nivel superior, pretende que los alumnos adquieran sólidos conocimientos teórico-prácticos empleando una adecuada estrategia de auto-corrección de pruebas y la información obtenida de la aplicación por retro-alimentación. Se ha desarrollado utilizando tecnología Java Enterprise Edition(JEE) sobre una plataforma Linux, con un servidor de aplicaciones web dinámicas WildFly(JBoss), que es software avanzado de nivel intermedio con soporte completo para esta tecnología. Integrando también el sistema el complemento MathJax, motor de visualización para las matemáticas y Latex, desarrollado con JavaScript; así como la aplicación matemática SageMath.

Keywords: Entornos Virtuales de Aprendizaje, Enseñanza Colaborativa, Aplicación Web JEE, Autoevaluación, Autocorrección, Latex, SageMath

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los entornos de aprendizaje basados en la cooperación y colaboración de equipos de trabajo presentan nuevas alternativas de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje¹ tanto en las instituciones educativas como en organizaciones empresariales. Los entornos de trabajo colaborativo, basados en tecnologías de CSCW (Computer Supported Cooperative Work)² están permitiendo la capacitación y el trabajo colaborativo en diferentes ámbitos de la sociedad.

Una de las maneras más comunes de conceptualizar los sistemas CSCW es considerar el contexto del uso del sistema. Una de tales conceptualizaciones es la matriz de CSCW, que aparece por primera vez en 1988 por Johansen y también en Baecker (1995).³ La matriz considera contextos de trabajo en dos dimensiones. En primer lugar, si la localización o distribución geográfica de la colaboración es común, y en segundo lugar si las personas colaboran de forma síncrona o asíncrona.

La aplicación de herramientas de CSCW en el diseño de programas informáticos ha permitido el desarrollo de Groupware.⁴ Software implementado

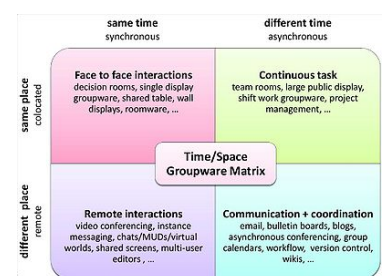


Figure 1. Matriz CSCW

Información adicional del autor:

F.J.G.S.: E-mail: fgodoy@dma.ulpgc.es, Teléfono: +34 928 458 808

C.R.M.: E-mail: cesar@dma.ulpgc.es, Teléfono: +34 928 458 819

I.J.C.: E-mail: icabrera@dma.ulpgc.es

J.J.G.: E-mail: jjglez@dma.ulpgc.es

J.R.: E-mail: jrocha@dma.ulpgc.es

con tecnología que involucra los conceptos de CSCW y que está basado en las áreas de colaboración e interacción humano-computadora y humano-humano, con el fin de mejorar y transformar las organizaciones.⁵ Los proyectos de investigación y desarrollo de este software en el ámbito educativo ha originado el área de CSCL (Computer Supported Collaborative Learning),⁶ paradigma que estudia el uso de la tecnología como herramienta que media con los métodos colaborativos de formación y aprendizaje.

El presente trabajo desarrolla un sistema web para la corrección automática de cuestiones teórico prácticas en Matemáticas a fin de que los alumnos adquieran conocimientos y habilidades adecuadas durante su formación. Dicho sistema se limita al de una aplicación web dinámica que permite a profesores y alumnos elaborar, realizar y consultar pruebas de auto corrección en un entorno de enseñanza virtual (e-learning) empleando las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el marco del aprendizaje colaborativo apoyado con ordenadores (CSCL, Computer Supported Collaborative Learning). Los usuarios podrán utilizar este entorno web con diferentes dispositivos electrónicos como ordenadores, tabletas, móviles, etc, que dispongan de un navegador web.

2. SISTEMA DE AUTOEVALUACIÓN

El objetivo de este proyecto es dar soporte informático a la realización y evaluación automática de problemas o pruebas relacionadas con un área temática o asignatura, y que han sido elaboradas por los profesores asociados a las mismas.

El dominio comprenderá aquellas tareas compuestas de preguntas y respuestas, que tras su elaboración por parte de los profesores, se publicarán en Internet para su realización por los alumnos. Esta respuesta a la pregunta podrán ser del tipo verdadero o falso, a completar con una respuesta corta o a elegir entre varias opciones, con la posible inclusión de texto e imagen adicional, tanto para respuestas como para razonamientos.

Se pretende dar soporte a enunciados con formato Latex que posibiliten la inclusión de cualquier expresión matemática, tanto en la pregunta como en la respuesta y su explicación. También contaremos con la opción de formular preguntas con respuestas algorítmicas para la resolución de un problema matemático de cálculo, algebraico o estadístico.

2.1 Modelo Funcional del Sistema

El siguiente modelo representa los usos más generales de la aplicación. Está construido en el lenguaje unificado de modelado (UML) y tiene semántica y notación, puede adoptar varios formatos que incluyen texto y gráficos.

Esta sección describe el sistema desde la perspectiva de su uso, y esquematiza cómo proporciona valor a sus usuarios. A grandes rasgos, detalla los procesos y entidades del contexto del software o sistema en términos de casos de uso y actores que se corresponden con los procesos y los usuarios, respectivamente.⁷

El modelo describe mediante casos de uso y a groso modo las actividades que realizan los actores que son usuarios registrados tras iniciar la sesión en el sistema según el rol que desempeñan, profesor, administrador o alumno.

2.2 Escenarios o Perfiles

Describiremos de manera textual en tres guiones básicos, asociados a cada uno de los roles de usuario o actores, las acciones que determinarán los casos de uso y sus flujos principales y excepcionales.

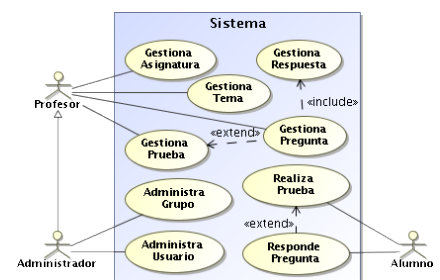


Figure 2. Diagrama de casos de uso

- **Administrador:** Tras iniciar la sesión, gestiona usuarios y grupos. Crea, borra, modifica y lista profesores, alumnos y grupos. Introducirá los datos característicos de los usuarios y grupos mediante formularios web y agregará a los usuarios a uno o más grupos. La asignación de permisos al grupo establecerá el nivel de acceso a los diferentes servicios del software. Habitualmente este rol es desempeñado por un profesor incluido en el grupo de administradores. El administrador puede editar y actualizar su perfil de usuario.

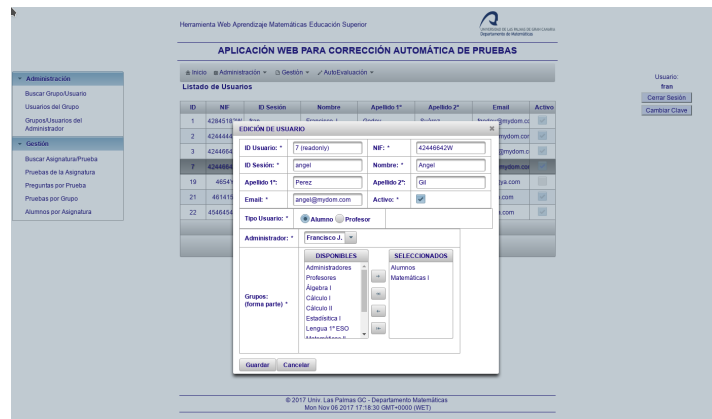


Figure 3. Administración de usuarios y grupos

- **Profesor:** Ingresa al sistema para elaborar las preguntas y respuestas, de los diferentes temas, que componen las pruebas de las asignaturas. Gestiona la edición, creación y eliminación de asignaturas, temas, pruebas, preguntas y sus respuestas. Puede pertenecer al grupo de los administradores. Obtiene de las asignaturas que imparte los listados de puntuación de las pruebas que realizan los alumnos, pudiendo consultar la prueba de un determinado alumno. Les comunica mediante mensajes la publicación o activación de las pruebas, etc.



Figure 4. Elaboración de preguntas y respuestas

- **Alumno:** Las sesiones tendrán como objetivo realizar pruebas de auto-corrección de las asignaturas que cursan, que serán registradas para permitir la posterior consulta de la puntuación. También puede modificar las características de su perfil de usuario. No puede pertenecer al grupo de administradores. Mantiene mensajería para comunicarse con los profesores que imparten las asignaturas que cursan.

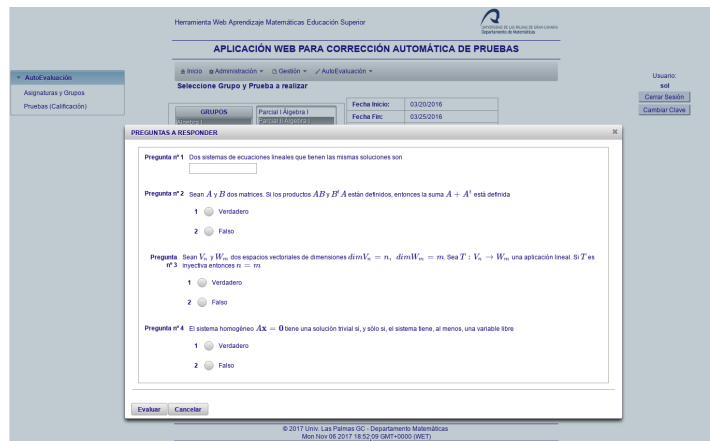


Figure 5. Realización de auto-evaluación

2.3 Sistema de Auto-Evaluación de Pruebas

La clase inicial del sistema presenta al usuario la página de inicio de la aplicación desde la que se puede iniciar la sesión o registrarse. Tanto en un caso como en el otro, la aplicación pasará a emplear un protocolo de transferencia de hipertexto seguro (https) y la información intercambiada entre usuarios y sistema se cifrará.

La aplicación estructura la información como una página web, haciendo uso de cabeceras y pies de página, menús horizontales y verticales, un contenedor central con el cuerpo de la página, etc.



Figure 6. Página de inicio (Home page)

2.3.1 Tipos de Preguntas y Respuestas

El sistema cuenta con cuatro tipos de respuestas a las preguntas que se puedan formular. La respuesta puede incluir, opcionalmente, una explicación o demostración de la misma. El enunciado, tanto de pregunta como respuesta, permite la inclusión de texto con simbología matemática en formato LaTeX.

- *Abierta*: cuadro de texto a rellenar.
- *Selección*: una opción entre varias.
- *Multiselección*: una o más respuestas elegidas.
- *Paramétricas*: múltiples enunciados para la misma pregunta elegida de los tres tipos anteriores.
- *Algorítmica* o de comandos de SageMath.

La figura siguiente muestra una prueba mixta con los tres primeros tipos.



Figure 7. Tipos de Respuestas

2.3.2 Asignaturas, Temas y Pruebas

La aplicación facilita la creación de pruebas asociadas a una asignatura agregándole preguntas de los diferentes temas, por los que se puede filtrar, como muestra la siguiente imagen.



Figure 8. Creación de una Prueba

2.3.3 Grupos, Pruebas y Calificación

El sistema permite consultar las pruebas asociadas a los diferentes grupos de alumnos, cursos o asignaturas, y las puntuaciones obtenidas, así como su relación con asignaturas y sus preguntas.

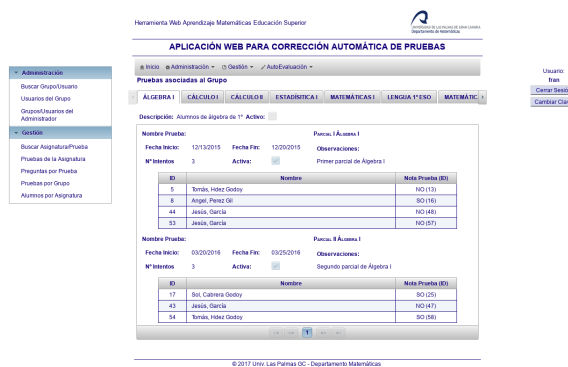


Figure 9. Pruebas y Calificaciones del Grupo

3. PLATAFORMA TECNOLÓGICA

El sistema emplea un servidor WildFly (JBoss) de aplicaciones JEE, el gestor PostgreSQL de base de datos, el complemento MathJax para símbolos matemáticos en Latex y la aplicación SageMath para las pruebas de complejidad algorítmica.

La aplicación se ha desarrollado siguiendo el modelo del ciclo de vida iterativo e incremental del software del Proceso Unificado.⁷ Implementada con HTML, Java y SQL, sigue la arquitectura Modelo, Vista, Control (MVC).

3.1 Servidor JEE

El sistema Wildfly o JBoss, es un servidor de aplicaciones JEE, por tanto facilita los diferentes estándares de esta tecnología: Java Persistence API (JPA), Enterprise Java Beans (EJB), Java Server Faces (JSF), etc. que permiten implementar la arquitectura MVC como muestra la imagen.

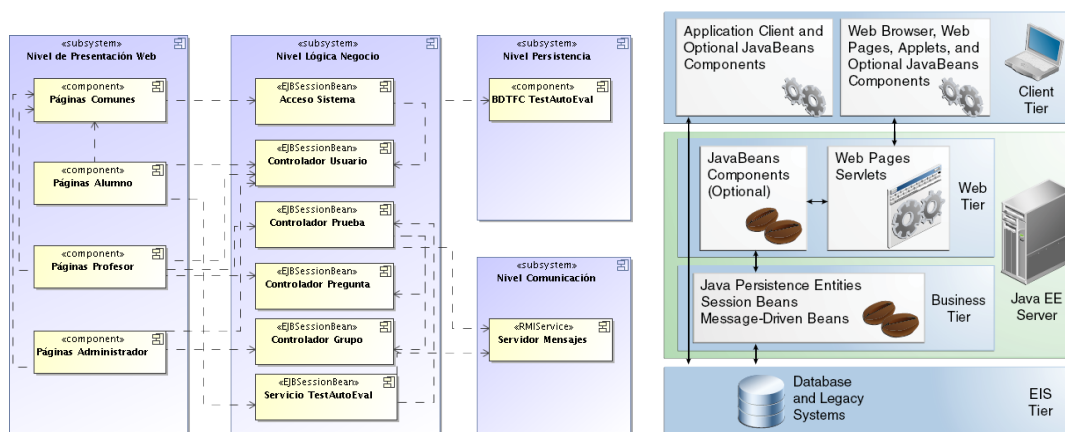


Figure 10. Arquitectura MVC y Contenedores JEE⁸

La arquitectura en niveles del servidor de aplicaciones consta de:

1. Nivel EIS (Enterprise Information System/Server) Sistema de información empresarial que alberga el sistema de gestión de base de datos (SGBD) al que se accede mediante Enterprise Java Beans y archivos de tipo POJO (Plain Old Java Object) para las entidades o tablas de la Base de Datos.
2. Nivel Servidor JEE:
 - Nivel de Lógica de Negocio (Business Tier) que está compuesto por los Managed Beans de control.
 - Nivel Web que implementado con páginas JSF (Java Server Faces) alberga el sitio web de la aplicación.
3. Nivel de presentación o del cliente que permite mediante un navegador web el acceso a la aplicación.

3.2 LaTeX y MathJax

MathJax es un motor de visualización implementado en JavaScript para las matemáticas y texto Latex que funciona en todos los navegadores. MathJaxTM utiliza CSS con fuentes web o SVG, en lugar de imágenes de mapa de bits o Flash, por lo que las ecuaciones se escalan con el texto circundante en todos los niveles de zoom. Utiliza Tex, MathML y ASCHmath como entrada para generar HTML + CSS, SVG y MathML como salida.⁹

Hemos empleado este complemento que facilita la inclusión de texto matemático escrito en Latex (Tex) en los enunciados de preguntas y respuestas del sistema, así como en las explicaciones de éstas.

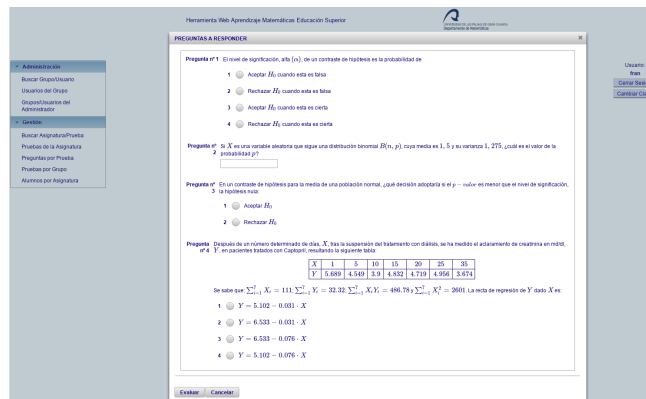


Figure 11. Test con texto en LaTeX y MathJax

3.3 SageMath

SageMath, software libre de código abierto bajo licencia GPL, está basado en muchos paquetes de código abierto existentes: NumPy, SciPy, matplotlib, Sympy, Maxima, GAP, FLINT, R, etc.¹⁰

Sage y el dialecto LaTeX de TeX tienen una relación sinérgica. Sage emplea tres métodos principales para los diversos usos de LaTeX:

1. Se requiere que cada “objeto” en Sage tenga una representación LaTeX. De esta forma, Sage se puede utilizar eficazmente para construir partes de un documento LaTeX.
2. El interfaz del bloc de notas utiliza MathJax para mostrar simbología matemática en un navegador web. Convierte la representación del látex (Tex) de un objeto en forma de HTML.
3. En la línea de comandos de Sage o en el bloc de notas cuando el código LaTeX que está involucrado es más complejo de lo que MathJax puede manejar, se puede emplear una instalación de LaTeX en el sistema.

Se emplea para la elaboración y resolución de pruebas y test de complejidad algorítmica, es decir, la respuesta del estudiante será una serie de comandos de Sage que solucionen el problema planteado. La siguiente figura muestra los algoritmos para resolver varios problemas matemáticos.

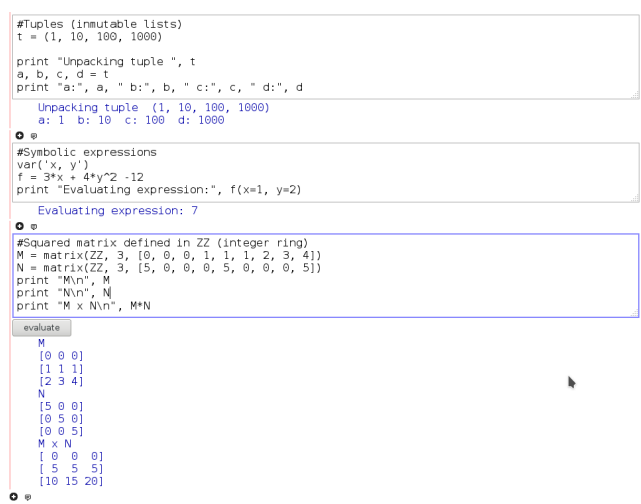


Figure 12. SageMath Notebook¹¹

4. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la aplicación web que se presenta en este artículo, se apuesta por la innovación educativa en el ámbito de la docencia de las matemáticas en la universidad, además de por la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en general. Se trata de una aplicación capaz de elaborar cuestionarios de corrección automática y que tiene la ventaja de poder utilizar el lenguaje y simbología propios de las matemáticas, gracias a que hace uso de la tecnología Java Enterprise Edition, MathJax (Latex) y SageMath.

El objetivo principal de la aplicación es que el profesor pueda utilizarla para elaborar cuestionarios de Álgebra, Cálculo, Estadística, etc. cuyas respuestas puedan ser desarrolladas o elegidas entre una lista de diferentes opciones por parte del alumno. Los cuestionarios podrán utilizarse para autoevaluación del alumno los realizaría este a modo de test sobre los conocimientos que ha adquirido o para evaluación al alumno por parte del profesor, es decir, como un cuestionario en el que el profesor examina al alumno y le evalúa. Así, se estaría contribuyendo a la mejora del proceso de aprendizaje del alumno y, a la vez, a que el profesor cuente con información relevante que le permita mejorar también el proceso de enseñanza y evaluación.

El desarrollo de la aplicación permitiría extender su uso, de forma natural, a otros ámbitos científicos como pueden ser el de Física, Química, Biología, etc.

REFERENCIAS

- [1] O'Malley, C., [*Computer Supported Collaborative Learning*], Springer-Verlag, Berlín (1995).
- [2] Buckiewicz, S. K. . M., [*Introduction to Groupware, Workflow, and Workgroup computing*], Ed. John Wiley & Sons, Inc., USA (1995).
- [3] Gaver, W. W., [*The affordances of media spaces for collaboration*], ACM Press, New York (1992).
- [4] R. Orfali, D. Harkey, J. E., [*The Essential Client/Server Survival Guide*], Ed. John Wiley & Sons, Inc., USA, second ed. (1996).
- [5] Senge, P. M., [*La Quinta Disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*], Granica, Barcelona (1997).
- [6] G. Ayala, Y. Y., "A collaborative learning environment based on intellegent agents," *Expert Systems with Applications* vol. 14, pp. 129–137 (1998).
- [7] I. Booch, G. Jacobson, J. R., [*El Proceso Unificado de desarrollo de Software*], Addison Wesley. Pearson Educación, Madrid (2000).
- [8] E. Jendrock, R. Cervera-Navarro, I. E. D. G. K. H. W. M., "Java Platform, Enterprise Edition. The Java EE Tutorial Release 7." ORACLE <https://docs.oracle.com/javaee/7/JEETT.pdf> (September 2014).
- [9] D. Cervone, V. Sorge, C. L.-P. . P. K., "MathJax." MathJax Official Web Site <https://www.mathjax.org/> (2009-2017).
- [10] "SageMath." SageMath Official Web Site <http://www.sagemath.org/> (2005-2017).
- [11] D. Kohel, M. V. N., "The Sage Development Team." Sagemath Documentation Web Site <http://www.sagemath.org/> (2005-2017).