

# Una estrategia docente basada en el *flipped classroom* para mejorar la enseñanza de contenidos prácticos en asignaturas STEM

Isiah Zaplana, Jan Rosell

Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales, Universitat Politècnica de Catalunya  
{isiah.zaplana,jan.rosell}@upc.edu

## Resumen

*En algunas asignaturas STEM, el bloque práctico incluye el uso de programas informáticos desconocidos para los alumnos. Esto origina una serie de problemas para el alumnado tales como la falta de aprovechamiento de las sesiones prácticas, desmotivación y frustración. A fin de incrementar la motivación, satisfacción y aprovechamiento de los alumnos de las sesiones prácticas, este artículo propone una innovación docente basada en el flipped classroom. Las ventajas propias de la estrategia presentada en este artículo son la estimulación del trabajo autónomo y del trabajo en equipo. Además, permite que las sesiones presenciales puedan centrarse en lo verdaderamente relevante de la asignatura mediante un aprendizaje basado en problemas. Después de revisar la literatura, se ha desarrollado la propuesta concreta a implementar y se ha verificado que cumple con los criterios de calidad de Chikering y Gamson. Se han planteado las diversas evidencias que se recogerán para el posterior análisis objetivo del impacto de esta innovación docente en los estudiantes.*

**Palabras clave:** Docencia, *flipped classroom*, innovación, STEM

## 1. Introducción

Las asignaturas relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) tienen por objetivo el dar una preparación teórico-práctica sólida a los estudiantes para un buen desempeño de su labor profesional una vez se incorporen al mercado laboral. Por ello, este tipo de asignatura tienen un claro carácter práctico en el que, ya sea mediante sesiones de resolución de problemas o sesiones prácticas en aulas de informática o laboratorios, los alumnos afianzan los conocimientos teóricos aprendidos en las clases magistrales y los aplican a la resolución de problemas. Asimismo, las exigencias actuales derivadas del proceso de Bolonia sobre una educación superior de calidad exigen del alumno el desarrollo de una serie de capacidades y actitudes (competencias transversales o

genéricas) en función de los perfiles académicos y sus correspondientes perfiles profesionales. Una competencia transversal de gran importancia es el desarrollo de un aprendizaje autónomo y autorregulado. La literatura se ha referido a los procesos de aprendizaje autónomo y autorregulado como una de las principales contribuciones para incrementar la motivación y el aprendizaje académico, puesto que el estudiante ya no es considerado como receptor y reproductor pasivo de la información, sino como un sujeto activo y gestor de sus obligaciones [13, 18, 19, 21, 22].

Un problema bastante común en la enseñanza de contenidos prácticos de las asignaturas STEM es que a menudo los estudiantes no han tenido oportunidad de usar los programas informáticos o las herramientas de laboratorio que se van a utilizar antes del inicio de la asignatura. Es decir, el alumno tendrá el primer contacto con dichas herramientas durante las sesiones prácticas. Esto a menudo provoca una gran pérdida de tiempo, al tener que dedicarse una o varias sesiones a enseñar a los alumnos como usar dichas herramientas, lo que conlleva un retraso en el temario práctico. Además, para muchos alumnos se produce un sentimiento de frustración y desmotivación originado por las dificultades que pueden surgir al intentar coger soltura en el manejo de dichas herramientas.

Una estrategia docente que permite solventar este tipo de problemas a la misma vez que estimula el desarrollo del aprendizaje autónomo, que como ya se ha comentado es una competencia transversal de gran importancia, es el *flipped classroom* (o clase invertida) [1, 12]. El *flipped classroom* es una metodología educativa que consta de dos fases:

- F1 Aprendizaje individual y autónomo mediante técnicas computacionales fuera del aula.
- F2 Resolución por grupos de diferentes problemas en el aula.

El cuadro 1 muestra el esquema general del *flipped classroom*.

En cuanto al marco teórico o contexto sobre el que se desarrolla esta metodología docente, se pueden distinguir tres líneas principales: estilos de

En Clase	Fuera de Clase
Sesiones de Problemas	Vídeos Magistrales
Dudas y Preguntas	Ejercicios

Cuadro 1: Esquema del *flipped classroom*

aprendizaje individual, aprendizaje colaborativo y aprendizaje basado en problemas/aprendizaje activo.

#### • Estilos de Aprendizaje Individual

Uno de los objetivos del *flipped classroom* es ofrecer una metodología docente capaz de adaptarse a los diferentes estilos de aprendizaje individual. Mientras que [11] establece cuatro estilos de aprendizaje diferentes, [8] desarrolla una clasificación más centrada en el ámbito de la ingeniería, con hasta 32 estilos diferentes de aprendizaje. Al estimular el trabajo autónomo en casa, el *flipped classroom* permite que cada alumno, con su estilo propio de aprendizaje, pueda ir a la par con sus compañeros.

#### • Aprendizaje Colaborativo

En [9] se define el aprendizaje colaborativo como aquel en el que el grupo persigue un objetivo, el cual se consigue en dos etapas: subobjetivos alcanzados por cada miembro del grupo y consenso entre los miembros del grupo para acoplar la tarea de cada uno en el resultado final. Por otro lado, [7], tras revisar la literatura del tema, concluye que hay 5 factores para alcanzar el éxito:

- 1) Interdependencia positiva.
- 2) Interacción cara a cara.
- 3) Responsabilidad individual.
- 4) Grupos pequeños.
- 5) Autoevaluación como grupo.

Obviamente, el *flipped classroom* verifica los 5 factores, permitiendo así un aprendizaje colaborativo de calidad.

#### • Aprendizaje basado en Problemas y Aprendizaje Activo

Como ya se ha comentado antes, la piedra fundamental de la metodología *flipped classroom* es la de estimular el aprendizaje activo del estudiante. Esto se consigue, por un lado, incentivando el trabajo autónomo del alumno fuera del aula y, por otro, elaborando sesiones presenciales de aprendizaje basado en problemas por grupos. En [10] se establecen las 5 metas que persigue el aprendizaje basado en problemas. Estas metas deberían de guiar al docente en la preparación de las sesiones presenciales:

- 1) Conocimiento.
- 2) Habilidades efectivas para la resolución de problemas.
- 3) Habilidades de autoaprendizaje.
- 4) Habilidades de colaboración.
- 5) Motivación.

## 2. Estrategia docente propuesta

Se pretende usar una estrategia basada en el *flipped classroom* para las sesiones prácticas de aquellas asignaturas donde dichas sesiones incluyan el manejo de programas informáticos con los que los alumnos no están familiarizados. El guion de prácticas de cada sesión será adaptado para poder elaborar uno o dos vídeos en los que se explicará, por un lado, los elementos básicos sobre cómo usar ciertas funcionalidades del programa y por otro, como usar dichas funcionalidades en relación con los contenidos teóricos de la asignatura. En esos vídeos se incluirán, además, ejercicios resueltos para que el alumno pueda practicar desde su casa (mediante el método de imitación) y así coger soltura en el manejo de los distintos programas que se usarán en la asignatura. De esta forma, los alumnos podrán adquirir los contenidos o competencias específicas de la parte práctica de la asignatura.

Los vídeos tutoriales se clasificarán en dos categorías:

- a) Vídeos básicos sobre el uso del programa.
- b) Vídeos con la aplicación de los contenidos teóricos a casos prácticos mediante el uso de dicho programa.

Los primeros estarán en la plataforma virtual de la Universitat Politècnica de Catalunya, ATENEA, desde el comienzo del curso, de forma que podrán ser visionados y trabajados por el alumno en el momento que él crea oportuno, dándole así la oportunidad de organizarse con el resto de asignaturas. De esta forma se pretende fomentar la autonomía del alumno. Los segundos, no obstante, solo se harán visibles al alumnado la semana en la que se vayan a explicar los contenidos teóricos relacionados. De esta forma, la adquisición de la parte práctica de cada tema se realizará de forma organizada y uniforme. Será trabajo del alumno el presentarse a cada sesión práctica con los correspondientes vídeos vistos y trabajados.

¿Qué se hará entonces durante las sesiones prácticas? Se organizarán como sigue:

- Los primeros minutos estarán dedicados a comentar los ejercicios propuestos en los vídeos.

El profesor preguntará de forma aleatoria a algunos alumnos para evaluar así su preparación previa a la sesión, verificando que han visionado y trabajado los vídeos.

- El resto del tiempo dedicado a la sesión práctica se centrará en la resolución, por grupos, de un caso práctico relacionado con los conceptos de la asignatura. La metodología será similar a la empleada en el *problem-based learning* (aprendizaje basado en problemas en castellano). Por medio de un o unos problemas de dificultad creciente, los grupos de alumnos (de no más de 4 personas) deberán discutir el problema, hallar la relación existente con lo explicado en la parte teórica, encontrar estrategias de resolución y usar el programa informático del que versa dicha sesión práctica para resolverlo. El profesor irá rotando por los distintos grupos haciendo un seguimiento de la evolución, la implicación y participación de cada persona en su grupo. Además, podrá dar algunas sugerencias y/o indicaciones si lo estima oportuno. Los últimos minutos estarán dedicados a la exposición, por parte de cada grupo, de las conclusiones obtenidas del estudio y resolución del problema. Esta exposición será muy breve (un máximo de 3 minutos por grupo). El profesor elegirá al azar a uno de los miembros de cada grupo para que haga dicha exposición. El carácter de esta será informal, puesto que el objetivo no es hacer una exposición oral en toda regla (para la cual no tienen tiempo de prepararse), sino comentar el trabajo realizado y los resultados obtenidos.

La evaluación de la parte práctica de la asignatura debería incluir la dinámica seguida en las sesiones prácticas, teniendo en cuenta:

- Las preguntas al inicio de las sesiones sobre los ejercicios planteados en los vídeos.
- Las exposiciones breves al final de cada sesión.

El objetivo al evaluar estos dos puntos es, por un lado, motivar al alumno a trabajar en casa los vídeos antes de cada sesión y por otro, fomentar la participación activa en la resolución de los problemas planteados durante la sesión. Debido a eso, la selección del alumno es aleatoria. La evaluación de la parte práctica se completará mediante un trabajo teórico-práctico para entregar al acabar la asignatura.

## 2.1. Análisis de la propuesta

El primer paso al analizar una propuesta en innovación docente es comprobar que ésta satisfice los 7 principios de calidad de Chickering y Gamson [2, 4, 5]. Asimismo, convendría estudiar qué tipo de evidencias se obtendrán para medir el efecto de esta innovación en los alumnos a diferentes niveles (nivel adquisición de competencias/habilidades, nivel satisfacción, etc...).

A continuación se enumeran los 7 principios de calidad, explicando en cada caso como se satisfice dentro de la metodología propuesta.

### P1 Estimular el contacto entre profesores y alumnos

El profesor se compromete a estar disponible para los alumnos, previa puesta en común de la hora y el lugar. Asimismo, en las sesiones prácticas, al estar el profesor supervisando la labor de todos los grupos, se estimulará el contacto entre los mismos, tanto del profesor hacia el alumno a través de sugerencias y/o indicaciones, como del alumno hacia el profesor mediante dudas o preguntas.

### P2 Estimular la cooperación entre alumnos

Las sesiones prácticas serán el escenario en el cual se desarrollará la cooperación entre alumnos puesto que, al trabajar en pequeños grupos resolviendo un problema cuyas conclusiones han de presentar al final de la sesión, la cooperación entre ellos deberá ser plena.

### P3 Estimular el aprendizaje activo

Este aprendizaje se estimula de dos formas. La primera es mediante los vídeos que encontrarán en el aula virtual ATENEA, que los alumnos deberán visionar y trabajar de forma autónoma a lo largo del cuatrimestre. La segunda es mediante las sesiones prácticas, donde ellos solos deberán asimilar y utilizar los conocimientos previamente aprendidos para elaborar un resultado y unas conclusiones para el final de la sesión.

### P4 Proporcionar realimentación (*feedback*) a tiempo

Los alumnos obtendrán un *feedback* inmediato en cada sesión de problemas cuando, después de exponer las conclusiones obtenidas por su grupo del caso práctico propuesto, el profesor comente la forma de enfocar y resolver dicho problema, incidiendo tanto en los aspectos destacables como en los que se deberían mejorar.

### P5 Dedicar tiempo a las tareas más relevantes

Este es el punto fuerte de las innovaciones docentes basadas en la estrategia *flipped classroom*. En éstas, lo más relevante se trabaja en las sesiones presenciales y gran parte del contenido no relevante (pero necesario) se deja para que el alumno lo aprenda de forma autónoma.

#### P6 Comunicar expectativas elevadas a los alumnos

En cada sesión práctica se expondrán claramente los objetivos y/o capacidades a adquirir en dicha sesión (relacionados con los contenidos teóricos ya vistos), así como la importancia de la adquisición de dichos objetivos y/o capacidades para el desarrollo de su labor profesional tras acabar la asignatura.

#### P7 Respetar los diferentes talentos y formas de aprendizaje

En primer lugar, el aprendizaje autónomo basado en el visionado de vídeos permite que el alumno aventajado pueda trabajarlos en un tiempo menor que un alumno menos aventajado sin que ello altere el curso de la asignatura y el desarrollo de las sesiones presenciales. El alumno debe ser consciente de sus propias limitaciones y organizar el tiempo que le dedica a la asignatura acorde a esas limitaciones. Puesto que parte de los vídeos estarán disponibles en el aula virtual ATENEA desde el comienzo de la asignatura, el alumno podrá organizarse según sus necesidades para ir al día.

Las evidencias que se recogerán para medir la efectividad y el impacto de la metodología empleada se resume en estos tres grupos:

- a) **Encuestas:** Tres encuestas. La primera se pasará tras la primera sesión práctica. La segunda a mitad del cuatrimestre y la última al final del cuatrimestre. Éstas serán anónimas y podrán ser entregadas a través del aula virtual ATENEA hasta un par de días después. El objetivo de las mismas es valorar la opinión de los alumnos con respecto a la metodología en tres momentos distintos: después de un primer contacto con la misma, cuando lleven unas semanas y al final de la experiencia.
- b) **Encuesta SEEQ:** Una encuesta. La encuesta SEEQ (*Students' Evaluation of Educational Quality*) es un cuestionario que permite recoger la opinión de los estudiantes sobre una asignatura y sobre el profesor que la imparte. Fue desarrollada por Herbert Marsch [14, 15] y sirve como instrumento de análisis y mejora

docente. Esta encuesta se pasará a mitad del cuatrimestre y también podrá ser entregada con cierto margen de tiempo.

- c) **Calificaciones:** Las distintas calificaciones obtenidas permitirán medir el efecto de la innovación docente sobre el aprendizaje de los alumnos.
- d) **Entrevistas:** Se realizarán entrevistas individuales con algunos alumnos, elegidos al azar, con el objetivo de obtener información acerca del sentir de los alumnos con respecto a la metodología desarrollada. Para poder ser objetivo con la información obtenida en dichas entrevistas, se desarrollará un guion a seguir durante la misma.

## 2.2. Asignatura piloto

Un primer objetivo es implementar esta estrategia docente. Para ello se usará como piloto la asignatura "*Planning and implementation of robotic systems*", que se imparte en el primer cuatrimestre del segundo curso del master "*Automatic Control and Robotics*". Esta asignatura es de 6 créditos ECTS y está organizada de la siguiente manera: cuatro horas semanales repartidas en dos bloques de dos horas. El primer bloque de dos horas es una clase magistral en la que se explican los principales conceptos teóricos de cada uno de los temas a tratar en la asignatura. Estos incluyen:

- Modelado y análisis de sistemas de fabricación flexible mediante redes de Petri y la simulación basada en eventos discretos.
- La planificación de movimientos en robótica: aspectos del modelado y algoritmos de planificación.

El siguiente bloque está dedicado al contenido práctico, en el que hasta ahora se repasaba un guion de prácticas usando cuatro programas informáticos distintos. El primero de ellos, PIPE2 [6], es un software libre desarrollado en Java para el modelado y análisis cuantitativo-cualitativo de redes de Petri. El segundo, la versión académica de Arena<sup>®</sup>, es un software comercial diseñado para la simulación de procesos industriales. El tercer programa, CASA [16], es un software libre desarrollado en Java pero cuyo motor de simulación es SIMAN. Se usa para complementar la simulación y análisis estadístico ejecutados por Arena<sup>®</sup>. Por último, The Kautham Project [17] es un software libre desarrollado en C++ que permite la visualización y resolución de diferentes problemas en robótica (principalmente problemas relacionados con la generación de trayectorias, aunque también problemas cinemáticos

y de manipulación). Estos dos últimos programas han sido desarrollados en el Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales de la Universitat Politècnica de Catalunya (Figuras 1 y 2). Los alumnos no han trabajado con ninguno de estos programas antes del inicio de la asignatura. La idea es enseñar a los alumnos como resolver los diferentes problemas prácticos relacionados con los distintos temas de la asignatura mediante un correcto análisis y estudio de los mismos, usando para dicho análisis y resolución los citados programas. La ventaja de usar estos programas es que, al ser software libre (a excepción de Arena®), podrán seguir usándolos en el futuro. Debido a que los alumnos no han tenido un contacto previo con dichos programas, una parte del tiempo de las sesiones prácticas se dedicaba a introducir a los alumnos en el manejo de éstos. Como se comentaba en la introducción, esto provoca un peor aprovechamiento de las sesiones prácticas, un tiempo que podría ser dedicado a profundizar más en los conceptos teóricos a través de prácticas más completas. Por ello, las metodologías docentes basadas en el *flipped classroom* resultan apropiadas para asignaturas como ésta.

La evaluación de la parte teórica se realiza mediante dos exámenes parciales a lo largo del cuatrimestre, mientras que la parte práctica se evaluaba mediante dos ejercicios prácticos que se realizaban en las sesiones prácticas, en los que se les exigía aplicar lo aprendido a problemas del mismo tipo que los ya trabajados. Finalmente, la evaluación se completa con un trabajo final teórico-práctico en el que se enuncia un caso práctico concreto que los alumnos deben analizar y resolver usando las distintas herramientas teóricas y prácticas vistas en la asignatura.

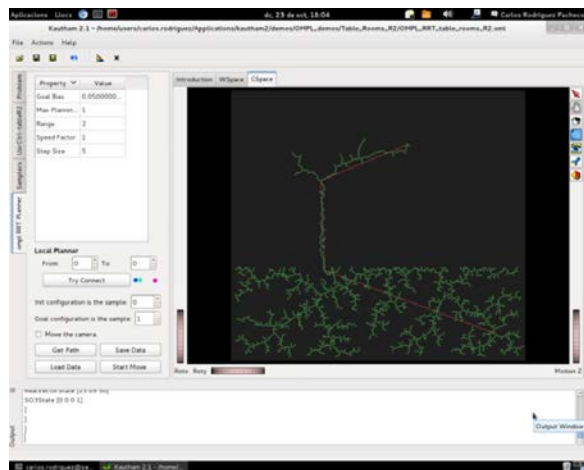


Figura 1: Captura de Pantalla Kautham

Adaptando lo expuesto en la sección anterior, los guiones de prácticas serán sustituidos por vídeos

(tanto tutoriales como de aplicación de contenidos teóricos a casos prácticos). Cada sesión práctica de dos horas se dividirá como sigue:

- Los primeros 15 minutos estarán dedicados a repasar el material que los alumnos tenían que trabajar de forma autónoma. Aquí se resolverán las posibles dudas que hayan surgido y se preguntará por los ejercicios propuestos en los vídeos.
- Los siguientes 90 minutos estarán dedicados al trabajo por grupos del caso práctico propuesto. Para esta asignatura solo habrá un caso práctico por sesión, siendo su complejidad superior a la de los ejercicios propuestos en los vídeos aunque adaptado al tiempo de la sesión.
- Los últimos 15 minutos estarán dedicados a las exposiciones orales de cada grupo.

Solo los alumnos que se presenten a la sesión práctica habiendo trabajado los correspondientes vídeos podrán contestar a las preguntas del inicio de clase. Además una vez propuesto el problema o caso práctico concreto a trabajar, serán capaces de colaborar con su grupo para resolverlo. Esto será valorado positivamente por el profesor. Como la evaluación de la parte práctica de la asignatura incluye tanto las preguntas iniciales como el trabajo y posterior exposición oral de cada grupo, esto influirá positivamente en la nota final de la asignatura.

La duración de los vídeos varía entre los 3 y los 10 minutos, siendo los vídeos tutoriales más cortos que los vídeos específicos sobre los contenidos prácticos. Como la asignatura tiene 6 ECTS, la dedicación del alumno a la misma es de 150 horas (6 créditos×25 horas/ECTS). De éstas, 60 horas son presenciales y corresponden a las clases magistrales y las sesiones prácticas. Las 90 horas restantes corresponden a trabajo autónomo y tutorías. Por tanto, a cada hora presencial le corresponde una hora y media de trabajo autónomo. Es decir, cada semana el alumno ha de dedicar un máximo de tres horas a trabajar en los contenidos prácticos de la asignatura (aparte de las dos horas presenciales). Debido a la duración de los vídeos, tres horas es tiempo suficiente para poder visionarlos y trabajarlos. Por ello, la introducción de esta nueva metodología docente no supondrá una carga extra para el alumnado.

Finalmente, la evaluación de la parte práctica ya no consistirá en dos ejercicios prácticos a realizar en las horas de clase sino que incluirá los elementos mencionados en la sección anterior además del trabajo final teórico-práctico.

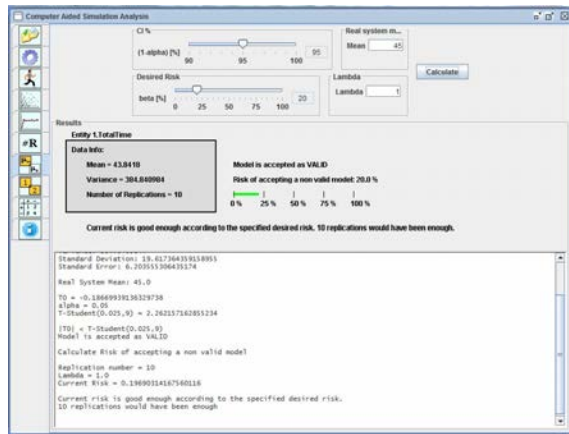


Figura 2: Captura de Pantalla CASA

### 3. Conclusiones y trabajo futuro

El uso de nuevos programas informáticos en el bloque práctico de ciertas asignaturas STEM conlleva ciertos problemas para el alumnado. En la mayoría de las ocasiones, gran parte del tiempo de cada sesión práctica se pierde enseñando las utilidades básicas de cada uno de esos programas. Además, muchos estudiantes se frustran y desmotivan si no son capaces de coger soltura con dichos programas en un corto periodo de tiempo. Con el fin de incrementar la motivación, la satisfacción, el aprovechamiento y las calificaciones de los estudiantes con respecto al bloque práctico de dichas asignaturas, se ha elaborado una propuesta de innovación docente basada en la metodología *flipped classroom*. Las ventajas de esta estrategia son que estimula el trabajo autónomo y el trabajo en equipo. Además, permite que las sesiones presenciales puedan centrarse en lo verdaderamente relevante de la asignatura, ya sea mediante clases magistrales o, como se ha planteado en este artículo, mediante aprendizaje basado en problemas. Después de revisar la literatura, se ha desarrollado una propuesta concreta a implementar y se ha verificado que cumpla con los criterios de calidad de Chickering y Gamson. Se han planeado la recogida de diversas evidencias para poder hacer un análisis lo más objetivo y riguroso posible del impacto de la innovación docente en los estudiantes y el éxito de la misma.

En cuanto al trabajo futuro, este se divide en inmediato, corto y medio plazo. El trabajo futuro inmediato es implementar esta innovación docente en la asignatura piloto del master “Automatic Control and Robotics” en el primer cuatrimestre del próximo curso 2016/2017. Durante dicho cuatrimestre se irán recogiendo las distintas evidencias ya descritas. Durante el segundo cuatrimestre del curso 2016/2017 y una vez finalizada la asignatura,

se analizarán los distintos datos obtenidos para elaborar las conclusiones sobre el impacto de la misma en las calificaciones y motivación del alumnado. De obtenerse los resultados esperados, se redactarán y presentarán en futuras citas educativas. El siguiente objetivo será extender esta metodología a otras asignaturas del mismo master cuya parte práctica esté basada en el uso de diferentes programas informáticos. Finalmente, el último paso previsto será el adaptar la metodología usada para poder implementarla en las asignaturas del master (y en general en cualquier asignatura STEM) en las que la parte práctica no consiste en trabajar con programas informáticos sino en resolver problemas teóricos o numéricos.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) con referencia DPI2014-57757-R y de la beca predoctoral FPI con referencia BES-2012-059884. Asimismo, el primer autor quiere agradecer los comentarios del Dr. David López, director del Institut de Ciències de l’Educació de la Universitat Politècnica de Catalunya, durante la elaboración del presente proyecto de innovación docente.

### Referencias

- [1] Bishop, J. and Verleger, M.A. (2013) The flipped classroom: A survey of the research. In: *ASEE Annual Conference*, Atlanta, USA, June 23-26 2013, pp.1-18.
- [2] Bangert, A.W. (2004) The seven principles of good practice: A framework for evaluating online teaching. *The Internet and Higher Education* 7(3):217-232.
- [3] Barrows, H.S. (1996) Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning* 1996(68):3-12.
- [4] Chickering, A.W., and Gamson, Z.F. (1987) Seven principles of good practice in undergraduate education. *AAHE Bulletin* 39(7):3-7.
- [5] Chickering, A.W., and Gamson, Z.F. (1999) Development and adaptations of the seven principles for good practice in undergraduate education. *New Directions for Teaching and Learning* 1999(80):75-81.
- [6] Dingle, N.J., Knottenbelt, W.J. and Suto, T. (2009) PIPE2: A tool for the performance evaluation of generalized stochastic Petri Nets. *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review* (Special Issue on Tools for

- Computer Performance Modeling and Reliability Analysis) 36(4):34-39.
- [7] Doolittle, P.E. (1995) Understanding cooperative learning through Vygotsky. In: *Lily National Conference on Excellence in College Teaching*, Colombia, June 2-4 1995.
- [8] Felder, R.M. and Silverman, L.K. (1988) Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education* 78(7):674-681.
- [9] Foot, H. and Howe, C. (1998) The psychoeducational basis of peer-assisted learning. In: K.J. Topping and S.W. Ehly (Eds) *Peer-Assisted Learning*. Lawrence Erlbaum Associates, pp.27-43.
- [10] Hmelo-Silver, C.E. (2004) Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review* 16(3):235-266.
- [11] Kolb, D.A. (1984) *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* New Jersey: Prentice-Hall Englewood Cliffs.
- [12] Lage, M.J., Platt, G.J. and Treglia, M. (2000) Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education* 31(1):30-43
- [13] Lonkka, K., Olkinuora, E. and Mäkinen, J. (2004) Aspects and prospects of measuring studying and learning in higher education. *Educational Psychology Review* 16(4):301-325.
- [14] Marsh, H.W. (1979) Validity of student evaluations of instructional effectiveness: A comparison of faculty self-evaluations and evaluations by their students. *Journal of Educational Psychology* 71(2):149-160.
- [15] Marsh, H.W. (1982) SEEQ: A reliable, valid, and useful instrument for collecting students' evaluations of university teaching. *British Journal of Educational Psychology* 52(1):77-95.
- [16] Peñarroya, A., Casado, F. and Rosell, J. (2006) A computer-aided simulation analysis tool for SIMAN models automatically generated from Petri Nets. In: *International Mediterranean Modeling Multiconference*, Barcelona, Spain, October 2006, pp.57-62.
- [17] Rosell, J., Pérez, A., Akbari, A., Muhayyudin, Palomo, L. and Garcia, N. (2014) The Kautham Project: A teaching and research tool for robot motion planning. In: *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, Barcelona, Spain, 16-19 September 2014.
- [18] Suárez Riveiro, J.M., Fernández Suárez, P. and Anaya-Nieto, D. (2005) Un modelo sobre la determinación motivacional del aprendizaje autorregulado. *Revista de Educación* 338:295-306.
- [19] Torrano, F. and González-Torres, M.C. (2004) El aprendizaje autorregulado: Presente y futuro de la investigación. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa* 2(1):1-34.
- [20] Vygotsky, L.S. (1979) *Mind and society: The development of higher mental processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [21] Zimmerman, B.J. and Martínez-Pons, M. (1990) Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex and giftedness to self efficacy and strategy use. *Journal of Educational Psychology* 1990(82):51-59.
- [22] Zimmerman, B.J. (2000) Attainment of self-regulation: A social cognitive perspective. In: M. Boekaerts, P.R. Pintrich and M. Zeidner (eds) *Handbook of self-regulation*. San Diego: CA Academic Press, pp.13-39.