

# Evaluación continua, clase inversa y cooperación activa en Matemáticas para ingenieros

Luis M. Sánchez Ruiz, S. Blanes, M.T. Capilla, B. García-Mora, N. Lobregat-Gomez, Santiago E. Moll, Jose-A. Moraño, M.-D. Roselló

*Departamento de Matemática Aplicada,*

*Universitat Politècnica de València, Camino de Vera 14, e-mail:*

*serblaza,tcapilla@upv.es, magarmo5@upv.es, nllobre@upv.es, sanmollp@upv.es, jomofer@upv.es, drosello@upv.es*

Presentado en eXIDO16 (2016)



## RESUMEN

La Universitat Politècnica de Valencia (UPV) facilita la creación de equipos de innovación y calidad educativa (EICE). Uno de dichos equipos es GRIM4E (GRoup of Innovative Methodologies and Assessment For Engineering education) que comenzó a realizar innovaciones metodológicas al adaptar las asignaturas de matemáticas a los grados surgidos dentro del proceso de Bolonia. Algunas de dichas innovaciones ya habían sido iniciadas con anterioridad como una evaluación continua de todas las actividades de aprendizaje desarrolladas durante el curso, con más de 30 actos de evaluación en la actualidad en las asignaturas anuales y 10 en las semestrales. Otras fueron pioneras como el empleo sistemático de la clase inversa en las prácticas informáticas de las asignaturas involucradas. Una innovación reciente destacada en nuestro ámbito ha sido el fomento de una actitud activa y colaborativa de los alumnos en la preparación de los actos de evaluación más relevantes.

En este trabajo presentamos estas líneas desarrolladas por GRIM4E e incluimos resultados de encuestas anónimas realizadas para recabar la percepción de los alumnos sobre la metodología mixta empleada.

**Palabras clave:** Evaluación continua, clase inversa, aprendizaje colaborativo, matemáticas en ingeniería, STEM.

## INTRODUCCIÓN

La titulación de Ingeniería Aeroespacial de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV) impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID) (ETSID, 2016) sufrió grandes cambios en sus asignaturas básicas al transformarse en titulación de Grado con la implementación del proceso de Bolonia. En especial las asignaturas de contenido matemático, impartidas por el Departamento de Matemática Aplicada, pasaron de ser cuatro asignaturas con una carga lectiva de 36 créditos a tres con una carga de 24 créditos.

Dicha reducción en tiempo pero no en las necesidades matemáticas de los ingenieros aeronáuticos hizo que los se tuviera que reconfigurar la metodología empleada y ahondar en la evaluación continua de competencias y en metodología de clase inversa en las prácticas de laboratorio.

Aprovechando la convocatoria de la Universitat Politècnica de València para que se creasen equipos de innovación y calidad educativa (EICE) que canalizasen y diesen a conocer las diferentes iniciativas docentes y metodológicas llevadas a cabo en su seno, nació GRIM4E (GRoup of Innovative Methodologies and Assessment For Engineering education) conformado por los autores de este trabajo originalmente.

En este título de Grado hay dos grupos: uno es de Alto Rendimiento Académico (ARA), con 50 alumnos y docencia en inglés, y el otro no ARA, con unos 70 alumnos y docencia en castellano. En el grupo ARA las prácticas de laboratorio se realizan en dos subgrupos mientras que el grupo no ARA cuenta con tres subgrupos.

En la siguiente sección de este trabajo se presentan tres innovaciones llevadas a cabo por los profesores de GRIM4E en dicha titulación: las dos citas de evaluación continua y de clase inversa más un fomento de la participación colaborativa de los alumnos en el aula. Posteriormente exponemos la opinión de los alumnos y conclusiones finalizando con la bibliografía utilizada.

## **METODOLOGÍA**

### ***Evaluación continua***

La finalidad del PIME fue facilitar que el alumno alcanzara competencias específicas de Matemáticas, a la vez que desarrollaba su espíritu analítico y crítico, y sus competencias comunicativas específicas de Matemáticas dentro de un modelo de evaluación continua. Esta evaluación continua se sustenta en un incremento de las actividades que realiza el alumno y el número de puntos de control de evaluación, los cuales muestran su evolución en la adquisición de competencias posibilitando que el alumno detecte sus fortalezas, aptitudes y debilidades, tanto de forma individual como interactuando con sus compañeros en una fase colaborativa, antes de la realización de pruebas individuales que miden el grado de alcance que ha conseguido de las mismas.

La evaluación de la asignatura (ETSID, 2015) se divide en dos partes: una referida a los conocimientos teóricos y otra a los conocimientos prácticos. La diferencia principal radica en que la parte práctica esta orientada al uso de las herramientas, competencias y aptitudes matemáticas, adquiridas en las clases de teoría y problemas, mediante el empleo de un software especializado, y a la aplicación de dichas aptitudes en la resolución de problemas de carácter práctico.

La parte teórica recibe un peso del 75% en la evaluación final, mientras que el 25% restante corresponde a la parte práctica. La evaluación de la parte teórica se divide, a su vez, en diferentes puntos de control: 4 exámenes teóricos que corresponden a los cuatro bloques principales de teoría en los que se puede dividir el temario, además de pruebas tipo test (individuales y discusión colaborativa en grupos de hasta cuatro personas) y tareas sobre los conocimientos teóricos explicados en el aula. La realización de estos test y de las tareas se realiza siempre con al menos una semana antes de cada uno de los exámenes de los bloques de teoría. Cada uno de estos bloques teóricos recibe un peso específico en función de la dificultad y cantidad de competencias que deban ser evaluadas.

La parte práctica se evalúa a partir de dos exámenes y pruebas semanales haciendo uso del software MATHEMATICA, con pesos del 70% y del 30%, respectivamente.

Esta técnica de evaluación conlleva una mayor implicación del alumno en la consecución de los objetivos del curso, dado que puede obtener *feedback* continuo de sus niveles de logro, a la vez que le ayuda a orientar sus esfuerzos sobre aquellas áreas concretas de la asignatura que requieran de una mayor práctica o profundización.

Por otra parte disponer de mayor cantidad de puntos de control implica que la percepción de resultados sea más inmediata a las acciones de estudio, lo que también redundará en una mayor motivación del alumno y a una canalización de sus esfuerzos hacia una homogeneización en sus niveles de adquisición de las competencias del curso.

Se puede afirmar pues que las principales finalidades del PIME han sido:

- Facilitar la percepción del alumno sobre su nivel de adquisición de las competencias específicas.
- Posibilitar que mejore su nivel de competencias.

Además, y aunque no es finalidad de este PIME, un efecto colateral del mismo es que la discusión colaborativa de resultados entre alumnos facilita la mejora de competencias transversales como:

- Análisis crítico.
- Resolución de problemas.
- comunicación en general y específica de resultados científicos.
- Trabajo en equipo.
- Resolución de conflictos.

Finalmente, la detección temprana de alumnos con más dificultades, hace factible complementar su actividad orientada al éxito en el logro final de los objetivos de la asignatura

### ***Clase inversa***

Una parte de la asignatura está dedicada a enseñar Matemáticas con ordenador para lo que hacemos uso del software MATHEMATICA. El propósito de estas sesiones es doble, por una parte se pretende enseñar a usar la herramienta de cálculo pero por otro lado se intenta aprovechar este trabajo para apoyar y afianzar el conocimiento presentado en las sesiones teóricas.

En esta parte de la asignatura utilizamos un sistema de clase inversa o *flipped teaching* (Hughes, 2012). Este sistema divide cada sesión tres partes:

- Una semana antes de la sesión se ponen a disposición de los estudiantes las “Instrucciones a seguir para preparar adecuadamente la sesión correspondiente”. Esta disponibilidad se hace mediante la herramienta ‘Recursos’ de la plataforma. Los estudiantes deben entonces preparar la sesión utilizando

- Los conocimientos teóricos
  - El libro-guía, vídeos explicativos, consultas a través del 'Foro' de la asignatura,...
  - Resolviendo algunos ejercicios propuestos
- En la sesión de clase 60' se dividen a su vez en dos partes. La primera de ellas de unos 20-30' se dedica a resolver dudas y preguntas y a revisar elementos importantes de la sesión.
  - Los últimos 30' se utilizan para evaluar con la herramienta 'Exámenes' de la plataforma. Esta herramienta permite restringir las direcciones IP, usar contraseña, controlar el tiempo, seleccionar las preguntas desde baterías,... En cada prueba la última pregunta es para cargar el fichero de trabajo. La plataforma evalúa inmediatamente el examen para que pueda ser revisado tanto por el profesor como por el alumno.

### ***Colaboración activa en el aula***

Para facilitar la detección temprana de su nivel de competencias específicas (Dillenbourg, 1999; Chiu, 2000; Chiu, 2008) se asignaron tareas de diferente orden de dificultad para las cuales debieran conocer ya los elementos necesarios para afrontarlas. Dichas tareas se asignan a través de la herramienta 'Recursos' de través de la plataforma educativa PoliformaT de la UPV con antelación suficiente a la realización de los tests relacionados con dichas tareas y temas afines.

Posteriormente y en el aula realizan tests de forma individual relacionados con ellos y para los cuales pueden consultar la resolución manuscrita de las tareas que cada uno ha realizado e incluso el mismo material de apoyo que todos ellos han tenido durante el curso, Fig. 1.



Figura 1. Estudiantes realizando test individual

En dicho test se le plantean preguntas de elección múltiple, aunque con la diferencia esencial de este tipo de tests en general en cuanto que pueden consultar sus soluciones manuscritas y los textos de apoyo que todos han compartido para responder.

Una vez realizada la prueba individualmente la cual requiere esfuerzo personal e introspectivo, y al objeto de detectar de modo inmediato las posibles deficiencias y

fortalezas, y que simultáneamente los alumnos desarrollen sus habilidades de comunicación para defender sus conocimientos matemáticos entre sus compañeros de forma ágil, los alumnos realizan una prueba colaborativa en grupos de hasta 4 alumnos para que discutan entre ellos las opciones que creían válidas, Fig. 2. En dicha respuesta grupal no pueden usar material de apoyo con lo que se fomenta que tengan que comunicar sus competencias matemáticas de forma oral ante sus compañeros. Su opinión sobre cual es la respuesta correcta a cada ítem es recogida junto con los nombres de los alumnos que ha participado en cada grupo.

Así, este test grupal puede considerarse un facilitador de aprendizaje colaborativo tras la realización de tests individuales mediante la discusión entre alumnos sobre el test anterior, al que se enfrentan nuevamente pero esta vez de modo grupal (Chiu, 2008; Chen, G. and Chiu, 2008; Chiu, and Khoo, 2005; Harding-Smith, 1993).



Figura 2. Colaboración entre estudiantes durante el test grupal

Estos tests tienen un peso relativo de 90-10 ya que siempre puede ocurrir que la respuesta grupal no sea compartida y la relevancia del segundo test es que es parte de su proceso de aprendizaje que debe tener su recompensa en reforzar/ganar competencias que deben salir a luz en los exámenes parciales de mayor peso.

Posteriormente el grupo analiza los resultados de los tests y especialmente las competencias específicas asociadas en los exámenes parciales relacionados con los tests para detectar las debilidades, fortalezas, aptitudes y oportunidades de las competencias que los alumnos han adquirido y cómo la colaboración activa entre los alumnos ha servido para que cada alumno detectase sus fortalezas, debilidades y aptitudes en las competencias específicas asociadas a la asignatura.

## **RESULTADOS**

Mediante la innovación introducida se ha conseguido:

- Incrementar los puntos de control evaluables. Esto no ha implicado saturar con más actividades, sino adentrarse en un aprendizaje colaborativo.

- Facilitar la colaboración entre alumnos de forma grupal para que detecten sus fortalezas, aptitudes y debilidades.
- Integrar dicha colaboración como un procedimiento de autoevaluación y diagnóstico
- Fomentar la participación activa del alumno en el diseño de su adaptación curricular

La evidencia que fundamenta dicha consecución son obviamente el número de puntos de control realizados, con los tests individuales y grupales, junto con la identificación de los alumnos que constituían cada grupo.

Los test realizados han sido tratados con la herramienta ALCE disponible a través de la plataforma educativa PoliformaT de la UPV la cual facilita la corrección inmediata de los ejercicios realizados.

Con ella las calificaciones les aparece a los alumnos a través de su PoliformaT y tienen la posibilidad de repasar sus respuestas si lo desean ya que dicha aplicación marca de forma diferenciada, con diferentes colores las respuestas correctas dadas por los alumnos, las erróneas y las correctas no dadas por los alumnos.

El profesor puede bajar todas las calificaciones, incluidas las obtenidas en los tests, para su tratamiento y detectar si los alumnos han mejorado posteriormente sus competencias en la realización de pruebas posteriores relacionadas con los mismos temas. Esto permite la implementación de una evaluación continua de las competencias de los alumnos.

## **CONCLUSIONES**

La metodología participativa y colaborativa de los alumnos en un curso es demandante de recursos porque supone la ejecución de un plan de trabajo para los alumnos, creación de contenidos, tests y la gestión de resultados por medios informáticos asistidos. Estos se añaden a los esfuerzos que ha realizado GRIM4E relacionados primero con la evaluación continua de modo general y de clase inversa en las prácticas de laboratorio.

El objetivo general ha sido facilitar la colaboración entre los alumnos en la adquisición de sus competencias y no limitar la evaluación continua a un incremento del número de puntos de control evaluables. Esta colaboración se ha realizado mediante la introducción de conjuntos de actividades además de los exámenes tradicionales. Esta mayor participación activa del alumnado en el proceso de autoevaluación les facilita un conocimiento más profundo de la asignatura.

El impacto se mide por los resultados obtenidos en las pruebas de mayor peso donde los alumnos deben mostrar sus competencias específicas de la asignatura. Al final de curso los alumnos realizan pruebas con contenidos ya cubiertos en exámenes anteriores, de forma que se tienen más elementos para desarrollar una evaluación de competencias de tipo continuo.

Los resultados han sido bastante buenos ya que el curso pasado el 90% de alumnos superó el curso siendo la experiencia aplicable a otros contextos y otras metodologías.

## REFERENCIAS

- Chen, G., and Chiu, M. M. (2008). *Online discussion processes*. Computers and Education, 50, 678 – 692.
- Chiu, M. M. (2000). *Group problem solving processes: Social interactions and individual actions*. for the Theory of Social Behavior, 30, 1, 27-50.600-631.
- Chiu, M. M. (2008). *Flowing toward correct contributions during groups' mathematics problem solving: A statistical discourse analysis*. Journal of the Learning Sciences, 17 (3), 415 - 463.
- Chiu, M. M. (2008). *Effects of argumentation on group micro-creativity*. Contemporary Educational Psychology, 33, 383 – 402.
- Chiu, M. M., and Khoo, L. (2005). *A new method for analyzing sequential processes: Dynamic multi-level analysis*. Small Group Research, 36, 600-631.
- Dillenbourg, P. (1999). *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Advances in Learning and Instruction Series. New York, NY: Elsevier Science, Inc.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (2016). Grado en Ingeniería Aeroespacial. <http://www.etsid.upv.es/alumnos/grados/ingenieria-aeroespacial/>. último Acceso, abril 2017
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (2015). Bachelor's Degree in Aerospace Engineering, <http://www.upv.es/titulaciones/GIA/indexc.html>. Last accessed April 2017
- Harding-Smith, T. (1993). *Learning together: An introduction to collaborative learning*. New York, NY: HarperCollins College Publishers.
- Hughes, H. (2012), "Introduction to flipping the college classroom", Proceedings of world conference on educational multimedia, hypermedia and telecommunications (pp. 2434-2438), Chesapeake.