



**UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA**

**CONVOCATORIA DE AYUDAS DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
A PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE**

CURSO 2018-2019

Memoria de Actividades

TÍTULO DEL PROYECTO:

Evaluación de Competencias Matemáticas en titulaciones de Ciencias e Ingeniería

REFERENCIA:

ID2018/027

PROFESOR COORDINADOR:

Araceli Queiruga Dios

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL EQUIPO:

Juan José Bullón Pérez

Ascensión Hernández Encinas

Ángel Martín del Rey

Jesús Martín Vaquero

Gerardo Rodríguez Sánchez

María Jesús Santos Sánchez

RESUMEN

Este Proyecto de Innovación y Mejora Docente se halla enmarcado en Innovación en la Acción: “Evaluación de los estudiantes”, en la que se engloban los proyectos dirigidos a la puesta en práctica de nuevos instrumentos para la evaluación de los estudiantes que propicien un aprendizaje significativo y sostenido y la evaluación de la adquisición de competencias y saberes.

Lo que se planteó en este proyecto fue llevar a cabo una serie de actividades para trabajar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde las competencias, en el caso específico de Matemáticas en Ingeniería.

Partiendo de las 8 competencias que se propusieron en el grupo de trabajo de matemáticas de la Asociación Europea de Educación en Ingeniería, se han desarrollado herramientas y recursos para un aprendizaje basado en competencias. Previamente se revisaron y analizaron las herramientas y el sistema de evaluación que están utilizando otros profesores de matemáticas en niveles educativos inferiores.

INTRODUCCIÓN

El equipo que presentó esta propuesta está formado por profesores de los departamentos de Matemática Aplicada, Ingeniería Química y Textil y Física Aplicada, que han colaborado en otros proyectos de innovación docente y participado de forma activa en todas las convocatorias previas de este tipo de proyectos de la Universidad de Salamanca.

En septiembre de 2017 el mismo equipo de este proyecto, junto con otros 2 profesores del departamento de Didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales, comenzaron a coordinar y desarrollar el proyecto RULES_MATH (*New Rules for assessing Mathematical Competencies*), de la convocatoria de Asociaciones Estratégicas en Educación Superior dentro del programa Erasmus+, en el que además de la USAL, participan otras 8 instituciones europeas de ocho países diferentes. Precisamente el proyecto aquí propuesto trabaja en la misma línea que el proyecto europeo, por lo que esperamos que el resultado de ambos proyectos sea muy positivo y enriquecedor tanto para los profesores participantes como para los estudiantes de las titulaciones en las que impartimos docencia.

En el proyecto de innovación y mejor docente que solicitamos aquí propusimos el desarrollo del proyecto europeo de forma más local; es decir, centrarnos en nuestros estudiantes, nuestras asignaturas y centros donde impartimos docencia para concentrar en ellos los objetivos que proponemos. Ambos proyectos son complementarios y al trabajar en ambos podremos mejorar nuestros resultados.

Es claro el grado de innovación de estos proyectos de innovación docente, que están siendo muy valorados en toda Europa, y así se explica la alta valoración que hizo la Comisión Europea del proyecto RULES_MATH.

Tradicionalmente ha existido un desajuste entre la forma en que las universidades han valorado los resultados de sus procesos educativos en Matemáticas y la forma en que la sociedad, en general, y las empresas, en particular, lo hacen. Podríamos decir que hasta hace pocos años los profesores de matemáticas en la universidad buscábamos averiguar qué conocimientos tenía el estudiante, pero actualmente esto ha cambiado y ahora nos queremos centrar en qué sabe hacer o qué aptitudes tiene. La evaluación basada en competencias busca cambiar el proceso educativo para orientarlo en esta dirección.

En la actualidad, en la educación superior europea, es una prioridad el “Logro de competencias y competencias relevantes y de alta calidad”. Y esta es la meta de estos proyectos: desarrollar herramientas y recursos para un aprendizaje basado en competencias. Constituye un método muy innovador y ampliamente comentado entre formadores de matemáticas de educación superior, pero

que no ha sido completamente desarrollado hasta ahora. Y sobre todo no hay una unificación en el sistema europeo. Este hecho es, en sí mismo, un desafío, y es una de las razones más poderosas por las que son necesarios estos proyectos sobre Matemáticas, que son asignaturas básicas en multitud de grados.

También, como se ha mencionado, el grupo de trabajo que solicita este proyecto ha participado en otros proyectos de innovación y mejora docente de la Universidad de Salamanca. En general, varios de estos proyectos de innovación siguen un mismo patrón. Debido a los cambios en el plan de estudios de los grados de la rama Industrial, y de acuerdo con las directrices del Acuerdo de Bolonia, se requiere seguir el aprendizaje del estudiante de forma más constante. También es necesario aplicar más eficazmente el sistema de evaluación continua y de aprendizaje basado en competencias.

Además, existen serias dificultades para enseñar matemáticas a los estudiantes de ingeniería, y estos estudiantes suelen encontrar dificultades en el aprendizaje de los contenidos matemáticos y más en la adquisición de competencias matemáticas y ser competentes en matemáticas. Cuando enseñamos a nuestros estudiantes de Ingeniería temas como Cálculo, Álgebra Lineal, etc., una de nuestras principales preocupaciones es por lo general cómo podemos motivarlos a aprender matemáticas. Los estudiantes de ingeniería no suelen ver la relación de la matemática con otras asignaturas, como la electricidad, la mecánica, los mecanismos, la automática o la electrónica.

Otro problema es el rechazo de los estudiantes por las clases teóricas de matemáticas y el desconocimiento que tienen de la relación entre las matemáticas y sus futuras carreras profesionales. Por lo tanto, queremos plantear la evaluación de matemáticas utilizando grandes problemas, más realistas, en nuestras clases, y resolverlos con la ayuda de herramientas específicas que nos proporcionan los ordenadores. Esto permitirá a los estudiantes comprender el verdadero alcance de un problema o la eficacia que tiene un algoritmo.

Por todas estas razones, consideramos que este proyecto tendrá un impacto visible. De hecho, ya hemos publicado varios artículos, con ejemplos concretos, donde se ha incluido el impacto del aprendizaje basado en competencias (ver [1, 2], por ejemplo). También hemos desarrollado una encuesta de pre-prueba y post-prueba con 13 preguntas sobre el aprendizaje y motivación de las matemáticas.

Así pues, la innovación en el proyecto que proponemos aquí es centrarnos en la evaluación. Ya trabajamos anteriormente en metodologías, como el trabajo en grupo, utilización de herramientas online, o proponer problemas de aplicación de las matemáticas a diferentes entornos, pero ahora queremos llevar todos esos aspectos trabajados en otros proyectos a la parte de evaluación en competencias

OBJETIVOS

Los **objetivos** que se proponen para este proyecto se pueden resumir en los siguientes:

- Objetivo 1. Analizar las herramientas y el sistema de evaluación que están utilizando otros profesores de matemáticas en niveles educativos inferiores. Con la aplicación de las pruebas PISA y la entrada en vigor de la LOMCE se están evaluando competencias matemáticas en ESO y Bachillerato.
- Objetivo 2. Elaborar, para nuestras asignaturas, materiales de evaluación basada en competencias, utilizando las herramientas adecuadas.

Las **8 competencias matemáticas** marcadas por la Asociación Europea de Educación de Matemáticas (SEFI, <https://www.sefi.be/>) son:

- (1) Pensar matemáticamente.
- (2) Razonar matemáticamente.
- (3) Plantear y resolver problemas matemáticos.
- (4) Modelar matemáticamente.
- (5) Representar entidades matemáticas.
- (6) Manejar símbolos y formalismos matemáticos.
- (7) Comunicarse en, con y sobre matemáticas.
- (8) Utilizar el material y herramientas necesarias.

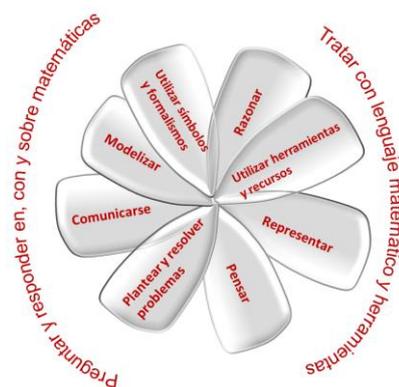


Fig. 1.- Competencias Matemáticas (SEFI) [3]

Queremos que los estudiantes sepan emplear herramientas matemáticas para formular y resolver problemas que se les plantean en otras asignaturas, problemas de la vida real, o problemas que ellos se puedan imaginar. Se trata de hacer a los estudiantes participantes activos en su propio proceso de aprendizaje.

Los profesores que participan en este proyecto tienen una gran formación y conocen bien diversos programas informáticos adecuados para sus asignaturas. Así por ejemplo, el paquete *Mathematica*® sin ir más lejos (del que la Universidad de Salamanca tiene licencia que permite tanto a profesores como estudiantes su instalación y utilización), es una herramienta muy adecuada para la resolución de problemas matemáticos. Además, la USAL cuenta con otras licencias de uso de software como *Matlab*®, *SPSS*, etc. Se propone también la utilización de otros programas “menos convencionales” que permitan la utilización de dispositivos móviles como el *Socrative* o *Kahoot!* o los *formularios de Google*

ACTUACIONES

Las **asignaturas** y **titulaciones** implicadas en el Proyecto:

Asignatura	Titulación	Curso
Matemáticas III	Grado en Ingeniería Química	2º
Matemáticas Aplicadas a la Gestión	Grado en Ingeniería Química	2º
Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería I	Grado en Ingeniería Civil, mención en Hidrología	1º
Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería I	Grado en Ingeniería de la Tecnología de Minas y Energía	1º
Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería I	Grado en Ingeniería en Geoinformación y Geomática	1º
Criptografía	Máster Universitario en Ingeniería Informática	3º
Complementos de Matemáticas para Ingeniería	Máster Universitario en Ingeniería Industrial	1º
Análisis Numérico II	Grado en Matemáticas	2º

Fundamentos de Informática	Grado en Químicas	4º
Textiles Técnicos	Máster Universitario en Ingeniería Industrial	2º
Termotecnia	Grado en Ingeniería Química	2º
Matemática Aplicada I	Grado en Arquitectura Técnica	1º
Fundamentos de Matemáticas I	Grado en Ingeniería Informática y Sistemas de la Información	1º
Ecuaciones Diferenciales y Cálculo Multivariante	Grado en Ingeniería Geológica	2º
Herramientas Informáticas y Métodos Numéricos	Grado en Ingeniería Geológica	2º

Actividades.

En los últimos años hemos trabajado activamente en la puesta en común de actividades, herramientas y material abundante relacionado con las competencias matemáticas, tratando de que estuvieran relacionados con la titulación de grado específica de nuestras asignaturas. Hemos recopilado y utilizado problemas de la vida real y de ingeniería. Esos materiales nos servirán de base para realizar este proyecto centrado en el proceso de evaluación de competencias y llevar a cabo esta nueva propuesta.

El plan de trabajo que proponemos para este proyecto se puede dividir en 4 etapas directamente relacionadas con los objetivos propuestos

Objetivo 1. Analizar las herramientas y el sistema de evaluación que están utilizando otros profesores de matemáticas en niveles educativos inferiores. Con la aplicación de las pruebas PISA y la entrada en vigor de la LOMCE se están evaluando competencias matemáticas en ESO y Bachillerato.

Tarea	Fecha
Búsqueda bibliográfica relacionada con el informe PISA	Octubre 2018
Entrevista con profesores de ESO y Bachillerato de Castilla y León	Noviembre 2018
Recopilación y puesta en común de los resultados obtenidos	Diciembre 2018
Generación del informe sobre el sistema de evaluación en niveles educativos de ESO y Bachillerato	Enero 2019

Objetivo 2. Elaborar, para nuestras asignaturas, materiales de evaluación basada en competencias, utilizando las herramientas adecuadas.

Tarea	Fecha
Reunión de puesta en común sobre el informe realizado. Discusión y decisión sobre el procedimiento de evaluación	Enero 2019

Puesta en práctica del procedimiento de evaluación seleccionado.	Febrero 2019
Preparar y desarrollar actividades de evaluación (la ventaja de participar profesores de diferentes Dptos. es que podemos definir las entre todos)	Marzo 2019
Probar alguna de las propuestas en los parciales de las asignaturas	Abril 2019
Realizar las evaluaciones a los estudiantes y preparar el análisis de resultados	Mayo 2019
Presentar resultados	Junio 2019

En el proyecto que desarrollamos en el curso 2017-2018 (ID2017/096: Las matemáticas en la ingeniería actual: aprendizaje basado en problemas y competencias [4]) propusimos la publicación de un libro. Nuestra propuesta fue aprobada por *Elsevier* y hemos comenzado su desarrollo para asignaturas de Cálculo para Ingenieros. Continuaremos trabajando en este libro del que 2 profesores de los que solicitamos este proyecto (Jesús Martín Vaquero y Araceli Queiruga Dios), junto con los profesores Daniela Richtarikova de Bratislava y Michael Carr de Dublín formamos el equipo editorial.

Con este libro desarrollaremos algunos de los resultados de aprendizaje de Cálculo, detallados en el documento “*A framework for Mathematics Curricula in Engineering Education*”, resultado del trabajo llevado a cabo por el grupo de matemáticas del SEFI.

RESULTADOS DEL PROYECTO

Hemos elaborado el trabajo planteado en el Objetivo 1 y como resultado se ha generado el informe correspondiente. Para poder hacer este informe programamos varias entrevistas con profesores de matemáticas de secundaria y bachillerato, de diferentes centros de la comunidad.

Actualmente, en Educación primaria y Secundaria (en menor medida en Bachillerato) se está utilizando el aprendizaje y evaluación basados en competencias. Metodologías como Aprendizaje basado en proyectos, Aprendizaje basado en juegos, *Design thinking*, etc., son muy habituales en estos niveles educativos.

En la Fig. 2 se muestra el índice de todo el trabajo (en inglés).



New Rules for Assessing Mathematical Competencies

Contents

1	SUMMARY.....	5
2	INTRODUCTION.....	6
3	MATHEMATICAL COMPETENCE AND BASIC COMPETENCIES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	7
4	ASSESSMENT ACTIVITIES FOR COMPETENCIES AND CONTENTS.....	8
4.1	TEAM WORK.....	8
4.2	GAMIFICATION.....	8
4.3	WRITTEN EXAMS.....	9
5	BIBLIOGRAPHY.....	10
6	ACKNOWLEDGMENTS.....	11
7	QUALITY CONTROL.....	12
8	ANNEX 1: EVALUATION CRITERIA AND EVALUABLE LEARNING STANDARDS.....	13
9	ANNEX 2: DIDACTIC UNIT: EQUATIONS AND SYSTEMS OF EQUATIONS.....	22
10	ANNEX 3: RUBRIC TO EVALUATE INDIVIDUALLY COOPERATIVE WORK.....	26
11	ANNEX 4: WRITTEN EXAM.....	27



Fig. 2.- Índice del informe generado con todo el trabajo planteado en el Objetivo 1 de este proyecto (en inglés).

Respecto al Objetivo 2 se han hecho varias propuestas de evaluación por competencias, incluyendo: preguntas tipo test, problemas y pequeños proyectos. Se adjunta en cada caso una tabla en la que se detallan qué competencia se aborda y en qué medida, así como las soluciones de todas las cuestiones.

En la Fig. 3 se muestra un ejemplo de este tipo de pruebas (en inglés), concretamente para el tema de Análisis y Cálculo.



New Rules for Assessing Mathematical Competencies

5.3 QUESTIONS 2

The following images (Figure 2) collect news that appeared in different newspapers in recent months. Taking into account the information that appears in this news, please, answer the following questions:



Figure 2. News in some Spanish newspapers

1. Do you know what a catenary is?
 The dictionary of the Royal Spanish Academy (RAE) defines the catenary with 3 meanings:
 - i) Pertaining or relative to the chain.
 - ii) Curve formed by a chain, rope or similar thing suspended between two points not located in the same vertical.
 - iii) Suspension system in the air of an electric cable, maintained at a fixed height of the ground, from which by means of a trolley or pantograph, some vehicles take over, such as trams, trains, etc.
 Which of the meanings is the one applied in the previous news?

2. It is a very important function and its rupture causes great losses to some companies, besides the discomfort of the passengers that some public transports like the metro or the train (Figure 3).



Figure 3. Picture of a train and some catenaries.

From the mathematical point of view, the catenary is the curve taken in the second meaning of the dictionary of the RAE. Their equation is $y = a \cosh \frac{x}{a}$, where $a = \left(\frac{\tau_h}{\lambda} \right)$ is a positive Real number, considering the weight per unit length (λ) constant and where (τ_h) is the horizontal tension that appears at the ends of the cable.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Page 15 Project: 2017-1-ES01-KA203-038491

Fig. 3.- Ejemplo de una prueba de evaluación basada en competencias, para el tema de Análisis y Cálculo, realizado según lo previsto en el Objetivo 2 de este proyecto (en inglés).

Otra propuesta innovadora que hemos llevado a cabo para el aprendizaje y evaluación en competencias, ha sido la preparación de varios “Juegos de Fuga”, también denominados “Aulas de enigmas” o “BreakOut”. Estos juegos son muy populares en todo el mundo, aunque la idea original no tenía una finalidad educativa. Promueven capacidades de cooperación y de resolución de problemas, aprendizaje basado en competencias, por lo que están empezando a ser un recurso más que habitual en educación. Estos juegos se basan en “encerrar” a un grupo de personas en una habitación, para poder salir del espacio los jugadores, distribuidos en grupos, tienen que superar una serie de pruebas en un tiempo limitado.

Se han trabajado temas de Cálculo, Álgebra Lineal, Criptografía y Física y Química, que se han llevado a cabo con grupos tanto de estudiantes de la Universidad de Salamanca (Grado de Ingeniería Química, Grados en Ingeniería Industrial, Grado en Ingeniería Informática, Máster en Ingeniería Informática, Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas), así como a un grupo de profesores europeos de Matemáticas en ingeniería (Fig. 4).



Fig. 4.- Esquema de los grupos con los que se han realizado “BreakOut” y los temas abordados.

Los resultados, con las conclusiones más importantes de esta experiencia, se han recogido en el artículo:

- ✚ “Looking for the Antidote for Contaminated Water: Learning Through an Escape Game”. Santos, M. J., Miguel, M., Queiruga-Dios, A., & Encinas, A. H.

En International Joint Conference: 12th International Conference on Computational Intelligence in Security for Information Systems (CISIS 2019) and 10th International Conference on European Transnational Education (ICEUTE 2019) (pp. 217-226). Springer, Cham.

Difusión de resultados.

Una de las actividades planteadas en este proyecto es la divulgación de resultados. Por ello se ha organizado una sesión especial en el congreso International “12th International Conference on Computational Intelligence in Security for Information Systems (CISIS 2019) and 10th International Conference on European Transnational Education (ICEUTE 2019)” [5], denominada:

“Looking For Camelot: New Approaches To Assess Competencies”

En la página correspondiente a las sesiones especiales del congreso, celebrado en mayo de 2019, se puede consultar toda la información: <http://2019.iceuteconference.eu/special-sessions/>.

Además se presentaron dos comunicaciones en dicho evento:

- ✚ “Looking for the Antidote for Contaminated Water: Learning Through an Escape Game”. Santos, M. J., Miguel, M., Queiruga-Dios, A., & Encinas, A. H.

International Joint Conference: 12th International Conference on Computational Intelligence in Security for Information Systems (CISIS 2019) and 10th International Conference on European Transnational Education (ICEUTE 2019) (pp. 217-226). Springer, Cham

- ✚ “Rules Math: Establishing Assessment Standards”. Queiruga-Dios, A., Encinas, A. H., Demlova, M., Rasteiro, D., Rodríguez Sánchez, G., and Santos Sánchez, M.J.

International Joint Conference: 12th International Conference on Computational Intelligence in Security for Information Systems (CISIS 2019) and 10th International Conference on European Transnational Education (ICEUTE 2019): Seville, Spain, May 13–15, 2019, Proceedings. Springer.

También ha sido aceptada otra sesión especial, en formato *workshop*, en el congreso “47th SEFI Annual Conference in Budapest 16-19 September 2019” [6]. Este workshop que proponemos lleva por título:

“Green Logistics: Another Engineering Is Possible”

CONCLUSIONES

- La participación en el proyecto nos ha permitido replantearnos las metodologías docentes para enfocarlas hacia el aprendizaje basado en competencias.
- Se ha hecho un análisis de los métodos de evaluación por competencias matemáticas que se llevan a cabo en España, en etapas previas a la universidad.
- Se han elaborado una serie de propuestas de actividades de evaluación por competencias, en las materias que impartimos, incluyendo preguntas tipo test, problemas y pequeños proyectos.
- Hemos llevado los resultados de este proyecto a un congreso internacional, a través de una sesión especial, para la difusión de resultados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo institucional y económico de la Universidad de Salamanca a través de los Proyectos de Innovación y Mejora Docente, ya que con ellos motivan al profesorado a realizar una reflexión de su labor educativa y a llevar a cabo acciones que contribuyan a renovarse.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C.M.R. Caridade, A.H. Encinas, J. Martín-Vaquero, A. Queiruga-Dios, D.M.L.D. Rasteiro. Project-based teaching in Calculus courses: Estimation of the surface and perimeter of the Iberian Peninsula, *Computer Applications in Engineering Education* 26:1350–1361, 2018.
- [2] C.M.R. Caridade, A.H. Encinas, J. Martín-Vaquero, A. Queiruga-Dios. CAS and real life problems to learn basic concepts in Linear Algebra course, *Computer Applications in Engineering Education* 23 (4): 567-577, 2015
- [3] Página web de la Asociación Europea de Educación de Matemáticas (SEFI) <https://www.sefi.be/>
- [4] Martín Vaquero, J.; Bullón Pérez, J.J.; Hernández Encinas, A.; Queiruga-Dios, A. y Rodríguez Sánchez, G. Proyecto de Innovación y Mejora Docente ID2018/223: Las matemáticas en la ingeniería actual: aprendizaje basado en problemas y competencias. Repositorio Gredos Universidad de Salamanca. https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/138563/MID_17_096.pdf;jsessionid=BC8BCE6738022B9A65128EC027A71B9C?sequence=1
- [5] Página web del congreso “12th International Conference on Computational Intelligence in Security for Information Systems (CISIS 2019) and 10th International Conference on European Transnational Education (ICEUTE 2019)” <http://2019.iceuteconference.eu>
- [6] Página web del congreso “47th SEFI Annual Conference in Budapest 16-19 September 2019” <http://sefi2019.eu/Welcome>
- [4] Prieto Calvo, C., Santos Sánchez, M. J., Hernández Encinas, A., Moreno, M., Rodríguez Puebla, C., & Queiruga-Dios, A. (2016). Dispositivos Móviles como instrumentos para la Adquisición de Competencias en Materias de Ciencias. *Jornada de Innovación Docente de la Universidad de Valladolid: Los Universos Docentes. (6ª 2016 Valladolid)* <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/18413>