



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

## *Análisis del impacto de metodologías activas en la educación superior*

**Antoni Perez-Poch**

**ADVERTIMENT** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del repositori institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) i el repositori cooperatiu TDX (<http://www.tdx.cat/>) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual **únicament per a usos privats** emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei UPCommons o TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a UPCommons (*framing*). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del repositorio institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) y el repositorio cooperativo TDR (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=es>) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual **únicamente para usos privados enmarcados** en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio UPCommons No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a UPCommons (*framing*). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the institutional repository UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) and the cooperative repository TDX (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=en>) has been authorized by the titular of the intellectual property rights **only for private uses** placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading nor availability from a site foreign to the UPCommons service. Introducing its content in a window or frame foreign to the UPCommons service is not authorized (*framing*). These rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

**TESIS DOCTORAL**

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE METODOLOGÍAS ACTIVAS**  
**EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR**

Doctorando: Antoni Perez-Poch

Directores: Dra. M. Núria Salán Ballesteros

Dr. Fermín Sánchez Carracedo

Tutor Académico: Dr. José M. Sallán Leyes

**Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la Universitat Politècnica de Catalunya**

Barcelona, Septiembre de 2019

# ÍNDICE

	<u>Página</u>
Listado de Publicaciones .....	3
Índice de Tablas.....	7
Índice de Figuras .....	8
Lista de Acrónimos y Abreviaturas .....	9
Agradecimientos.....	10
Resum .....	11
Resumen .....	12
Abstract.....	13
1. Presentación.....	14
2. Objetivos, Hipótesis y Metodología .....	18
3. Estado del Arte .....	30
4. Influencia De Las Metodologías Activas en la Motivación y el Rendimiento Académico .....	35
5. La creatividad como herramienta competencial para los estudios de Ingeniería .....	53
6. Propuesta de integración de métodos activos para la mejora docente.....	66
7.. Conclusiones.....	82
Bibliografía.....	84

## **LISTADO DE PUBLICACIONES VINCULADAS A ESTA TESIS DOCTORAL**

### **PUBLICACIONES EN REVISTAS INDEXADAS EN EL ÍNDICE JCR:**

Publicación 1: Perez-Poch, A., Olmedo, N., Sánchez-Carracedo, F., Salán, N., López, D. (2016). On the influence of creativity in basic programming learning at a first-year Engineering course. *International Journal of Engineering Education*, 32, **5 (B)**, 2302-2309. JCR Q4.

Publicación 2: Perez-Poch A., Sánchez-Carracedo F., Salán N., López D. (2019). Cooperative Learning and Embedded Active Learning Methodologies for Improving Students' Motivation and Academic Results, *International Journal of Engineering Education*. JCR, Q4. (Aceptado, en prensa).

### **OTROS ARTÍCULOS DE REVISTA REVISADOS POR PARES:**

Publicación 3: Perez-Poch, A. Sánchez-Carracedo F., Salán M. N., López D. (2015). Análisis multifactorial de la aplicación de metodologías activas en la calidad docente., *ReVisión*, 1, **8**, 41-51. AENUI. Recuperado el 15-6-2019 en:  
<http://www.aenui.net/ojs/index.php?journal=revision&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=150&path%5B%5D=291>

**ACTAS DE CONGRESOS INTERNACIONALES CON REVISIÓN POR PARES**

Perez-Poch A. y López D. (2017). Just-in-time teaching improves engagement and academic results among students at risk of failure in computer science fundamentals. *Proceedings of the ASEE-IEEE 47th Frontiers in Education Conference*, Indianápolis (EUA): ASEE.

**ACTAS DE CONGRESOS NACIONALES CON REVISIÓN POR PARES**

Perez-Poch A., Olmedo N., Salán M.N. (2015). ¿Puede escuchar a los bits cantando? Estudio de la influencia de la creatividad en el aprendizaje de la programación. Actas de las XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, p. 209-215. Barcelona: U.La Salle. Recuperado el 15/6/2019 de:

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/77109>

Perez-Poch A., López D. (2017) “Mejora del aprendizaje mediante Just-In-Time Teaching en la docencia de Informática Básica”. Actas de las XXIII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, p. 309-316. Cáceres: U. Extremadura. Recuperado el 15/6/2019 de: <http://hdl.handle.net/2117/111546>

## **OTRAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON ESTA TESIS DOCTORAL**

Se incluyen en este apartado otras publicaciones desde el año 2014 que, si bien no forman parte directamente del cuerpo principal de la presente Tesis Doctoral, sí forman parte indirectamente, ya que han contribuido a la formación del doctorando durante la realización de la tesis, y están adecuadamente contextualizadas y referenciadas dentro de este documento.

### **PUBLICACIONES EN REVISTAS INDEXADAS EN EL ÍNDICE JCR:**

Perez-Poch A., Ventura D., y López D. (2016). Hypogravity research and educational parabolic flight activities conducted in Barcelona: a new hub of innovation in Europe”. *Microgravity Science and Technology*, 28, **6**, 603-609. JCR Q2. Pre-print Recuperado el 15-6-2019 en: <http://hdl.handle.net/2117/98276>

Olmedo, N.; Sánchez-Carracedo, F.; Salán, M.N.; Lopez, D.; Perez-Poch, A.; Lopez, M. (2018). Do female motives for enrolling vary according to STEM profile?, *IEEE Transactions on Education*, 16, **61** (4), 289-297, JCR Q2. Pre-print Recuperado el 15-6-2019 en: <http://hdl.handle.net/2117/116754>

López, D., Perez-Poch, A. (2018). Design of a STEM lecturer-training programme based on competencies, *International Journal of Engineering Education*, 5, **34**, 1495-1503, JCR Q4.

### **OTROS ARTÍCULOS EN REVISTA REVISADOS POR PARES:**

Islas C., Carranza M. R., Perez-Poch A. y Salán M.N. (2019). Estudio sobre la creatividad relacionada con la habilidad de programadores universitarios. *Revista Electrónica de Investigación Educativa REDIE*. (Aceptado, en prensa).

## CAPÍTULOS DE LIBRO

Perez-Poch A., Domingo J., Sanz M. y López D. (2018). “La cultura docente universitaria.”  
En: *Docencia universitaria e innovación. Evolución y retos a través de los CIDUI*.  
S. Carrasco y I. de Corral (eds.), 73-102. Barcelona: Octaedro.  
ISBN 978-84-17219-68-0.

## PUBLICACIONES EN ACTAS DE CONGRESOS INTERNACIONALES

Perez-Poch, A., López, D. (2016). Do differences exist between how Engineering and non-Engineering lecturers perceive the importance of teaching competences?. *Proceedings of the ASEE-IEEE 46th Frontiers in Education Conference*, Erie (EUA): ASEE.

Perez-Poch A., Sánchez-Carracedo F., López D., y Alier M. (2016). “The Death Star Challenge: an ambitious and motivating engineering project to promote astronautics and transform society's vision about space research.” *Proceedings of the 67th International Astronautical Congress*, Guadalajara (Mexico). Recuperado el 15-6-2019 en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100477>

## Índice de Tablas

	<u>Página</u>
Tabla 1. Ámbitos evaluados en la encuesta SEEQ.....	41
Tabla 2. Rendimiento académico de los estudiantes. Nota media y porcentaje de aprobado en Grupos Experimentales y Control.....	44
Tabla 3. Diferencias significativas en Aprendizaje e Interacción con el Grupo entre grupos experimentales y de control .....	46
Tabla 4. Modelo de regresión multifactorial: Informática.....	49
Tabla 5. Modelo de regresión multifactorial: Telemática .....	49
Tabla 6. Resultados de la aplicación del Test Torrance .....	59
Tabla 7. Correlación de la nota final de Informática con el resultado del Test Torrance .	60
Tabla 8. Correlación de la nota final con el resultado del Test por subgrupos .....	61
Tabla 9. Análisis multifactorial de la nota final de la asignatura Informática .....	62
Tabla 10. Rendimiento académico: Nota final media para cada grupo .....	75
Tabla 11. Media General y la Motivación. Diferencias significativas entre los grupos ...	76
Tabla 12. Regresión multivariante para la asignatura “Telecomunicaciones e Internet” .	77

## Índice de Figuras

	<u>Página</u>
Figura 1. Valoración de la docencia recibida según encuestas SEEQ.....	47
Figura 2. Valoración de la docencia recibida en grupos de cuatrimestre de otoño .....	47
Figura 3: ¿Qué significa que un programador/a tiene que ser creativo/a? .....	55
Figura 4. La composición musical es una actividad creativa, como lo es también la programación .....	56
Figura 5. Ejemplo de subtest del Test Torrance de Pensamiento Creativo .....	59

## Lista de Acrónimos y Abreviaturas

AENUI	Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática
ANOVA	Análisis de la Variancia
ASEE	American Society of Engineering Education
BCN SEER	Barcelona Science and Engineering Education Research
CREA	Inteligencia Creativa, una medida cognitiva de la Creatividad
ECTS	European Credit Transfer System
EEBE	Escuela de Ingeniería Barcelona Este (UPC)
EUETIB	Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
GENCAD	Grupo de Ingenio y Creatividad en el Aula Docente
GIAC	Grupo de Interés en Aprendizaje Cooperativo
GIDMat	Grupo de Interés Docente en Materiales
GRAPA	Grupo de investigación en Evaluación del Aprendizaje.
GtPOE	Grupo de Trabajo en el Portfolio Educativo
ICE	Instituto de Ciencias de la Educación
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
JENUI	Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática
PAU	Pruebas de Acceso a la Universidad
PBL	Project Based Learning
RIMA	Recursos y Métodos de Aprendizaje
SEEQ	Students' Evaluation of Educational Quality
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
STEM	Sciences, Technology, Engineering and Mathematics
TTPC	Test Torrance de Pensamiento Creativo
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
VISCA	Grupo de Interés en Valores, Igualdad, Sostenibilidad, Cooperación y Accesibilidad
ZDP	Zona de Desarrollo Próximo

## Agradecimientos

Desearía agradecer en primer lugar a mis directores, María Núria Salán y Fermín Sánchez Carracedo, que me han apoyado durante todo el proceso de realización de esta tesis, y sin cuya ayuda, e inestimable dirección académica no podría haber realizado este trabajo. Asimismo, al profesor José M. Sallán, quien me ha acogido dentro del programa de doctorado de Organización de Empresas y que ha sido también un apoyo fundamental en todo momento.

Mención especial merece el profesor David López quien tanto desde el Instituto de Ciencias de la Educación de la UPC como Director (2015-2018), así como co-autor de diversos trabajos académicos, de quien he aprendido muchísimo ha sido un baluarte en este proceso de aprendizaje y maduración que es la realización de una tesis doctoral. También quiero agradecer a la profesora Ariadna Llorens, Directora actual del ICE de la UPC por su constante apoyo.

No puedo dejar de mencionar a todos los compañeros y compañeras del Instituto de Ciencias de la Educación de la UPC, así como los compañeros de la antigua EUETIB, ahora integrada en la EEBE, y de otras escuelas de la UPC con los que he compartido asignaturas y métodos docentes.

Durante estos años he aprendido notablemente de los colegas y amigos que he conocido en las JENUI, Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, que este año cumplen su 25º Aniversario. Ellos me han transmitido no sólo conocimientos, sino sobre todo el gusto por la mejora de la calidad docente universitaria desde una perspectiva de rigor metodológico.

Finalmente, pero no menos importante, a mi familia, quienes me han dado afecto y cariño sin el cual ningún trabajo humano tiene sentido.

Una Tesis Doctoral es una obra coral. A todas y todos, un muy sincero y merecido agradecimiento.

## Resum

La resposta als canvis actuals que es produeixen en la nostra societat implica noves exigències per a les nostres universitats. Quines funcions corresponen avui dia a una Universitat? Formació, investigació, capacitació professional mitjançant competències professionals, sensibilitat social... però no només com a resposta a les demandes presents, sinó anticipant-se a elles. En aquest context, quina importància té la qualitat de la docència universitària? Sense cap dubte, és una de les claus. En aquest treball s'analitzen mitjançant diferents estudis empírics quins factors influeixen significativament en la millora de la motivació i el rendiment acadèmic dels estudiants d'enginyeria tant de primers cursos com de matèries més avançades. Es conclou, d'una banda, que l'aplicació de metodologies actives, fins i tot en grups grans, millora aquests indicadors de qualitat de l'ensenyament en especial a aquells estudiants en risc de fracàs acadèmic. Es posa de manifest la importància de la creativitat per a aconseguir l'excel·lència acadèmica en estudis tècnics, competència professional poc treballada avui en els plans d'estudi. Finalment, es proposa l'aplicació de "Metodologies Integrades" d'aprenentatge de forma coordinada i simultània per millorar l'ensenyament universitari de l'enginyeria.

**Paraules Clau:** Metodologies Integrades, Aprenentatge Cooperatiu, Metodologies Actives, Ensenyament *Just-In-Time*, Qualitat Docent, Educació a l'Enginyeria.

## Resumen

La respuesta a los cambios actuales que se producen en nuestra sociedad implica nuevas exigencias para nuestras universidades. ¿Qué funciones corresponden hoy día a una Universidad? Formación, investigación, capacitación profesional mediante competencias profesionales, sensibilidad social... pero no sólo como respuesta a las demandas presentes, sino anticipándose a ellas. En este contexto, ¿qué importancia tiene la calidad de la docencia? Sin duda, es una de las claves. En este trabajo se analizan mediante distintos estudios empíricos qué factores influyen significativamente en la mejora de la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería tanto de primeros cursos como de materias más avanzadas. Se concluye, por un lado, que la aplicación de metodologías activas, incluso en grupos grandes, mejora estos indicadores de calidad de la enseñanza, en especial en aquellos estudiantes en riesgo de fracaso académico. Se pone de manifiesto la importancia de la creatividad para lograr la excelencia académica en estudios técnicos, competencia profesional poco trabajada hoy en los planes de estudio. Finalmente, se propone la aplicación de “Metodologías Integradas” de aprendizaje de forma coordinada y simultánea para mejorar la enseñanza universitaria de la ingeniería.

**Palabras Clave:** Metodologías Integradas, Aprendizaje Cooperativo, Metodologías Activas, Enseñanza *Just-In-Time*, Calidad Docente, Educación en la Ingeniería.

## **Abstract**

The answer to the current changes that take place in our society implies new demands for our universities. What functions correspond to a University today? Training, research, professional training through professional skills, social sensitivity... but not only in response to present demands, but anticipating them. In this context, how important is the quality of teaching? Without a doubt, it is one of the keys. In this work, different empirical studies analyze which factors significantly influence the improvement of the motivation and academic performance of engineering students, both in the first years and in more advanced subjects. It is concluded, on one hand, that the application of active methodologies, even in large groups, improves these indicators of teaching quality, especially in those students at risk of academic failure. It is also analyzed the importance of creativity in order to achieve academic excellence in technical studies. This is a generic skill usually neglected today in the curricula. Finally, it is proposed the application of "Embedded Methodologies" of learning in a coordinated and simultaneous way, with the objective to improve the quality of engineering education in our technical studies.

**Keywords:** Embedded Methodologies; Cooperative Learning; Active methodologies; Just-in-Time Teaching; Teaching Quality; Engineering Education.

## 1. PRESENTACIÓN

La evaluación de la calidad es una parte esencial del cambio general que resulta de la implementación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) (Ministerios de Educación de la UE, 2011). Pero la calidad es difícil de definir y evaluar en el campo de la educación. Se requiere un análisis de los diferentes enfoques desde los cuales se puede evaluar la calidad en este contexto. Se deben definir criterios de calidad específicos para los procesos y actividades de aprendizaje electrónico. Algunos autores (Barberà, 2001) argumentan que en estos contextos "la calidad es un factor aún por verificar". El impacto de las diferentes metodologías activas en la calidad de la enseñanza es un factor bien conocido que se ha estudiado desde la última década en muchas universidades. La introducción de metodologías activas forma parte de un cambio cultural en nuestras universidades que prima la importancia del proceso de aprendizaje del estudiante (Perez-Poch, Domingo, Sanz y López, 2018).

Una de estas metodologías activas es el "Aprendizaje Cooperativo", que fue definido originalmente por Johnson y Johnson (1975, 1987). Aprendizaje Cooperativo es un término genérico usado para referirse a un grupo de procedimientos educativos que salen de la organización de la clase en grupos pequeños, donde los estudiantes trabajan conjuntamente de forma coordinada entre sí, para resolver tareas académicas y profundizar en su propio aprendizaje. Muchos autores, como Felder y Brent (2001), han estudiado diferentes estrategias para implementar estas técnicas de manera efectiva en el aula. Existen numerosos trabajos (Virgós y Perez-Poch, 2002) que han demostrado previamente que esta metodología también se puede aplicar con éxito a grandes grupos en materias introductorias de un programa de estudios de educación superior. Peiró (2005), entre otros autores, ha estudiado la eficacia del aprendizaje cooperativo en entornos de enseñanza semipresencial. Más recientemente, Kirschner, Paas y Kirschner (2009) han descrito cómo las herramientas de aprendizaje colaborativo pueden tener un efecto positivo en el logro de un terreno común entre los equipos multidisciplinares.

Otras metodologías activas son aquellas que la literatura ha demostrado que mejoran el proceso de enseñanza. Su objetivo es hacer que el alumno emprenda la iniciativa en su aprendizaje (Valero-García, 2002). Estas técnicas pueden incluir el intercambio de notas o la resolución de problemas en clase, sesiones de aprendizaje basadas en proyectos o una combinación de ellas con grupos informales de trabajo cooperativo (Perez-Poch, 2004).

Sin embargo, estos factores pueden tener diferentes impactos en las actividades realizadas a distancia. Otras actividades a distancia también pueden tener un impacto positivo en la calidad de las aulas tradicionales. Y las competencias transversales merecen ser también ser consideradas, tanto por ser parte del currículum como por ser vectores de motivación e implicación del estudiante en el aula. Una importante área actual de investigación en educación de la ingeniería es qué papel desempeñan las redes sociales y las herramientas de comunicación electrónica (Salmon, Nie y Edirisingha, 2010). Según Laurillard (2002, p.17): “La enseñanza no inventa sus herramientas; sino que utiliza las inventadas por otros”. Esta expresión resume los desafíos que surgen al tratar de usar esas aplicaciones electrónicas eficientes para mejorar la enseñanza.

### **Pregunta de Investigación**

Se pretende investigar si las metodologías activas aplicadas en escenarios de educación superior tienen un impacto positivo en la calidad de la enseñanza, por lo que nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

*¿Mejora la calidad de la enseñanza universitaria al introducir metodologías activas en la enseñanza? Si esto es así, ¿bajo qué parámetros medibles mejora y en qué situaciones?*

En particular, se está interesado en evaluar qué efectos surgen realmente durante el proceso de aprendizaje sobre los estudiantes. El Aprendizaje Cooperativo, los métodos de Aprendizaje Activo, las Herramientas de Comunicación on-line y el Portafolio electrónico

son algunas de las metodologías de aprendizaje que hoy en día reemplazan la clase magistral tradicional en nuestras universidades. Y aunque la calidad es un tema complejo y difícil de definir en la Educación Superior, los responsables de la toma de decisiones la citan cada vez más como una prioridad. Por lo tanto, los resultados se basarán en instrumentos de vanguardia que se han utilizado ampliamente en la investigación de calidad en el aula de educación superior, como por ejemplo el cuestionario de evaluación “*Students’ Evaluation of Educational Quality*” (SEEQ). Las consideraciones del factor tiempo y el análisis de los resultados académicos también ayudarán a tener una visión en profundidad de cómo estos cambios virtuales y de aula se están moviendo en una dirección positiva. El estudio se basará en las actividades realizadas en una Escuela de Ingeniería en particular y en otras universidades, pero se espera que los resultados tengan una contribución en la mejora de la calidad docente en todo el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

En el capítulo siguiente se explicitan los objetivos e hipótesis consideradas en el presente trabajo. Se describen los diseños de investigación y los métodos estadísticos que se van a aplicar para cada uno de los distintos apartados. En el capítulo tercero se aborda el estado del arte de esta temática. Los capítulos cuarto, quinto y sexto abordan respectivamente los trabajos experimentales realizados con su correspondiente discusión y conclusiones parciales.

Así, en el capítulo cuarto se expone el estudio empírico realizado en el que se analiza el efecto de aplicar distintas metodologías activas y cooperativa en distintos contextos docentes sobre diferentes parámetros del proceso de enseñanza-aprendizaje en la enseñanza superior. En particular, se ven sus efectos sobre el rendimiento académico de los estudiantes, así como en la percepción de los estudiantes de su motivación por las asignaturas y otros aspectos de su propio proceso de aprendizaje.

En el capítulo quinto se aborda el tema de las competencias transversales, en particular de la creatividad. Se ha escogido analizar esta competencia en concreto por estar íntimamente ligada a la enseñanza de la programación, y estar habitualmente poco considerada en los planes de estudios de las Ingenierías. Se pretende establecer si esta competencia es necesaria para el buen ejercicio de la programación; y qué consecuencias tendría este resultado de cara a la optimización de los planes de estudios de Ingeniería.

En el capítulo sexto se aborda la inclusión de diversas metodologías activas y cooperativa integradas en una misma asignatura, incluyendo la metodología de aprendizaje *Just-In-Time*. El objetivo de este estudio empírico es el de averiguar si la impartición de dos o más de estas metodologías integradas en la misma situación y contexto educativo potencia sus posibles beneficios. Se discuten los resultados.

Finalmente, a modo de conclusión se destacan en el capítulo siete los resultados más relevantes de esta investigación, junto con unas recomendaciones de impartición de estas metodologías, en base a estos resultados.

## 2. OBJETIVOS, HIPÓTESIS Y METODOLOGÍA

### 2.1. Objetivos

La revisión del marco conceptual en el que están integradas las actividades de aprendizaje ayudará a comprender las dinámicas que intervienen en la calidad de los procesos de aprendizaje en la educación superior. Después de realizar esta revisión, se han establecido los siguientes objetivos para la presente tesis. Para su desarrollo se han seguido los principios metodológicos comúnmente acordados en esta área (Wallimen y Buckler, 2010).

#### Objetivo general

*"Analizar qué factores educativos y sociales de la capacitación tienen un impacto positivo en la motivación, los resultados académicos y otros factores en un contexto de educación superior".*

#### Objetivos específicos

(1) Analizar cuál es la influencia de las actividades de metodologías activas y cooperativa que se introducen en el aula sobre la motivación de los estudiantes y la dinámica de la clase.

(2) Comparar los factores clave relacionados con la educación de calidad con los obtenidos previamente en el mismo contexto educativo, pero sin la realización de actividades de aprendizaje activas y cooperativas significativas.

(3) Analizar si esas actividades, ya sean en grupos formales o informales, mejoran la motivación de los estudiantes, su percepción del grupo y los resultados académicos.

(4) Analizar si las actividades activas y cooperativas aumentan la motivación de los estudiantes para la materia y su interacción con el grupo.

(5) Analizar cuáles son las habilidades de los estudiantes con respecto a la competencia genérica "Creatividad" cuando ingresan a los estudios de Ingeniería. Evaluar la relevancia de esta competencia en el desempeño del estudiante como programador.

(6) Estudiar empíricamente los efectos de proponer la integración de metodologías activas en clase (analizar si se potencian de forma coordinada sus beneficios).

## **2.2. Hipótesis consideradas en esta tesis**

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se espera que este estudio de investigación pruebe si las siguientes hipótesis son o no ciertas:

Hipótesis (1): La inclusión de actividades de aprendizaje activo mejora significativamente la motivación del estudiante, el entusiasmo y la interacción con el grupo. Esta mejora se logra tanto en grupos grandes como pequeños, y tanto en las asignaturas comunes de la fase inicial como en las asignaturas optativas de últimos cursos de un Grado en Ingeniería. También se espera una mejora en los resultados académicos, que se puede correlacionar con la mejora en las variables mencionadas (motivación, entusiasmo, interacción con el grupo). Esta influencia es más fuerte que otras variables, como la marca de corte de entrada del estudiante al comenzar su carrera o el fondo inicial del alumno.

Hipótesis (2): Los estudiantes, en general, tienen menos habilidades de expresión de su creatividad de lo que sería deseable al comienzo de su formación universitaria. La creatividad es una competencia de los planes de estudios de las Ingenierías del Espacio Europeo de Educación Superior y debería potenciarse.

Hipótesis (3): La integración de forma coherente y coordinada de diversas Metodologías Activas de aprendizaje en una única situación de aprendizaje en el aula mejora la motivación del estudiante y la calidad de la docencia impartida, de forma más significativa que si se realiza la aplicación de estas metodologías por separado.

### **2.3. Diseño de la Investigación**

La presente investigación se basa en un método hipotético-deductivo. Primero, esperamos describir las percepciones que tiene el estudiante cuando se aplican metodologías activas en su proceso de aprendizaje, y también explicar el impacto de estos cambios. También interesa un enfoque más profundo, que es evaluar estos cambios y su impacto positivo o negativo en los resultados académicos. Finalmente, el objetivo es que, con el nuevo conocimiento que se pueda obtener del estudio, se llegue a transformar la práctica docente actual en una práctica más efectiva. El estudio utilizará una muestra importante de centenares de estudiantes de ingeniería en una diversidad de asignaturas. La muestra se controlará, ya que se conoce qué métodos de aprendizaje activo estamos aplicando, y tendremos la limitación de que diferentes maestros con diferentes estilos de enseñanza participarán en la investigación. La muestra será representativa de la del estudiantado de un primer curso típico de Ingeniería en Europa, aunque no podemos diseñar la muestra de forma totalmente aleatoria ya que no tenemos control sobre qué estudiantes realmente se registran en todas las materias. Esto significa que los estudiantes asignados a grupo control o a grupo experimental, como se describe posteriormente, no forman parte de una muestra aleatoria. Sin embargo, en el análisis que se ha realizado posteriormente, se valoriza de forma rigurosa la posible influencia en los resultados de variables distintas a la exposición a metodologías activas, como los son el nivel de entrada de los alumnos a la titulación y otras variables.

En esta sección se ha descrito un esquema general de las actividades que se desarrollarán durante el transcurso de la tesis. En la siguiente sección se explican el contexto y el estado actual de conocimiento sobre la aplicación de las metodologías activas. Posteriormente, se describen concretamente los estudios realizados para testear las tres hipótesis planteadas y se muestran y discuten los resultados obtenidos.

### **2.3.1 Actividades realizadas para validar la Hipótesis (1):**

Hipótesis (1): *“La inclusión de actividades de aprendizaje activo mejora significativamente la motivación del estudiante, el entusiasmo y la interacción con el grupo, así como el rendimiento académico inclusive en grupos grandes.”*

El desarrollo de este planteamiento empírico se describe en el capítulo cuarto de esta tesis doctoral, en la que se mostrarán los resultados obtenidos en relación a la validación de esta hipótesis. Se pretende valorar el efecto medido sobre los estudiantes que supone impartir la docencia en diversos cursos de Grados en Ingeniería Industrial con determinadas metodologías activas y cooperativa. Para ello se compararán estos efectos en grupos que se denominan “experimentales” con los efectos medidos en grupos que se denominan “de control”. Los efectos que se analizarán son, en primer lugar, si los resultados académicos mejoran, puesto que este es un indicador habitual y medible objetivamente. Además, se medirá la satisfacción del estudiantado en distintos aspectos de la docencia recibida. De esta manera, se podrá analizar si el estudiantado está más motivado, percibe que aprende más y mejor; o si su comunicación con el docente ha mejorado. Esta medición se realiza mediante una encuesta estandarizada ampliamente utilizada en Ciencias de la Educación: la denominada encuesta SEEQ<sup>1</sup>. Esta encuesta dispone de distintos apartados que se refieren a diferentes aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje que permiten valorar el grado de aceptación de estas estrategias por parte del alumnado y extraer información específica y útil. Su uso está muy extendido en diversas universidades y hay multitud de estudios de

---

<sup>1</sup> Encuesta de satisfacción SEEQ, traducida por el ICE de la UPC: [https://www.upc.edu/ice/ca/suport-a-la-docencia/eines\\_i\\_recursos/eines-upc/enquesta-de-satisfaccio-seeq](https://www.upc.edu/ice/ca/suport-a-la-docencia/eines_i_recursos/eines-upc/enquesta-de-satisfaccio-seeq)

investigación educativa que la referencian, lo cual hace que esta encuesta resulte especialmente adecuada para un estudio de larga duración como el presente.

En las descripciones siguientes del Diseño Experimental, indicamos mediante la cláusula {SEEQ} las siguientes variables a medir mediante este instrumento: la motivación, el interés de aprendizaje, el entusiasmo de los docentes, la organización, la interacción de grupo, el interés de los docentes, la evaluación de contenidos, la carga de trabajo y la evaluación general del proceso de aprendizaje;

### DISEÑO EXPERIMENTAL (1):

Muestra: Alumnado de la asignatura 'Informática' en EUETIB/EEBE a lo largo de ocho cursos académicos 2002-2010.:

Grupo experimental: 14 grupos de 60 estudiantes de 1er curso en EUETIB/EEBE

Grupo de control: 2 grupos de 60 estudiantes de 1er curso en EUETIB/EEBE

Pre-test: evaluación inicial.

Tratamiento: Metodologías activas como se describe en el capítulo cuarto.

Post-test: Cuestionario SEEQ, evaluación de la asignatura como se describe en la guía docente de la asignatura.

Variables medidas: {SEEQ}, resultados académicos, formación académica.

Análisis de datos: significación estadística de las diferencias entre los grupos experimentales y de control con respecto a cada ítem de SEEQ y los resultados académicos. Modelo lineal para los resultados académicos (ANOVA) con variables lineales independientes: aplicación o no de metodologías activas, antecedentes académicos (alumno repetidor o no, procedencia, otros antecedentes), nota de acceso a la titulación de las correspondientes Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU), grupo experimental o de control. V

Variable dependiente: nota final del sujeto.

Descripción: Los estudiantes de la asignatura obligatoria “Informática” de Grado de Ingeniería en EUETIB en al menos uno de los grupos se someterán a las actividades descritas a continuación. Los estudiantes que se inscriben para esta asignatura en EUETIB se dividen en 6 grupos de 60 estudiantes cada uno. Cada grupo se divide en 4 grupos de 15 estudiantes cada uno para el grupo de laboratorio. Se implementan los 6 créditos ECTS con 2 horas presenciales semanales en el grupo grande (teoría y ejercicios) y 2 horas presenciales semanales en el grupo pequeño (Laboratorio).

- Evaluación inicial de sus conocimientos, a partir de un cuestionario *adhoc*. Este cuestionario será entregado a todos los estudiantes que se matricularon en esta materia.
- Aprendizaje cooperativo en grupos informales, en el aula grande. Agrupación de los estudiantes en clase de tres en tres, asumiendo roles y presentando su ejercicio a tiempo. Explican su solución en la próxima hora. "Grupos informales" significa que los estudiantes se agrupan solo por un tiempo limitado durante una sola clase, y no por todo el cuatrimestre.
- Aprendizaje asistido por pares: se forma un grupo de expertos, para que luego enseñen algunos de los temas a sus compañeros, en grupos informales.
- Tiempo de aprendizaje activo: los estudiantes intercambian sus notas y critican constructivamente el trabajo de los demás.

Los contenidos enseñados durante el período se programarán a través de la Guía docente de la asignatura en todos los grupos. Por lo tanto, se controlarán qué actividades de enseñanza activas se realizarán en al menos uno de los grupos, mientras que la enseñanza tradicional se ofrece en el resto de los grupos. Se recopilarán los resultados académicos y la satisfacción del estudiante.

Análisis de datos: se buscará la significación estadística de las diferencias entre los grupos experimentales y de control con respecto a cada ítem de SEEQ, y los resultados académicos. Se utilizará un modelo lineal para los resultados académicos (ANOVA) con variables lineales independientes: antecedentes académicos (tema repetido o no, Bachillerato o Módulos Profesionales, otros antecedentes), nota de entrada de las PAU, grupo experimental o control.

Variable dependiente: es la nota final del sujeto.

### 2.3.2 Actividades realizadas para validar la Hipótesis (2)

Hipótesis (2) *“La creatividad es una competencia profesional que es importante ejercitar para ser un buen profesional de la Ingeniería, y en concreto de la programación.”*

#### DISEÑO EXPERIMENTAL (2):

Se pretende correlacionar la creatividad propia del estudiante en el momento en que está cursando una asignatura de introducción a la programación, con su calidad como programador. Par medir la creatividad del estudiante se le aplicará un test individual estandarizado de creatividad, y se compararán los valores obtenidos por el sujeto de este test con sus resultados académicos. Una vez recogidos los datos, se analizará además cómo de fuerte es esta correlación para tres submuestras de la muestra inicial: un subgrupo para los alumnos con rendimiento académico más bajo, otro subgrupo con rendimiento académico medio, y finalmente un tercer subgrupo con rendimiento académico alto. Se compararán las correlaciones obtenidas, con el objetivo de esclarecer si la creatividad es más relevante según el desempeño del sujeto como programador informático.

Muestra :81 alumnos que realizan esta asignatura en el curso académico 2014/15 sobre el total de matriculados de la asignatura (285). Alumnado de la asignatura ‘Informática’ de la EUETIB/EEBE:

Pre-Test: Evaluación inicial del grado de Creatividad con el que los estudiantes acceden a la titulación de Ingeniería.

Variables medidas: Creatividad personal, resultados académicos, nota de acceso a la titulación, procedencia.

Análisis de los datos: Correlación estadística entre el grado personal de Creatividad del alumno y sus resultados académicos en la asignatura ‘Informática’, donde la competencia específica desarrollada es la de programador informático. Análisis multifactorial (ANOVA) con variables independientes: Creatividad, nota de acceso a la titulación, procedencia, edad.

Variable dependiente: nota final de la asignatura.

Post-Test: División posterior de la muestra en tres subgrupos según el rendimiento en la asignatura y repetición del análisis de correlación anterior.

### **2.3.3 Actividades realizadas para validar la Hipótesis (3):**

Hipótesis (3): *“La integración de forma coherente y coordinada de diversas Metodologías Activas de aprendizaje en una única situación de aprendizaje en el aula mejora la motivación del estudiante y la calidad de la docencia impartida, de forma más significativa que si se aplican estas metodologías por separado.”*

### **DISEÑO EXPERIMENTAL (3):**

El desarrollo de este diseño experimental corresponde a comparar los efectos que se producen en los grupos-clase de estudiantes que corresponden a aplicar Metodologías Integradas de aprendizaje, para ver si son comparativamente mejores que aplicadas por separado, o siguiendo enseñanza tradicional. Para ello, se analizarán los datos recogidos en tres tipos distintos de grupos-clase: Por un lado, están los que se denominan Grupo Experimental-1, y que se refieren a grupos con aplicación de Metodologías Integradas, que son las que propiamente se pretende probar su eficacia. Por otro lado, los grupos que se denominan aquí Grupo Experimental-2 en los que se han aplicado metodologías activas y cooperativa, pero no de manera integrada. Finalmente, se compararán resultados con Grupos de Control, en los que se imparte la enseñanza de forma tradicional.

Dado que el estudiantado se matricula en la asignatura según orden de prioridad en la matrícula, no puede considerarse un diseño de muestra aleatorio. Sin embargo, como se

describe en el análisis de resultados posterior, se tendrá en cuenta la influencia de variables distintas en los resultados como lo son por ejemplo, la procedencia del estudiante o su expediente académico.

La metodología de análisis es análoga a la utilizada en el primer diseño experimental: se recogen los datos del rendimiento académico de los estudiantes, así como los de la percepción de distintos aspectos de su aprendizaje mediante la encuesta SEEQ.

Muestra: 294 estudiantes de la asignatura optativa de cuarto curso “Telecomunicaciones e internet” de Grado de Ingeniería Industrial en la EUETIB/EEBE.

Grupo experimental 1: 3 grupos medianos (entre 10 y 30 estudiantes) en EUETIB/EEBE de la asignatura optativa ‘Telecomunicaciones e Internet’. (Cursos académicos 2015-17). Se aplican Metodologías Integradas como se describe en el capítulo sexto.

Grupo experimental 2: 6 grupos medianos (entre 10 y 30 estudiantes) en EUETIB/EEBE de la asignatura optativa ‘Telecomunicaciones e Internet’. (Cursos académicos 2009-14). Se aplican metodologías activas y cooperativa pero no Metodologías Integradas.

Grupo de control: 3 grupos medianos (entre 10 y 30 estudiantes) en EUETIB/EEBE de la asignatura optativa “Telecomunicaciones e Internet”.

(Cursos académicos 2007-9 y 2015-16).

Pre-test: evaluación inicial.

Tratamiento: Metodologías activas integradas (Aprendizaje cooperativo, *Just-In-Time Teaching*)

Post-Test: Cuestionario SEEQ, evaluación de la asignatura como se describe en la guía docente de la asignatura.

Variables medidas: {SEEQ}, resultados académicos, formación académica.

Análisis de datos: significación estadística de las diferencias entre los grupos experimentales y de control con respecto a cada ítem de SEEQ y los resultados académicos. Modelo lineal para los resultados académicos (ANOVA) con variables lineales independientes: aplicación de metodologías integradas o no, antecedentes académicos (alumno repetidor o no, procedencia, otros antecedentes), nota de acceso a la titulación “PAU”, grupo experimental o de control. Variable dependiente: nota final del sujeto.

Descripción: Se compararán los resultados entre los tres grupos establecidos (Grupo Experimental-1, Grupo Experimental-2 y Grupo control) para el análisis.

## 2.4. Recursos y Limitaciones del Diseño Experimental

El acceso a los datos del estudiantado ha sido realizado por la dirección del centro EUETIB/EEBE. Todos los datos han sido anonimizados previamente a su procesado para esta investigación. Como coordinador y/o profesor de las asignaturas "Informática" y "Telecomunicaciones e Internet", el autor se ha asegurado de que el estudiantado reciba los cuestionarios y siga las actividades descritas en el diseño de la investigación. Además, en el marco del proyecto "Recursos I Innovació en Metodologies d'Aprenentatge" (RIMA<sup>2</sup>), actualmente reorientado como grupo de investigación "Barcelona Science and Engineering Research Group" (BCN-SEER<sup>3</sup>); la ayuda técnica está disponible en el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE-UPC) durante la investigación. Dentro de este proyecto, dos grupos de interés específicos de la UPC nos han brindado acceso a su experiencia: GIAC (Grupo de interés en Aprendizaje Cooperativo) y GRAPA (Grupo de investigación en evaluación de aprendizaje). El software estándar de estadística y procesamiento de datos (SPSS, entre otros) es proporcionado por la universidad bajo licencia. El soporte técnico para los cuestionarios SEEQ se proporciona desde ICE-UPC.

Aunque existe el riesgo de que algunas asignaturas no se programen realmente porque depende de cuántos estudiantes se registran en cada cuatrimestre, es altamente improbable que las materias tanto troncal como optativa se desprogramen. La razón de esto es que tanto la Informática como troncal en uno de los grupos, como la optativa se tratan de asignaturas que se enseñan en inglés (en Informática en un grupo= y que son estratégicas para el Centro, por lo que una baja matrícula no será motivo de cancelación. El estudio se limita a un número particular de sujetos en Ingeniería, pero la muestra es lo suficientemente grande y diversa, en comparación con otros estudios vistos en la literatura, para que las conclusiones sean generales y extrapolables al Espacio Europeo de Educación Superior. Como se ha constatado en la revisión de la literatura, previo a este diseño experimental hay muy pocos estudios experimentales que hayan estudiado el rol de la Creatividad personal del estudiante en unos

---

<sup>2</sup> Proyecto RIMA, Recursos y Métodos de Aprendizaje: <http://www.upc.edu/rima/>

<sup>3</sup> Grupo de investigación BCN-SEER de la UPC: <https://bcn-seer.upc.edu/en>

estudios técnicos de Ingeniería. Además, no se han encontrado estudios previos que hayan investigado el impacto de integrar de forma coherente y coordinada diferentes metodologías y lo hayan comparado con el efecto de aplicarlas por separado. Para superar las limitaciones de este diseño experimental, podrán realizarse en el futuro estudios en distintas escuelas de distintos países de la Unión Europea, así como en otras áreas geográficas.

### **3. ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1. Calidad en Educación Superior**

La calidad en la educación superior puede evaluarse de diferentes maneras en diferentes contextos (Teichler, 2010). El rendimiento académico es un método bien establecido para medir la calidad, y muchas universidades han realizado estudios basados en esta métrica, tanto en los cursos iniciales como en los posteriores del currículo (Mas-Estellés et al, 2009). Otro campo de investigación involucra el uso de cuestionarios estándar. Proponemos uno de los cuestionarios de educación de evaluación de la calidad más citados y estudiados en la literatura: el Cuestionario sobre la Experiencia de la Educación del Estudiantado (SEEQ) (Abrami, 1989). Este cuestionario, original de la Universidad de Western Sydney en Australia (March y Roche, 1994), se adaptó previamente al contexto de la educación superior española y fue validado por el ICE de la UPC. Se procede de la experiencia previa recogida que incluye una recopilación sistemática de datos tanto de los resultados académicos como de este cuestionario (Perez-Poch, 2010). Un sistema de mejora de la calidad de la enseñanza a menudo se considera como un método continuo de mejora de las actividades de enseñanza, que incluye la autoevaluación, una encuesta estructurada de la satisfacción de los estudiantes, el análisis de los resultados académicos y un plan de mejora, entre otros (ICE, 2010).

#### **3.2. Metodologías activas de aprendizaje**

Ponsa et al. (2009) ya han contextualizado la introducción de metodologías activas de enseñanza en los planes de estudio de ingeniería de educación superior. Se observa que existe un esfuerzo importante para facilitar un cambio en el sistema educativo en la Educación Superior, con el fin de hacer frente a la globalización mundial y para ayudar a nuestros estudiantes a adquirir las competencias básicas exigidas por nuestra sociedad basada en el conocimiento.

Según Tovar, Soto y Romero (2006, p.14): “Es en el momento presente, con su implementación forzada, cuando las universidades requieren conocer las mejores prácticas de adaptación. Algunas universidades han comenzado con algunas experiencias, pero todas buscan referencias sobre cómo hacerlo”.

Fernández (2006) ha presentado una amplia gama de metodologías existentes, con sus ventajas y desventajas en términos de hacer frente al nuevo sistema de títulos. Además, O'Neill y Redmond (2008) publicaron un interesante estudio en la Universidad de Glasgow, seguido por algunos profesores de nuestra Universidad, UPC, sobre la aplicación de estas metodologías a los planes de estudio de Ingeniería. Una encuesta más amplia, de interés para nuestra investigación, es la de Poyatos y Allan (2005). En su estudio, muchas universidades de Europa respondieron una encuesta sobre la introducción de metodologías activas en el aula y la evaluación de su estructura organizativa. Se encontró que las metodologías activas más importantes utilizadas fueron:

- Aprendizaje cooperativo, como mencionamos anteriormente, donde la cooperación entre estudiantes y el trabajo en equipo es fundamental (Terenzini, Cabrera, Colbeck, Parente y Bjorklund, 2001).

- Project Based Learning (PBL): donde el aprendizaje se organiza en torno a proyectos, que son tareas complejas que involucran a los estudiantes en el diseño, la resolución de problemas, la toma de decisiones y la investigación de actividades. (Jensen, Helbo, Knudsen, y Rokkjaer, 2003).

- Aprendizaje asistido por pares: cuando un estudiante asume el papel de líder de grupo (Poyatos y Allan, 2004).

- Aprendizaje basado en problemas: las actividades se centran en resolver problemas matemáticos y tratar situaciones habituales en un entorno industrial.

- Portafolio de enseñanza, ePortfolio y aprendizaje reflexivo: se utiliza para desarrollar ciertas habilidades en diferentes etapas del plan de estudios de ingeniería (Dysthe y Engelsen, 2007), (Barberà y Martín-Rojo, 2009).

- Aprendizaje holístico: el aprendizaje holístico consiste en un enfoque integrado donde el uso de la tecnología está relacionado con un diseño centrado en el ser humano (Heron, 1996).

Apoyaremos nuestra investigación sobre los datos anteriores recopilados de las aulas en enseñanza presencial cuando se apliquen algunas de estas metodologías activas como aprendizaje cooperativo, portafolio de enseñanza, aprendizaje asistido por pares y PBL, entre otros (Perez-Poch, 2010). Nuestro enfoque de PBL consiste en que comenzamos la mitad del curso en la materia opcional, con instrucción guiada y ejemplos prácticos, luego les pedimos a los estudiantes que apliquen este conocimiento que han aplicado a un proyecto similar en la segunda parte del curso. Por lo tanto, no seguiremos el enfoque de "instrucción guiada mínima" desde el principio que muchos autores identifican hoy con un enfoque de enseñanza menos eficaz.

Además, se añadieron actividades a distancia a través del campus virtual Moodle. Las actividades asíncronas a distancia han demostrado ser de particular valor en la creación de entornos de aprendizaje interactivos y discursivos. La interacción a distancia relacionada con el aprendizaje basado en la web ha sido conceptualizada por Woo y Reeves (2007). En términos de aprendizaje significativo, estas actividades se basan en el constructivismo social y la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). En efecto, se ha encontrado que un foro en línea asíncrono facilita "la construcción del significado tanto social como cognitiva" (Lapadat, 2002).

Esta investigación es una contribución que apoya la formación del profesorado en métodos innovadores de la enseñanza. La eficacia de estos métodos, que ha sido motivo de discusión a lo largo de los años, es el objeto de la validación de hipótesis del presente trabajo. Para poderlos desarrollar, es necesario que el profesorado tenga una formación pedagógica adecuada en las competencias propias de este ámbito. Para ello, nuestro grupo de trabajo ha realizado aportaciones al diseño de programas de formación basados en estas competencias (López y Perez-Poch, 2018). En concreto, en el ICE de la UPC se imparte desde hace dos años con resultados muy satisfactorios un Programa de Postgrado denominado "Programa de Postgrado: Enseñanza Universitaria en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM)", del cual se han graduado más de 30 profesores universitarios de la UPC (Programa

de Postgrado STEM, 2019). La importancia de una formación específica en educación en la ingeniería es relevante. Cabe notar que la percepción que tiene el profesorado de la importancia de estas competencias se ha podido demostrar que es distinta del resto del profesorado universitario (Perez-Poch y López, 2016).

### 3.3. Competencias Genéricas

Una parte importante de la enseñanza de la ingeniería en educación superior comprende la capacitación, no sólo en las competencias específicas relacionadas con los contenidos particulares, sino también en otras competencias más genéricas. Un o una estudiante que tenga un título superior en Europa debe ser capaz de trabajar en grupo, buscar información de calidad, ser competente en inglés u otros idiomas además de su lengua materna, practicar la sostenibilidad y tener una conciencia social con respecto a sus estudios, comunicarse de manera eficiente y tener capacidades de emprendimiento, entre otras. Otras competencias genéricas, como el uso y potenciación de la creatividad del estudiantado, están poco valoradas y prácticamente ausentes en los planes de estudios de las ingenierías. Se está específicamente interesados en evaluar cómo se mejora el entrenamiento genérico de búsqueda efectiva de información de calidad a través del proceso de aprendizaje. Las habilidades transversales se plantean en los estudios de educación superior del siglo XXI como una parte nuclear de las capacidades del estudiantado que les permitirá ser profesionales eficientes en una sociedad en la que las ideas originales se valoran mucho.

En los siguientes apartados se describen las tres investigaciones empíricas realizadas que tienen por objeto testear las hipótesis de estudio planteadas. En el capítulo cuarto se evalúa el impacto de la aplicación de metodologías activas en diferentes materias de un Grado de Ingeniería Industrial. En el capítulo quinto se investiga la importancia de la competencia genérica de Creatividad en el rendimiento académico en un primer curso de Ingeniería. En el capítulo sexto se analiza el impacto de la aplicación de diferentes metodologías de forma integrada en la calidad docente. Finalmente, se resumen a modo de conclusiones las principales contribuciones de este trabajo en el capítulo séptimo y final.

## **4.- INFLUENCIA DE LAS METODOLOGÍAS ACTIVAS EN LA MOTIVACIÓN Y EL RENDIMIENTO ACADÉMICO**

En este capítulo se propone un análisis de los factores que más peso tienen en la mejora de la calidad docente, en un contexto de enseñanza de la Informática y Telemática en Grados de Ingeniería Industrial. El estudio (Perez-Poch, Sánchez-Carracedo, Salán y López, 2015) se ha realizado en la *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC). Los autores son miembros de diversos grupos de innovación docente (GIDMat, VISCA, GtPOE, GRAPA, GIAC, GENCAD) del proyecto RIMA, más tarde reconvertido en grupo de investigación en educación de la ingeniería BCN-SEER. Se realiza un análisis del impacto que se produce en la calidad docente al introducir técnicas de aprendizaje activo y cooperativo con autoevaluación y co-evaluación, así como la inclusión del ePortfolio en la docencia de Grado en Ingeniería Industrial. El estudio se centra en una asignatura troncal de fase inicial y en una asignatura optativa de último curso. Se presentan datos de rendimiento académico y satisfacción del alumnado, medidos con la encuesta estandarizada SEEQ. Para validar los resultados se han usado datos procedentes de dos grupos de control en los que se ha realizado enseñanza tradicional. Además, se comparan estos resultados con los obtenidos en grupos de plan antiguo, para los que se dispone de datos correspondientes a ocho cursos académicos. Los resultados muestran mejoras estadísticamente significativas entre los grupos que siguen la enseñanza con metodologías activas, respecto a los grupos de control.

Por último, se ha realizado un análisis multifactorial ANOVA para justificar las diferencias observadas en los resultados académicos en la asignatura optativa de último curso, concluyéndose que la aplicación de éstas técnicas es el factor predominante ( $p < 0.05$ ), por encima de la nota de acceso a la titulación, o de la procedencia del alumnado (bachillerato, módulos profesionales, otros). Para el curso básico de Informática, por el contrario, se ha observado que el factor principal ( $p < 0.01$ ) es la nota de acceso. En conclusión, los métodos activos mencionados contribuyen a la mejora de la motivación del alumnado en todos los casos, y son el factor principal de la calidad docente en los cursos finales de la titulación.

#### **4.1.- Introducción**

En este capítulo se plantea el análisis del impacto que ha tenido la introducción de metodologías de aprendizaje activo y cooperativo en la enseñanza de una asignatura básica de Grado de Ingeniería Industrial, y en una optativa de cuarto cuatrimestre. El impacto se interpreta como mejora de la calidad docente, entendida ésta como eficiencia de la actividad docente, basada en indicadores medibles. Entre otros, se han escogido como indicadores, por ser los más habituales en el ámbito educativo, el rendimiento académico y la satisfacción por la docencia recibida.

En la actualidad, es del máximo interés conocer qué impacto real tiene la introducción de estos métodos en la calidad docente. En este caso, se han ido introduciendo progresivamente estas metodologías en el aula desde mucho antes de la llegada del EEES, con lo que se puede estar en disposición de analizar cuál es el verdadero impacto de estas innovaciones educativas.

Algunos resultados parciales se comunicaron en Perez-Poch (2004). En el presente capítulo se han extraído algunos datos más concretos y cuantitativos que se han considerado principalmente interesantes, con especial énfasis en la dinámica de grupo en el aula.

#### **4.2.- Objetivos del estudio**

Como objetivos del trabajo, nos planteamos encontrar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Ha mejorado el rendimiento académico del estudiantado? Si hay mejora, ¿en qué medida es esta consecuencia de los cambios metodológicos?
2. ¿Existen diferencias entre los cuatrimestres de primavera y otoño? ¿En qué medida influye la masificación de la clase?
3. ¿Cuál es la percepción del alumnado sobre estas metodologías? ¿En qué aspectos concretos del proceso de enseñanza-aprendizaje han influido significativamente?
4. ¿Pueden extrapolarse estos resultados a otras asignaturas y/o a otras enseñanzas?

En definitiva, con esta experiencia, ¿qué se podría decir que se ha aprendido de cara a la reforma educativa de la enseñanza superior en el marco de la Declaración de Bolonia?

El estudio objeto de este artículo se centra en una asignatura de fase selectiva del plan de estudios reformado 2002 - pre-Bolonia -, en la antigua EUETIB (*Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona*, UPC), hoy EEBE (*Escuela de Ingeniería del Besós Este*, UPC). Esta reforma fue una de las últimas en realizarse en nuestra universidad antes de la implantación de los planes de estudios del EEES. El carácter innovador y pionero de esta reforma se plasmó en la implantación explícita de créditos no presenciales, y en la inclusión de técnicas de aprendizaje activo y cooperativo en muchas asignaturas de las titulaciones que se imparten.

La asignatura se denomina “Fundamentos de Informática” y está dirigida al alumnado de primer cuatrimestre de las cuatro especialidades de Ingeniería Técnica que se imparten en esta escuela: Química, Mecánica, Electricidad y Electrónica Industrial. No se presuponen conocimientos previos. En este centro, el primer cuatrimestre constituye la Fase Selectiva de la enseñanza. Los alumnos deben superar todas las asignaturas del primer cuatrimestre, incluyendo “Fundamentos de Informática”, en un máximo de dos cuatrimestres. En caso contrario, no pueden continuar los estudios que empezaron en la EUETIB al menos durante los 3 años siguientes, de acuerdo con la normativa académica vigente.

#### **4.3.- Contexto y metodología docente**

El perfil del alumnado es claramente distinto en los cuatrimestres de otoño, con respecto al del cuatrimestre de primavera; ya que la mayoría ingresan en la escuela por primera vez. En el cuatrimestre de otoño, el aula está masificada, con más de 80 alumnos y alumnas por clase. En cambio, en el cuatrimestre de primavera se repite la asignatura y alrededor del 90% de los matriculados son repetidores. El aula está menos masificada (entre 20 y 40 estudiantes) y, además, cambia la motivación del alumnado, que habitualmente está más preocupado por superar la fase selectiva que por el propio contenido de la materia. Se hacen necesarias estrategias que se adapten a cada una de las situaciones expuestas.

Desde la implantación de esta reforma se han probado diversas estrategias de aprendizaje activo (Valero-García, 2002) y cooperativo (Felder y Brent, 2001; García, Traver y Candela, 2001) en el aula entre las que se incluyen:

- Intercambio de apuntes. Se incluye una breve pausa, dentro de una explicación, para que los alumnos comparen, entre ellos, los apuntes que han recogido hasta el momento.
- Problema propuesto, 3 por 3. Se proponen tres problemas en la pizarra, habitualmente de programación, que tiene relación directa con lo que se ha explicado. Se solicita que, en grupos de 3, cada grupo resuelva uno diferente, al azar. Al final, deben exponerlo ante la clase.
- Problema propuesto cooperativamente. Se propone el problema en la misma clase, y en cada grupo se asignan roles alternativamente.
- Problema propuesto en dos sesiones. Es una variante del caso anterior.
- Eje de actividad: se trata de una práctica semipresencial que se desarrolla durante el cuatrimestre. Algunas partes se resuelven en clases de problemas, otras en prácticas y el alumnado debe acabarlo fuera del horario académico. Se intenta que comprenda los aspectos más importantes del curso. Resolverlo por sí mismos supone haber adquirido las competencias básicas de la asignatura.
- Diez más diez. Diez minutos para resolver el problema individualmente y diez minutos más para consensuar una solución única con un compañero y entregarlo.

En todas estas estrategias y sus variantes, la puntuación que obtiene el alumnado suma puntos que se valoran como parte de las notas parciales. El alumnado es advertido, a principio de curso, de que no se valora la asistencia a clase, sino la calidad de los ejercicios realizados que, en cualquier caso, nunca cuentan negativamente para la nota final. A pesar de que algunas de estas estrategias son más sencillas de realizar en clases menos masificadas, hay que resaltar que incluso en clases de más de 80 alumnos se han probado con éxito, si bien la labor del profesorado no puede ser tan efectiva por la disponibilidad de tiempo existente.

Durante el curso 2009-2010 se implantó el plan de estudios del EEES en la EUETIB. La asignatura se mantiene en el plan de estudios como obligatoria de fase inicial, con equivalente número de créditos ECTS (*European Credit Transfer System*).

Para comparar, se ha realizado también un estudio similar sobre una asignatura optativa de cuarto cuatrimestre denominada “Telemática” del plan 2002, y su equivalente en el nuevo plan de estudios, “Telecomunicaciones e Internet”. En esta asignatura el perfil del alumnado es distinto, ya que convoca a estudiantado de especialidad, motivado por la materia. Además, en el nuevo plan de estudios la asignatura se imparte íntegramente en inglés. Para los datos recogidos del plan antiguo, se tiene en cuenta que se realiza un proyecto cooperativo durante la mitad del curso, con grupos formales y estables.

#### **4.4.- Metodología del estudio empírico**

Para valorar el impacto académico de estas estrategias, se han recogido de forma sistemática los datos de las calificaciones obtenidas desde el curso de 2002-03 hasta el 2009-10, un total de ocho cursos académicos. En el cuatrimestre 04-05 de primavera y 06-07 de otoño se impartió la enseñanza sin realizar actividades de tipo activo o cooperativo. De esta manera, se puede considerar este grupo, relativamente reducido en número (N=85) como grupo de control. El motivo por el que se ha realizado docencia tradicional en estos dos casos ha sido el de poder disponer de grupos para comparar su rendimiento con los otros grupos con enseñanza activa, teniendo el mismo profesorado. En estos dos grupos control, la evaluación se ha realizado mediante dos exámenes parcial y un examen final, y sumando la calificación de las clases prácticas de forma independiente. En los grupos con enseñanza activa, las calificaciones obtenidas durante la evaluación continua han formado parte de la nota de los controles parciales, pero no influían en la nota del examen final, que se mantiene igualmente y conserva el mismo porcentaje en la nota final de la asignatura. Por esta razón, consideramos que no debería producirse un efecto de “suma” de las calificaciones de evaluación continua en clase que hiciese pensar en que la calificación del examen final pierde peso. Finalmente, en los grupos control la docencia se ha realizado con clases magistrales, tanto de teoría como de problemas. Los datos anteriores al curso 2009-2010 se refieren a la misma asignatura con el plan de estudios 2002 pre-EEES.

Se han recogido las notas de acceso con que los alumnos acceden al centro durante todos estos cursos y se han recogido también los datos relativos a la procedencia de los alumnos, así como la duración media de los estudios por año académico. Con estos datos se pretende estudiar cuán relevantes son estos factores respecto a la introducción de metodologías de aprendizaje activo y cooperativo en el aula.

Asimismo, se han recogido sistemáticamente datos relativos a la satisfacción del alumnado con respecto a la docencia recibida. Para ello, se ha utilizado la encuesta estandarizada de calidad docente SEEQ (Marsh y Roche, 1994a, 1994b; Abrami, 1998; SEEQ, 2019), durante todos los cuatrimestres. Los ítems de la encuesta fueron revisados y traducidos por el Instituto de Ciencias de la Educación de la UPC (ICE-UPC) para su adaptación a nuestro contexto educativo. Esta encuesta, adaptada para la docencia en la UPC está disponible para su consulta en (SEEQ, 2019) junto con abundante documentación asociada, útil para su análisis. Una revisión de la investigación en educación realizada con ella puede consultarse en (Marsh y Roche, 1994a). La encuesta consta de 37 ítems a los cuales el alumno responde con una cifra del 1 al 5, significando el 1 “Muy en desacuerdo” con el ítem, el 2 “En desacuerdo”, el 3 “Neutro”, el 4 “De acuerdo” y el 5 “Muy de acuerdo”. Los ítems de la encuesta están divididos en distintos apartados, conceptos que se hacen explícitos al propio encuestado. Estos apartados se detallan en la Tabla 1, junto con un ejemplo de pregunta de cada apartado.

En el cuestionario, además, existen dos espacios adicionales para valorar las clases de laboratorio y para hacer comentarios y sugerencias generales sobre la asignatura. En el marco de esta investigación, las encuestas académicas SEEQ se realizan durante la última semana de clase presencial en el aula, después de una breve explicación en la que se exponen los motivos de este estudio y se solicita su honesta colaboración.

Existen además unas encuestas institucionales que la propia universidad (UPC) realiza de manera regular. Estas encuestas, que se hacen actualmente en formato electrónico, presentan, en opinión de estos autores, algunas carencias que las hacen poco útiles para un estudio de investigación de estas características. En primer lugar, existe el dato objetivo de la bajísima participación de los alumnos en las encuestas institucionales. En ocasiones, la participación es menor del 10% de matriculados, lo que pone en duda su significación estadística. Además, no se realizan sistemáticamente en todos los cuatrimestres. Por el contrario, las encuestas

SEEQ han sido respondidas por el 76% de los alumnos matriculados en las asignaturas objeto de estudio durante estos cursos, se han pasado presencialmente, lo que garantiza la identidad/idoneidad de quien las ha respondido, y además hemos podido disponer de datos de las encuestas sistemáticamente en todos los cuatrimestres durante los que ha durado el estudio. El contenido de las encuestas puede consultarse en (SEEQ, 2019).

<b>Ámbito de evaluación</b>	<b>Ejemplo de pregunta</b>
Calidad del aprendizaje	He aprendido cosas que considero valiosas.
Entusiasmo	El profesor consigue que sus presentaciones sean amenas.
Organización	Las explicaciones del profesor eran claras.
Interacción con el grupo	Se invitaba a los estudiantes a preguntar y se daban respuestas satisfactorias.
Actitud personal	El profesor se ha mostrado accesible con los estudiantes.
Contenido	El profesor ha presentado diversos puntos de vista cuando era necesario.
Exámenes	Los métodos de evaluación del curso eran equitativos y adecuados.
Trabajos del curso	La bibliografía y el material recomendado de este curso son completos y adecuados.
Carga de trabajo y dificultad	Este curso, comparado con otros, ha sido: Muy fácil (1), Fácil (2), Normal (3), Difícil (4), o Muy Difícil (5).
Visión General	Este curso es mejor que la mayoría de los que he cursado en esta Universidad.
Otras opiniones	La calificación final que esperas obtener del curso es: Menor que 3 (1), Entre 3 y 5 (2), Entre 5 y 7 (3), Entre 7 y 9 (4), Mayor que 9 (5).

Tabla 1. Aspectos medidos por la encuesta SEEQ (Marsh y Roche, 1994a).

En segundo lugar, la información que se hace llegar desde el Gabinete de Planificación, Evaluación y Calidad<sup>4</sup> de la UPC (GPAQ) al profesorado implicado en este campo específico es muy limitada y no permite valorar todos los aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje. Debido a estas dos razones, no se han incluido los datos de las encuestas docentes institucionales de la UPC en el presente estudio.

Finalmente, se ha realizado un estudio estadístico multifactorial para conocer si el rendimiento académico es un factor asociado al nivel previo del alumno o bien a la metodología aplicada en la clase, y se ha formalizado el problema mediante un modelo de regresión lineal multifactorial (Hoy, 2009; Cohen, Manion y Morrison, 2010). En este modelo, formalizado en la Ecuación 1, el rendimiento académico del alumnado en esta asignatura se basaría en una dependencia lineal entre la nota obtenida en la asignatura (variable dependiente) y la nota de ingreso en la titulación, un factor que depende de si procede de Bachillerato o bien de Módulos Profesionales, y un factor que tiene en cuenta si el sujeto pertenece a un grupo en que se aplican las técnicas de aprendizaje activo o cooperativo, o bien si forma parte de un grupo control con enseñanza predominantemente basada en clases expositivas.

$$\text{Nota final} = \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i f_i$$

Ecuación 1: Modelo de dependencia lineal del rendimiento académico

El modelo, por tanto, supone que el rendimiento académico del alumno, medido según la nota final de la asignatura que obtiene, es una suma lineal de variables independientes ( $f_i$ ) que tienen asociado un peso. Este peso de cada uno de los factores ( $\beta_i$ ) es el valor que se calcula en la regresión lineal del modelo, y da idea de la importancia que tiene este factor en el rendimiento final del alumno. Finalmente,  $\alpha$  es el término independiente, constante, que calcula el modelo de regresión. Sumando las contribuciones de cada uno de los  $N$  factores  $f_i$  ponderados por su peso correspondiente  $\beta_i$ , más el término independiente  $\alpha$  se obtiene la predicción  $\alpha$  de la nota final del alumno a parte del modelo de regresión. Los factores  $f_i$  cualitativos se convierten en valores ordinales (procedencia del alumno, pertenencia o no a

---

<sup>4</sup> GPAQ: Gabinete de Planificación, Evaluación y Calidad de la UPC, <https://www.upc.edu/gpaq/>

grupo con aprendizaje activo), y finalmente se normalizan los valores máximos de todos los factores a 1 antes de realizar el cálculo de la regresión.

En los casos en que la procedencia está asociada a vías de entrada del tipo de traslado de expedientes desde otras titulaciones, simultaneidad de estudios o acceso como titulado, se ha asemejado el parámetro de acceso al asignado al acceso desde Bachillerato. En los casos en los que no se disponía de datos de todos los factores, se ha eliminado el caso del estudio.

Asimismo, se ha distinguido otro factor adicional, según si el alumnado pertenece a un grupo de otoño (con minoría de repetidores y más masificado, entre 60 y 90 alumnos) o de primavera (con mayoría de repetidores y máximo de 30 alumnos). Esta diferenciación se pierde en el actual plan de estudios del EEES y no se ha continuado realizando.

Para todos los cálculos estadísticos se ha utilizado el paquete estadístico SSPS versión 24 (Mujs, 2011; SPSS, 2019).

## **4.5.- Resultados**

### **4.5.1.- Objetivo 1. Rendimiento académico de los estudiantes.**

Con respecto al objetivo 1, “¿Ha mejorado el rendimiento académico de los estudiantes? Si hay mejora, ¿en qué medida es consecuencia de los cambios metodológicos?”, se ha realizado una prueba de homogeneidad de medias con datos independientes (Hoy, 2009; Cohen et al., 2010) de la media de la nota final de la asignatura entre los grupos control (4.35) y el resto de grupos con aprendizaje activo del mismo cuatrimestre de primavera (6.23). Para aplicar esta prueba, se estiman las variancias poblacionales por sus estimaciones y se calcula el estadístico *t de Student*. Se supone que la distribución de medias en cada grupo sigue una distribución normal. Los resultados muestran que hay diferencias significativas en las dos poblaciones ( $t=5.14$ ,  $p=0.024$ ).

Asimismo, se ha realizado la misma prueba estadística con el porcentaje de aprobados entre los grupos control y el resto de grupos con aprendizaje activo del mismo cuatrimestre de primavera. Se ha constatado también una mejora significativa ( $t=3.65$ ,  $p=0.023$ ) entre el porcentaje de aprobados de los grupos de primavera (65.4%) respecto de los grupos control (34.1%). Recordemos que se trata de los grupos formados en su mayoría por repetidores que

deben superar la fase selectiva de forma inmediata. Esta diferencia significativa no se detecta respecto al grupo de control de otoño, formado por no repetidores.

Al realizar las mismas pruebas estadísticas no se obtienen diferencias significativas ( $t=0.85$ ,  $p=0.23$ ) en el contraste de medias de notas finales entre grupos control (5.24) y otros grupos (5.43) en el cuatrimestre de otoño. Al mirar el porcentaje de aprobados, 60.8% en grupo control y 62.4% en los grupos tampoco se obtienen resultados significativos ( $t=0.45$ ,  $p=0.34$ ). Estos resultados se agrupan en la Tabla 2.

	<b>Grupo Exp. Repetidores</b>	<b>Grupo Control Repetidores</b>	<b>Grupo Exp. No Repetidores</b>	<b>Grupo Control No Repetidores</b>
<b>Nota media</b>	6.2	4.3	5.4	5.2
<b>% Aprobados</b>	65.4	34.1	62.4	60.8

Tabla 2: Nota media y porcentaje de aprobado en Grupos Experimentales y Control.

La mejora en el rendimiento académico se produce únicamente, pues, en el grupo en el que la mayoría de matriculados son repetidores.

#### **4.5.2.- Objetivo 2. Diferencias entre grupos de distintos cuatrimestres.**

En relación al objetivo 2, “¿Existen diferencias entre los cuatrimestres de primavera y otoño?”, el rendimiento académico se mantiene relativamente estable en ambos grupos de primavera y otoño. Las estrategias de aprendizaje activo se aplican con mayor frecuencia en los grupos de primavera, pero no se encuentran diferencias significativas a lo largo de los cuatrimestres estudiados. No parece que la variable grupo masificado sea relevante, puesto que el rendimiento académico es comparable en todos los grupos de otoño, se apliquen o no técnicas de aprendizaje activo y cooperativo en el aula.

En efecto, al establecer un contraste de homogeneidad de medias, mediante el cálculo del estadístico *t de Student*, entre la media de la nota final en los grupos de primavera, con la misma media en los grupos de otoño, más masificados, no se obtienen diferencias significativas ( $t=0.24$ ,  $p=0.35$ ).

### 4.5.3.- Objetivo 3. Percepción de los alumnos de la calidad docente recibida.

Para responder al objetivo 3 del presente estudio, “¿Cuál es la percepción de los alumnos sobre estas metodologías? ¿En qué aspectos concretos del proceso de enseñanza-aprendizaje han influido significativamente?”, se analizan de forma sistemática las respuestas a las encuestas SEEQ durante siete cuatrimestres continuados. Planteamos un contraste de homogeneidad de medias entre la nota media con que se puntúa cada uno de los apartados de la encuesta (ver Tabla 1) en cada uno de los grupos. Se compara la nota media obtenida en los grupos con aprendizaje activo, con la nota media en los grupos control. Esta nota es la media de los distintos ítems que forman el apartado, puntuada por cada alumno y promediado para todos los alumnos del mismo grupo. Para cada apartado se calcula el estadístico correspondiente *t de Student* y se obtiene su significación estadística correspondiente.

No se han encontrado diferencias significativas entre la media de los ítems pertenecientes a los apartados de la encuesta SEEQ siguientes:

- Aprendizaje ( $t=0.58$ ,  $p=0.14$ )
- Entusiasmo ( $t=0.45$ ,  $p=0.23$ )
- Organización ( $t=0.47$ ,  $p=0.31$ )
- Interacción con el grupo ( $t=0.24$ ,  $p=0.18$ )
- Actitud Personal ( $t=0.25$ ,  $p=0.21$ )
- Contenido ( $t=0.54$ ,  $p=0.31$ ),
- Exámenes ( $t=0.24$ ,  $p=0.28$ ),
- Trabajos del Curso ( $t=0.56$ ,  $p=0.32$ ),
- Carga de Trabajo y Dificultad ( $t=0.48$ ,  $p=0.26$ ),
- Visión Global ( $t=0.48$ ,  $p=0.17$ )
- Otras Opiniones ( $t=0.12$ ,  $p=0.43$ )

Por el contrario, en los apartados de Motivación por el Aprendizaje e Interacción con el Grupo existe una diferencia significativa entre el grupo de control y el resto de grupos de otoño ( $p<0.05$ ). Este nivel de significación muestra que no se puede aceptar la hipótesis nula de que las diferencias de respuestas entre los grupos con metodología activa y grupos de

control son debidas al azar con un 95% de probabilidad. La mejora entre las medias de los apartados va de 2.5 a 3.6 en Aprendizaje (grupo de control vs grupo con metodología activa;  $t=3.45$ ,  $p=0.023$ ), y de 2.1 a 3.7 en Interacción con el grupo (grupo de control vs grupo con metodología activa;  $t=2.89$ ,  $p=0.035$ ).

Si realizamos la misma prueba teniendo en cuenta únicamente en los grupos de otoño, más masificados, la significación estadística aumenta ( $p<0.01$ ). En este caso, La mejora entre las medias de los apartados va de 2.1 a 3.8 en Aprendizaje (grupo de control vs grupo con metodología activa;  $t=5.28$ ,  $p=0.006$ ), y de 2.0 a 4.2 en Interacción con el grupo (grupo de control vs grupo con metodología activa;  $t=4.98$ ,  $p=0.008$ ).

Estos resultados se agrupan en la Tabla 3:

	<b>Grupo Exp. Repetidores</b>	<b>Grupo Control Repetidores</b>	<b>Grupo Exp. No Repetidores</b>	<b>Grupo Control No Repetidores</b>
<b>Aprendizaje</b>	3.6	2.5	3.8	2.1
<b>Interacción con el grupo</b>	3.7	2.1	4.2	2.0

Tabla 3: Diferencias significativas en Aprendizaje e Interacción con el Grupo entre grupos experimentales y de control.

De estos resultados se concluye que la introducción de estas estrategias aumenta de forma significativa la motivación por el aprendizaje y el grado y la calidad de la comunicación en el aula.

De la media de la encuesta de cada alumno se puede calcular el grado global de satisfacción por la calidad de enseñanza recibida. La calificación obtenida va desde 1 (muy insatisfactoria) hasta 5 (muy satisfactoria). La media obtenida es “bastante satisfactoria” ( $3.6 \pm 0.3$ ), resultado obtenido haciendo la media de los ítems ‘Visión general’ de la encuesta, para todos los alumnos encuestados. Para hacer el cálculo, se eliminaron las encuestas con más de un 80% de respuestas con valor “3” o con más de un 80% de respuestas no contestadas.

En la Figura 1 se pueden observar algunos valores seleccionados de los distintos aspectos estudiados en la encuesta SEEQ para los cursos 2002-2009.

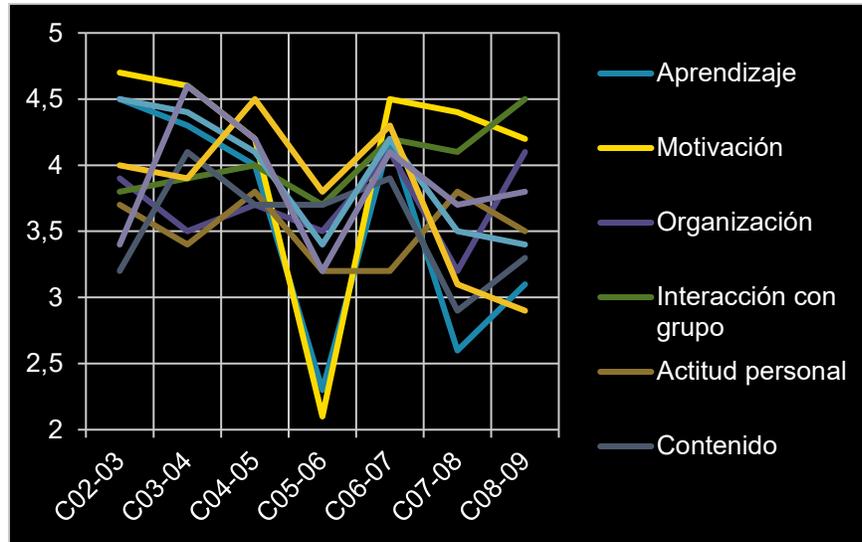


Figura 1. Valoración de la docencia recibida según encuestas SEEQ para los cursos académicos 2002-2009.

En la Figura 2 se comparan resultados obtenidos en las encuestas durante el cuatrimestre de otoño para los cursos 2002-2009.

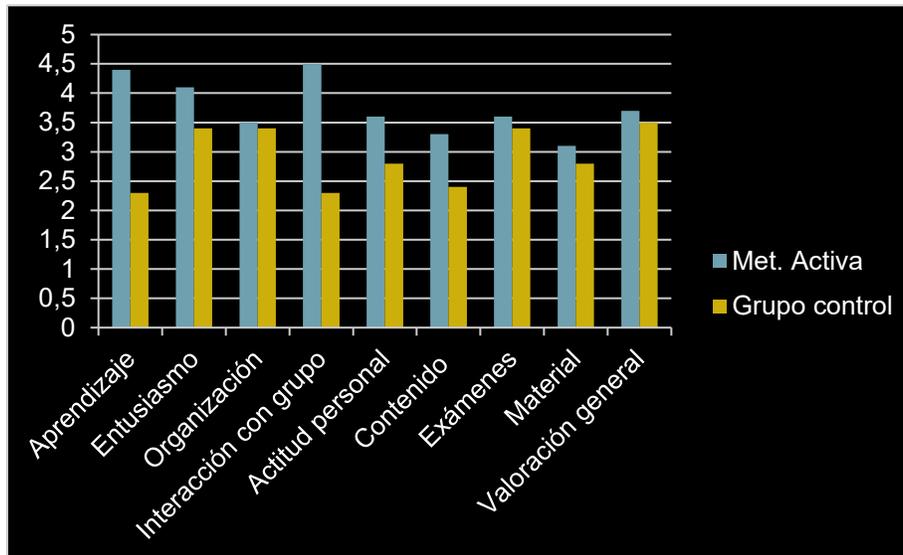


Figura 2. Valoración de la docencia recibida en grupos de cuatrimestre de otoño, con clases más masificadas, para los cursos académicos 2002-2009.

#### **4.5.4.-Objetivo 4. Generalización de los resultados.**

En relación al objetivo 4 “¿Pueden extrapolarse estos resultados a otras asignaturas o a otras enseñanzas?” existen abundantes referencias en la literatura sobre innovación educativa de los últimos diez años que sugieren una respuesta afirmativa. De hecho, es en asignaturas poco masificadas y de cuatrimestres posteriores en las que se han aplicado estas metodologías con más frecuencia (Virgós y Perez-Poch, 2002). En este estudio se ha podido contrastar que, con una correcta organización y un incremento de trabajo razonable para el profesorado, es posible conseguir buenos resultados incluso en asignaturas de fase inicial y en aulas con 60-70 alumnos en clase.

Se han recogido también los datos de rendimiento académico y satisfacción del alumnado de los cursos 2009-2012 (EEES). Se ha realizado una prueba de contraste de homogeneidad de medias de la nota final de la asignatura por grupos, entre grupos del plan de estudios anterior y el plan de estudios nuevo.

Los resultados no ofrecen diferencias significativas entre grupos con el estadístico *t de Student* de los distintos planes de estudios ( $t=0.34$ ,  $p=0.35$ ). Debemos concluir que el cambio de plan de estudios no ha alterado significativamente los resultados.

#### **4.5.5.- Modelo de regresión multilínea del rendimiento académico de los estudiantes.**

Se ha realizado un análisis de regresión multifactorial (Wayne, 2009; Mujis, 2011) según la Ecuación 1, con los resultados académicos obtenidos en la asignatura como variable dependiente. Así, cuando un alumno no se ha presentado a ningún acto de evaluación durante el curso, se ha contabilizado su rendimiento académico como cero dentro del estudio. Los resultados más relevantes se muestran en la Tabla 1 para la asignatura “Informática” y en la Tabla 2 para la asignatura “Telemática”.

En la tabla se reseñan los resultados correspondientes a la correlación lineal de la nota final que obtiene cada alumno, en relación con los factores estudiados. En la primera columna se obtiene un resultado  $(1 - \beta_i)$  que da idea de la profundidad de la relación, siendo más fuerte el peso del factor reseñado a la izquierda cuánto más próximo a cero es este resultado. El

valor de la columna de la derecha (“sig”) indica la significación estadística de la correlación obtenida (valor p) considerándose un valor de  $p < 0.05$  como válido.

La dependencia más fuerte se corresponde con la calificación de acceso, y constituye claramente el mayor predictor de los resultados académicos del alumno en el caso de la asignatura de “Informática”. En el caso de “Telemática”, el factor preponderante es la implantación de metodologías activas. La participación en grupos con aprendizaje activo tiene también una dependencia positiva. Sin embargo, no se observa ninguna dependencia entre la procedencia Bachillerato/Otras vías respecto de la procedencia de Formación Profesional.

El mismo análisis, tomando como variable dependiente el aprobar o suspender la asignatura, o el número de años empleados por el alumno empleados en acabar la titulación, en caso de superar la fase inicial, no arrojó otros resultados significativos. Los resultados numéricos para la asignatura “Informática”, se muestran a continuación con Variable Dependiente: Nota final de Informática (Tabla 4).

<b>Variable Independiente</b>	<b>1- <math>\beta_i</math></b>	<b>sig</b>
Nota de acceso	0.025	0.032
Metodología activa	0.167	0.085
Otoño/Primavera	0.171	0.014

Tabla 4: Modelo de regresión multifactorial: Informática

Asimismo, los resultados obtenidos en la regresión multifactorial para la asignatura “Telemática” se muestran en la Tabla 5:

<b>Variable Independiente</b>	<b>1-<math>\beta_i</math></b>	<b>sig</b>
Nota de acceso	0.052	0.044
Metodología activa	0.122	0.043
Otoño/Primavera	0.844	0.006

Tabla 5: Modelo de regresión multifactorial: Telemática

#### 4.5.6. **Discusión de los resultados**

Existen múltiples variables que interaccionan en el aula, desde el propio profesor a las características particulares del grupo-clase o a la temática de la asignatura. Sería deseable plantear estudios multidimensionales que aporten más pistas sobre cuál sería la mejor manera de introducir la docencia activa de forma personalizada. Un tema interesante es la aplicación de nuevas tecnologías como soporte al aula, que no ha sido estudiada en este trabajo y que se espera poder introducir y analizar en futuros cuatrimestres.

Los resultados obtenidos son compatibles con los obtenidos en otro trabajo de investigación de la calidad docente (Pérez-Poch, 2010), en el que se analizaba, con una metodología similar, el impacto en la calidad docente de la introducción de técnicas de aprendizaje cooperativo en una asignatura optativa de cuarto cuatrimestre, con un máximo de 25 alumnos por curso, y durante una serie de cursos más corta, pero introduciendo también un grupo de control. En aquel caso, mejoraban los mismos apartados de la encuesta SEEQ (Aprendizaje e Interacción con el grupo), además de observarse una significativa mejora en el rendimiento académico respecto de los grupos de control.

Es tema de discusión hasta qué punto la nota de corte de entrada de los alumnos en la titulación es o no un factor determinante en su futuro desempeño (Mas-Estellés et al., 2009; Tovar et.al, 2009). Otros autores han estudiado en asignaturas similares la influencia de la procedencia de los alumnos (Bachillerato/FP) con análisis de la varianza y modelos de regresión lineal. (Belloc et al., 1998; Mas-Estellés et al., 2002). En estos trabajos, la nota de acceso ha resultado ser siempre un factor determinante en el rendimiento académico durante la titulación, por encima de las metodologías empleadas en las asignaturas objeto de investigación, y los resultados obtenidos en este estudio y en los que los autores han realizado anteriormente, abundan en esta línea. Así, parecería que, independientemente de la procedencia del alumnado, y por encima del mayor empeño que ponga el profesorado en aplicar metodologías activas en sus clases, sería la nota de acceso el factor predominante. Estos resultados sugieren que la motivación y/o capacidad intrínseca del alumnado por el aprendizaje sigue siendo decisiva, por encima de otros factores en la fase inicial de los estudios, pero deja de serlo en cursos posteriores.

Son necesarios más estudios sistemáticos de evaluación de la calidad, en otras asignaturas y con distintos profesores, para ver cuáles son las estrategias idóneas en cada caso.

Sin embargo, es significativo que la mejora en la satisfacción del alumnado con la docencia recibida, así como la mejora en su motivación por el aprendizaje es una variable que se repite en los estudios de referencia. En los alumnos de fase inicial, no se demuestra que mejore su rendimiento académico, pero sí hay estudios concluyentes de esta mejoría en cursos posteriores. Una vez superada la fase selectiva, probablemente las diferencias entre el alumnado se reducen y entonces el factor calidad que supone la implantación de metodologías activas y cooperativas en el aula pasa a tener mayor importancia.

#### **4.5.7. Conclusiones de este capítulo**

Este capítulo presenta un estudio en el que se pretende dilucidar si el uso de metodologías activas en la enseñanza universitaria, y, en especial, en primeros cursos masificados de ingeniería, mejora la calidad del aprendizaje. Para ello se ha realizado un estudio estadístico cuantitativo de largo alcance, incluyendo análisis multifactorial. De los resultados obtenidos se extraen las siguientes conclusiones:

- La mejora en el rendimiento académico se produce únicamente en grupos no masificados en los que la mayoría de alumnos son repetidores (Metodología activa vs grupo de control). Es posible también aplicar estas estrategias, adaptadas al contexto, en grupos masificados de fase inicial.
- Las estrategias de aprendizaje activo se aplican con mayor frecuencia en los grupos menos masificados, pero no se encuentran diferencias significativas a lo largo de los cuatrimestres estudiados entre grupos grandes y pequeños de fase inicial.
- La inclusión de metodologías activas en fase inicial y en grupos masificados mejora la percepción por parte del alumnado de su “Motivación por el Aprendizaje e Interacción con el Grupo” de forma significativa (Metodología activa vs grupo de control).
- El grado de satisfacción por parte del alumnado sobre la calidad de enseñanza recibida es globalmente satisfactorio. Independientemente de la metodología docente utilizada, la satisfacción está por encima del valor medio.

- El factor predominante que predice el rendimiento académico en asignaturas de fase inicial, es la nota de acceso a la titulación, por encima de la procedencia del alumno, de la masificación del grupo o de la metodología docente empleada. El factor predominante en asignaturas optativas de intensificación de últimos cuatrimestres de la titulación pasa a ser la metodología docente empleada.

En resumen, la implantación de una metodología activa y cooperativa en diversos contextos docentes mejora diversos aspectos de la calidad docente con un coste razonable para el profesorado.

La calidad del aprendizaje en las Universidades se ha convertido en un imperativo que reclama la sociedad y como tal debe ser abordado. Las metodologías activas y cooperativas mejoran significativamente el rendimiento global en asignaturas de cursos posteriores a la fase inicial y en grupos no masificados de alumnos repetidores de fase inicial, y mejora también significativamente algunos aspectos motivacionales del proceso de enseñanza-aprendizaje en todos los grupos estudiados, lo que supone ir en el buen camino hacia la excelencia académica.

En conjunto, es opinión de los autores que este estudio, por la cantidad de datos analizados a lo largo de más de ocho cursos académicos (2002-2010), podría servir como referencia a la hora de plantear la reforma de las metodologías docentes en la enseñanza universitaria de las asignaturas de Informática en el marco de la evaluación de la implantación del EEES en las universidades españolas.

## **5. LA CREATIVIDAD COMO HERRAMIENTA COMPETENCIAL PARA LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA**

La enseñanza de los fundamentos de la programación es una tarea compleja que involucra la adquisición por parte del alumno de diversos conocimientos y competencias. Es sabido también que la programación requiere frecuentemente de ciertas dosis de creatividad. Existen estudios que correlacionan la creatividad del alumnado en una escuela-conservatorio de música con su excelencia como músicos. Sin embargo, son pocos los estudios que han analizado la influencia de la creatividad del alumno de ingeniería en su rendimiento como programador. En este capítulo se presentan los resultados de un estudio piloto realizado en una muestra de 89 alumnos y alumnas de primer curso de Informática en estudios de Ingeniería Industrial. Los resultados sugieren que para obtener la excelencia en programación es necesaria una alta creatividad, competencia transversal que no está actualmente contemplada en la mayoría de los planes de estudios.

Se concluye que la creatividad es una competencia relevante para tener un rendimiento alto en programación, y que su enseñanza debería ser considerada en los planes de estudios de la enseñanza universitaria de la Informática.

### **5.1. Introducción**

La programación es un “problema de diseño” en el sentido clásico de Newell (1969). Es un hecho comúnmente establecido que la programación es un “ejercicio abierto” en el que es muy difícil definir criterios analíticos y cuantitativos para juzgar la eficiencia y corrección de una solución. El reto mayor que supone programar radica en que es necesario aplicar soluciones creativas bajo un conjunto de restricciones formales estrictas (especificaciones). Pero antes de pasar al proceso creativo, la enseñanza formal de la programación requiere proveer un conjunto de conocimientos y estructuras de programación que forman la base del código. Kim y Lerch (1997) han estudiado el proceso cognitivo que lleva al diseño de código de programa, y han establecido que el programador debe escoger entre diferentes representaciones del código y lo compara con el proceso de la investigación científica.

El proceso de desarrollo del *software* en la industria se ha caracterizado típicamente por ser iterativo, porque surge desde la individualidad, es colaborativo y muchas veces exploratorio (Hsi, 2007). Parece como que al ser una actividad fundamentalmente creativa debería beneficiarse de una enseñanza menos formal y más abierta. Sin embargo, la gran mayoría de universidades e instituciones educativas no plantean la enseñanza de la programación de esta manera. La creatividad no está contemplada. Es más, la mayoría de estrategias docentes están enfocadas a dar una enseñanza de las estructuras de programación y aplicarlas en el laboratorio. Difícilmente encontramos estrategias para aumentar la creatividad de los estudiantes de programación en los planes de estudios (De Haan, 2011).

¿Cómo definir la creatividad? Ésta ha sido objeto de investigación en multitud de campos como la ciencia, la música o el arte, e incluye su estudio bajo la óptica de la psicología, la sociología, la organización del trabajo, y las ciencias de la educación. Esta diversidad de enfoques ha llevado a que existan una gran variedad de definiciones de la creatividad (Robston, 2010). Dado que nuestro estudio se refiere a la creatividad aplicada a la creación de un ‘objeto’ o código de programa, parece natural que busquemos aquellas definiciones que tienen un enfoque más operacional. Boden (1998; 2010), por ejemplo, elabora una serie de criterios que deben darse en el proceso cognitivo de fabricación de un objeto como puede ser un programa informático. Un programador/a creativo/a, así, es aquel o aquella (Figura 3) que es capaz de escoger entre diversas soluciones o patrones uno nuevo con un patrón único y original, de forma que solucione el problema requerido eficientemente. Los/las programadores/as suelen describirse como abiertos, individualistas, disruptivos, y generosos; en contraposición con la obediencia a las reglas establecidas. Algunos autores como Couger y Dengate (2015), en cambio, niegan que pueda ligarse la creatividad a la creación de un objeto abstracto como el *software*, y por tanto consideran que el enfoque operacional de la creatividad, de hecho, ignora el proceso dinámico-cognitivo de toda creación original. Sin embargo, no es el objeto de este capítulo la disquisición teórica sobre cómo describir la creatividad de nuestros alumnos/as (Figura 3), sino estudiar qué consecuencias tiene en su rendimiento académico.

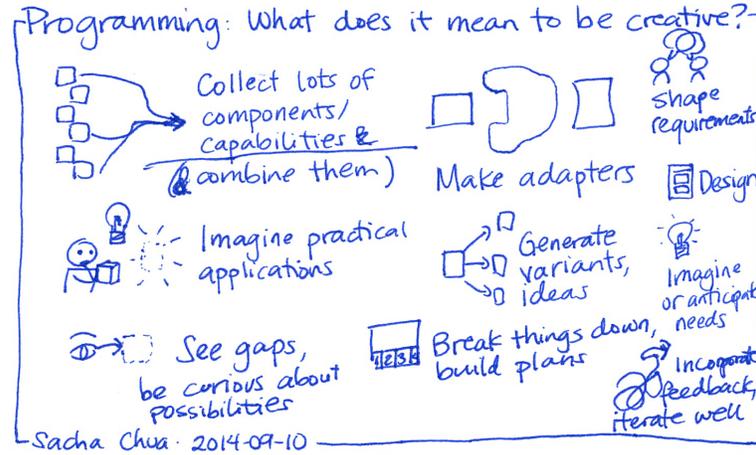


Figura 3: ¿Qué significa que un programador/a tiene que ser creativo/a? (Chua, 2010)

Para ello, buscamos una manera de cuantificar cuán creativo está siendo un alumno en el aula con su productividad tanto en la asignatura de Informática como en su rendimiento en los estudios. Para poner un ejemplo de a qué nos referimos con la medida de la creatividad operacional de un/a alumno/a, consideremos la “elegancia” del código producido. Esta “elegancia” suele describirse con un atributo propio de un código bien escrito, algo difícil de cuantificar desde el punto de vista creativo, pero que es algo deseable en un trabajo práctico de programación, y que de alguna manera refleja la madurez del alumnado en programación. El docente mide en una prueba no sólo la corrección de un algoritmo en la medida que responde a los requisitos del enunciado de problema. También valora la elegancia, originalidad y eficiencia del código.

Este equilibrio entre sometimiento a los requisitos y a la vez, el hecho de escoger una solución entre muchas posibles caracteriza la evaluación de los ejercicios de programación, es compatible con las prácticas que se realizan en psicometría.

Uno de los test psicométricos de creatividad más reconocidos en psicología es el Test Torrance de Pensamiento Creativo (TTCT). Este test mide tres ámbitos cognitivos del sujeto estudiado: fluidez, originalidad y elaboración (Torrance, 1974; 1976). Por fluidez se entiende el proceso de pensamiento divergente que conduce a soluciones nuevas y originales, y que puede ser medido a partir de un objeto de creación que se propone en el test. El test plantea la creación de frases y de figuras a partir de unos requisitos iniciales. Así, los atributos usualmente atribuidos como “métricas de software” pueden incluir también patrones de elegancia del software como efectos de un proceso creativo de programación. A lo largo del

artículo utilizaremos este test estandarizado para evaluar la creatividad del alumno/a y correlacionarla con su rendimiento académico en programación.

Como en la música, la creatividad tiene un papel muy relevante en la creación de código de programación (Figura 2). Los músicos de alto nivel son considerados personas altamente creativas, que componen melodías originales partiendo de estructuras musicales conocidas en base a patrones establecidos, para crear nuevas composiciones. Son capaces de reproducir obras musicales dándoles un toque propio y de improvisar a partir de melodías conocidas. Hay numerosos estudios (Gibson et al., 2009) que demuestran que los músicos son, de hecho, personas que puntúan alto en los test de pensamiento divergente como el que hemos mencionado.

En este capítulo nos planteamos si, como se cita en (Perez-Poch et al., 2015) donde se publicaron resultados preliminares de este estudio en una ponencia presentada en las XXI Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUUI 2015). La ponencia se titula: “¿Puede escuchar a los bits cantando?”. En ella, se planteaba si existe una relación entre ser creativo y ser un buen programador (Figura 4). ¿Son realmente creativos/as los buenos/as programadores? ¿Es necesaria una buena dosis de creatividad para lograr los objetivos de un curso de programación básica?



Figura 4. La composición musical es una actividad creativa, como también lo es la programación.

## 5.2. Objetivos

Como objetivos del estudio que se presenta en este capítulo se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Existe alguna correlación entre la creatividad de un estudiante y su rendimiento como programador/a?
2. ¿La correlación entre creatividad y rendimiento como programador/a varía según el valor de su nota de acceso a la universidad?

3. ¿Es la creatividad un factor relevante en el rendimiento del alumno/a o hay otros factores más importantes?

Nuestras hipótesis son: que debe existir alguna relación entre la creatividad del alumnado y su rendimiento en programación dado que ésta es una actividad de pensamiento divergente. Respecto a la segunda pregunta consideramos de inicio que es más probable que un/a buen/a programador/a tenga alta creatividad, aunque no debe descartarse que un/a mal/a programador/a pueda ser también creativo/a. En relación con esta última consideración, puede haber y, de hecho, se ha demostrado que hay (Mas-Estellés et al., 2002, 2009) otros factores que también influyen en el rendimiento académico de primer curso. Entre ellos, la nota de acceso o la metodología docente, como se ha demostrado en el capítulo cuarto. Esta metodología docente seguida podría favorecer una mayor creatividad en el alumno a la hora de programar, pero no hay pruebas de que así sea. Además, la nota de acceso del alumno puede suponer una cierta dosis de creatividad, pero está también ligada a la dedicación y esfuerzo personal del alumno a la asignatura, su motivación, inteligencia y otros factores que influyen en el rendimiento académico.

### **5.3. Metodología de investigación**

#### **5.3.1. Características de la muestra**

La muestra de este estudio se compone de 89 estudiantes de primer curso de Ingeniería Industrial, de edades comprendidas entre 17 y 41 años (media: 20,3; desviación típica: 0,9); matriculados en la EUETIB durante el curso 2014-15. El alumnado pertenece al mismo grupo-clase de teoría de mañana, pero no al mismo grupo de laboratorio de Informática. Todo el alumnado tenía el mismo profesor de teoría y de laboratorio. Los estudiantes accedieron voluntariamente a realizar el test de estudio, y firmaron un cuestionario con sus datos personales siendo informados de los objetivos del estudio, de la confidencialidad de los resultados y de que éste no tendría ninguna influencia en su valoración académica. Posteriormente, completaron el test en horas externas a su horario de clases.

De los 89 estudiantes, 78 procedían de bachillerato, sólo 5 provienen de haber cursado otros estudios en la misma universidad (UPC), 5 provenían de ciclos formativos y 1 de acceso

a mayores de 25 años. La media de la nota de acceso del alumnado es de 10,7 (sobre un máximo de 14; desviación típica 0,3). La muestra no es estratificada pero sí aleatoria, y es representativa del alumnado que accede a los estudios de Grado de Ingeniería Industrial en la UPC y cursan la asignatura de Informática en primer curso (en total, 285 alumnos/as en primer curso) por primera vez. Hemos prescindido deliberadamente en este estudio piloto de alumnos/as repetidores de curso. De la muestra tomada, el 74% no había cursado antes estudios de programación, ya sea en otra titulación anterior o en los estudios anteriores al acceso a la Universidad, ni tenían experiencia previa de programación. Ninguno de ellos había realizado un test de creatividad con anterioridad.

### **5.3.2. Instrumento de evaluación**

El instrumento utilizado para evaluar la creatividad de los alumnos/as es el Test Torrance de Pensamiento Creativo (TTPC). Se aplicó la Forma A de TTPC (Kyung, 2006) en sus componentes verbal y figurativo. Del verbal se aplicaron tres subtest: “Hacer suposiciones” (Subtest 1V), en la que los sujetos enuncian las consecuencias para una situación improbable; “Usos inusuales” (Subtest 2V), en la que los sujetos enumeran usos poco habituales para un objeto; y “Vamos a hacer preguntas” (Subtest 3V), en la que los sujetos formulan un máximo de cuestiones sobre la acción que está ocurriendo en una imagen, que retrata una situación ambigua. Del figurativo se aplicaron las tres subpruebas: “Componemos un dibujo” (Subtest 1F), en la que se pide a los sujetos que elaboren una ilustración poco familiar a partir de una figura curva; “Acabamos un dibujo” (Subtest 2F, Figura 3), en la que, a partir de dibujos incompletos, los sujetos tienen que diseñar dibujos, proponiendo ideas en las que nadie más haya pensado; y “Las líneas” (Subtest 3F) con un tipo de tarea parecida a la anterior, pero esta vez los sujetos tienen estímulos mucho más semejantes a partir de los cuales han de crear el máximo de ideas diferentes. Para la evaluación de las producciones se consideraron los cuatro criterios: fluidez (cantidad de ideas), flexibilidad (producción de ideas diferentes entre sí), originalidad (producción de ideas no familiares) y elaboración (enriquecimiento de ideas) propuestos inicialmente por Torrance, así como los más estudiados en la literatura (Kyung, 2006). Finalmente, se obtuvo una puntuación global del test que es la que se obtiene como medida de la creatividad del estudiante.

	Starting Shapes	Completed Drawing	
		More Creative	Less Creative
Use		 Mickey Mouse	 Chain
Combine		 King	 Face
Complete		 A fish on vacation	 Pot

Figura 5: Ejemplo de subtest (2F) del Test Torrance de Pensamiento Creativo. Se dan figuras de inicio al sujeto, que debe completar formando figuras más complejas (Torrance, 1974).

Se utilizaron las instrucciones originales de los manuales de test y se hizo énfasis en el carácter lúdico y no evaluativo del test para evitar la ansiedad inherente a la realización de este tipo de pruebas. Un psicólogo con formación previa en la aplicación de este test obtuvo y discutió sus resultados.

Posteriormente, estos resultados fueron correlacionados con variables de los sujetos de la muestra, como su nota de acceso a la titulación o el resultado final que obtuvieron en la asignatura de Informática de primer curso. Para el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 24 para Windows (SPSS, 2019).

#### 5.4. Resultados

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la aplicación del test, divididos por factores, así como la medida global de creatividad (mc) del estudiante, ésta última normalizada al valor máximo de 100.

Puntuación Test	Media	Desv. típica
Fluidez	67,3	4,8
Flexibilidad	54,4	3,5
Originalidad	49,1	4,9
Elaboración	68,4	7,7
Global (mc)	59,8	4,7

Tabla 6 Resultados de la aplicación del Test Torrance para la muestra de N=89 estudiantes.

### 5.4.1. Creatividad y rendimiento como programador

Para responder al Objetivo 1 - *¿Existe alguna correlación entre la creatividad de un estudiante y su rendimiento como programador?* calculamos la correlación estadística entre el resultado global del test y la nota final de la asignatura.

El resultado de esta correlación es una cierta dispersión de los resultados, no obteniéndose un resultado significativo (N= 89;  $r=0,55$ ;  $p>0.05$ ).

A continuación se dividió los 89 alumnos/as de la muestra en tres subgrupos, según la nota final que obtuvieron en la asignatura de Informática cuyo objetivo básico es el aprendizaje de las técnicas básicas de la programación. Los alumnos/as se dividieron en tres terciles según la nota que sacaron, formando tres subgrupos. La Tabla 7 resume las características de los tres subgrupos: alumnado con (MA) – Nota más alta (entre 10 y 7,0), grupo con (ME) – Nota media (entre 6,9 y 5,0), y finalmente grupo con (MB) – Nota más baja (menor de 5,0). En esta misma tabla se indica el resultado de correlacionar el resultado global del Test Torrance con la nota final obtenida, en cada subgrupo (mc: media del test; d.t: desviación típica; r: correlación; p: significación estadística).

	mc	d.t	r	p
<b>MA</b>	71,7	3,4	0,76	<0.01
<b>ME</b>	54,6	3,9	0,51	>0,05
<b>MB</b>	45,9	4,1	0,45	>0,05

Tabla 7. Media de cada subgrupo (mc), y correlación de la nota final de Informática con el resultado del test, con los sujetos divididos en tres subgrupos según la nota final.

Como puede observarse, la correlación es significativa únicamente en el subgrupo MA; es decir, sólo entre los mejores alumnos/as de la muestra, con nota final entre 7,0 y 9,8; se observa una alta correlación con el resultado del test. Para los otros dos subgrupos, con notas medias inferiores a 7,0, no hay correlación con significación estadística apreciable ( $p<0,05$ ) entre creatividad y rendimiento en la asignatura.

### 5.4.2. Creatividad y nota de acceso del estudiante

Para responder al Objetivo 2 - *¿La correlación entre creatividad y rendimiento como programador varía según el valor de su nota de acceso?* calculamos la correlación estadística entre el resultado global del test y la nota de acceso del estudiante. En el caso de los alumnos/as provenientes de otra titulación se usó la nota de acceso de la primera titulación, y en el caso de alumnos/as procedentes de otros accesos, la nota del examen de acceso. En la Tabla 8 se resumen los resultados obtenidos (mc: media del test; d.t: desviación típica; r: correlación; p: significación estadística).

	mc	na	r	p
<b>MA</b>	71,7	11,27	0,61	>0,05
<b>ME</b>	54,6	9,87	0,47	>0,05
<b>MB</b>	45,9	8,45	0,50	>0,05
<b>Global</b>	59,8	10,53	0,42	>0,05

Tabla 8. Medias del resultado del test (mc), la nota de acceso del alumno (na, sobre 14), coeficiente de correlación r entre las variables y significación estadística p.

Puede observarse que no se obtienen resultados estadísticamente significativos, ni en el grupo-muestra entero ni en ninguno de los subgrupos de la muestra. Aparentemente, la creatividad no correlaciona con la nota de acceso a la universidad en el estudiantado de la muestra escogida.

### 5.4.3. Creatividad y otros factores

Con respecto al objetivo 3 - *¿Es la creatividad un factor relevante en el rendimiento del alumno o hay otros factores más importantes?* planteamos un modelo lineal. La variable dependiente de nuestro modelo es la nota final de la asignatura.

Esta variable sería combinación lineal de diversos factores ponderados (Ecuación 2):

$$\text{Nota final} = \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i f_i$$

Ecuación 2: Modelo de dependencia lineal del rendimiento académico.

El modelo, por tanto, supone que el rendimiento académico del alumnado, medido según la nota final de la asignatura que obtiene, es una suma lineal de variables independientes ( $f_i$ ) que tienen asociado un peso. El peso de cada uno de los factores ( $\beta_i$ ) es el valor que se calcula en la regresión lineal del modelo, y da idea de la importancia que tiene este factor en el rendimiento final del alumnado. Finalmente,  $\alpha$  es el término independiente, constante, que calcula el modelo de regresión. Sumando las contribuciones de cada uno de los  $N$  factores  $f_i$ , ponderados por su peso correspondiente  $\beta_i$ , y sumando el término independiente  $\alpha$ , se obtiene la predicción de la nota final del alumno aparte del modelo de regresión. Los factores  $f_i$  en nuestro modelo son: creatividad (resultado del test), nota de acceso a la titulación y procedencia del alumno. Los valores cualitativos se convierten en valores ordinales (procedencia del alumno), y finalmente se normalizan los valores máximos de todos los factores a 1 antes de realizar el cálculo de la regresión.

Se ha realizado un cálculo de análisis multifactorial a partir de este modelo siguiendo el trabajo iniciado en (Hsi, 2007) y la metodología estadística descrita en (Hoy, 2009). Los resultados se muestran en la Tabla 4: Se muestran los valores de la correlación por subfactor,  $r_i$ , que indica la importancia de este factor en el peso de la variable dependiente ‘nota final de la asignatura’. La primera columna indica la correlación total, y las siguientes tres columnas la intensidad de correlación por cada uno de las tres submuestras MA, ME y MB en que se ha dividido el grupo.

$r_i$	Global	MA	ME	MB
<b>Creatividad</b>		0,69*	0,34	0,26
<b>Nota de acceso</b>	0,78*	0,56	0,74*	0,73*
<b>Procedencia</b>	0,33	0,34	0,27	0,21

Tabla 9. Análisis multifactorial de la nota final de la asignatura Informática (\*  $p < 0,01$ ).

Puede observarse que sólo en el caso del grupo MA, es decir, el alumnado de la muestra que obtiene mejores notas, la creatividad es un factor principal que explica la nota final del

alumnado. En el caso de considerar el grupo-muestra en su conjunto, así como el caso de los subgrupos ME y MB el factor principal es la nota de acceso, en línea con los resultados obtenidos previamente en (Hsi, 2007). En cuanto al factor procedencia del alumnado, no se obtienen valores significativos de correlación debido a la escasez de diversidad de valores de la muestra.

### **5.5. Discusión y Conclusiones de este capítulo**

Este estudio ha analizado la correlación existente entre la creatividad de una muestra de estudiantes de Informática en primer curso, y su rendimiento académico como programadores. Asimismo, se ha estudiado la influencia en este rendimiento de otros factores como la nota de acceso a la titulación o su procedencia. Los resultados sugieren que existe una correlación positiva entre alta creatividad y alto rendimiento como programadores, pero no una correlación en general en todos los estudiantes. Es decir, a rendimientos bajos y medios, puede darse una alta o baja creatividad, pero no a rendimientos altos. Además, se ha constatado que no existe una correlación significativa entre la nota de acceso a la titulación y la creatividad del estudiantado.

Los resultados sugieren que para ser un/a buen/a programador/a se necesita una elevada creatividad, una competencia genérica que no está contemplada en los actuales planes de estudios, ni tampoco en la mayoría de cursos de programación básica en las escuelas de ingeniería.

Existen numerosos estudios realizados hasta ahora que han analizado, mediante el Test Torrance de Pensamiento Creativo, el efecto de una instrucción para mejorar la creatividad del estudiantado (Mansfield et al., 1978; Scott et al., 2004) con resultados positivos. El test Torrance está establecido como una herramienta que permite de forma fiable y económica evaluar la creatividad potencial de un sujeto mediante preguntas abiertas, tanto verbales como figurativas (Torrance, 1976; Cramond, Matthews-Morgan, Bandalos y Zuo, 2005). En consecuencia, existen evidencias en la literatura de que la creatividad puede mejorarse y evaluarse mediante este test, si se dan las condiciones adecuadas en el aula, hecho que favorecería la excelencia en nuestras universidades.

Por otro lado, este estudio es original en el sentido que no se han encontrado en la búsqueda bibliográfica realizados estudios similares en las universidades españolas. Existen, además, muy pocos estudios que relacionen el rendimiento como programador/a con la creatividad. Erdogan, Aydin y Kabaca (2008) estudiaron el rendimiento académico en programación de una muestra de estudiantes de la Universidad Técnica de Estambul (Turquía), y lo correlacionaron con diversas variables independientes, entre ellas la creatividad. No encontraron, en la línea de nuestro estudio, una correlación general entre creatividad y rendimiento en programación. Sin embargo, en su trabajo no segmentaron la muestra de estudiantes en subgrupos según su rendimiento académico.

El trabajo ha sido replicado en colaboración con nuestro grupo de trabajo en la Universidad de Guadalajara (México), Campus Universitario Los Altos. Las autoras, profesoras de dicho campus expertas en innovación educativa, estudiaron (Islas, Carranza, Perez-Poch y Salán, 2019) la influencia de la creatividad en una muestra de 65 estudiantes de ciencias de la computación de esta universidad. Para medir la creatividad individual de estos sujetos, utilizaron el instrumento CREA (“Inteligencia Creativa, una medida cognitiva de la Creatividad”), original de Corbalán, Martínez y Donolo (2015). En su estudio, concluyeron que a partir de los resultados que obtuvieron no hay una correlación general entre la creatividad con el rendimiento en programación, en línea con los resultados que se han obtenido en el presente trabajo. Sin embargo, no realizaron en esta publicación el análisis post-test que consiste en segmentar a posteriori la muestra en tres tercios. Este análisis resta pendiente, así como expandir este estudio a otros contextos educativos y universidades.

Las limitaciones del presente estudio incluyen una muestra pequeña, que tiene pocos estudiantes con diversidad de procedencia a la titulación. Los estudiantes pertenecen todos al mismo centro y tienen un mismo profesor, hecho que favorece la homogeneidad de la muestra y la validez de sus resultados. También puede ser de interés ampliar la evaluación de la creatividad del estudiante con entrevistas y técnicas más cualitativas, o con un test específico de programación. Finalmente, no se han estudiado por separado los resultados de los subtest de creatividad que podrían apuntar en qué ámbitos específicos (verbal o figurativa) es más necesaria la creatividad del programador/a.

Este estudio piloto aporta la importancia del estudio de la influencia de la creatividad del estudiantado en su rendimiento como programador/a, competencia específica fundamental

hoy día para cualquier ingeniero/a. Además, apunta evidencias de que para que el alumno alcance un buen nivel como programador es necesario que tenga una amplia creatividad.

Una enseñanza favorable al desarrollo de la creatividad debería fomentar la presencia de minorías y de las mujeres, manifiestamente infrarrepresentadas en los estudios científicos y tecnológicos. Existen estudios, algunos desarrollados en nuestro grupo de trabajo (Olmedo et al., 2016) que ponen de manifiesto el perfil propio de las estudiantes que cursan estos estudios, y que se verían beneficiadas de un entorno de aprendizaje proclive al desarrollo de la programación.

En base a estos resultados, sugerimos que la competencia genérica de la creatividad debería ser contemplada en la formación de un ingeniero/a si se quiere alcanzar un nivel excelente en programación. Además, esta formación seguramente sería buena para alcanzar altos niveles de rendimiento en otras tareas específicas que requieran creatividad, como muchas tareas que involucran un proceso de diseño.

Como líneas de futuro trabajo, y animados por los resultados obtenidos, apuntamos ensanchar la muestra a un grupo mayor de alumnos/as de Informática de nuestro centro y de otras universidades. Asimismo, sería interesante evaluar el estilo de enseñanza del profesorado en la medida que éste favorezca o no la creatividad del alumno, y, por tanto, su rendimiento al resolver técnicas algorítmicas en el aula.

Finalmente, proponemos establecer un programa de formación en creatividad como competencia transversal, y evaluar posteriormente sus resultados. Un ejemplo podría ser favorecer la expresión libre del alumno/a en el aula, el trabajo colaborativo, o también el entrenamiento de la creatividad en general mediante actividades específicas en clase, no necesariamente relacionadas con la programación.

La composición musical requiere estudio, dedicación y creatividad. Las notas suenan de forma armoniosa cuando la melodía tiene unas estructuras de composición determinadas que han sido analizadas y descritas por la teoría musical. Pero además de aplicar esos patrones armoniosos, la inspiración del músico y la aplicación de su creatividad son requisitos indispensables para obtener una gran obra. Así lo precisa también la programación.

Es hora de que a los ingenieros/as y en concreto los y las programadores/as, se les reconozca también la necesidad de ser creativos/as como un requisito básico de su profesión para alcanzar la excelencia en sus diseños.

## 6. PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE MÉTODOS ACTIVOS PARA LA MEJORA DOCENTE

En los últimos años, se han aplicado varias estrategias de enseñanza en la educación superior para mejorar los resultados académicos y la motivación de los estudiantes, con un enfoque en las metodologías activas. Estas técnicas resaltan el proceso de aprendizaje de los estudiantes en la vanguardia del aula. Las Metodologías Integradas, definidas en este trabajo de forma original por primera vez, se definen como una combinación de estrategias de aprendizaje que se combinan en un solo entorno educativo, tienen el potencial de aumentar su impacto. No hay estudios anteriores controlados y empíricos que se hayan encontrado en la literatura que hayan abordado qué impacto puede estar involucrado al aplicar más de una técnica o más de dos en el proceso de aprendizaje.

En este capítulo se propone una Metodología incorporada en estudios de Ingeniería de educación superior con aprendizaje cooperativo, enseñanza *Just-in-Time* y metodologías informales activas. Se presenta un estudio longitudinal de diez años (2007-2017) en el que se han analizado los resultados académicos y la satisfacción de los estudiantes mediante una encuesta estandarizada entre 294 estudiantes que cursaron una asignatura de "Telecomunicaciones e Internet" en la Escuela de Ingeniería EEBE de la UPC. Los resultados muestran que las metodologías integradas mejoraron significativamente la motivación de los estudiantes y sus calificaciones finales; en particular, para aquellos estudiantes en riesgo de suspender la materia, aunque esto no ocurrió con las estudiantes con calificaciones más bajas.

Se encontró que la metodología de aprendizaje aplicada era el mejor predictor de sus calificaciones en la materia, entre otros factores, como su desempeño en el examen de ingreso a la universidad. La percepción de los estudiantes sobre la calidad de la enseñanza y sus resultados académicos fue significativamente mejor en comparación con los grupos de estudiantes que estuvieron expuestos a una sola metodología activa o ninguno, lo que sugiere que una combinación de técnicas de aprendizaje motivacional aumenta su impacto en el aprendizaje de los estudiantes y en su motivación.

## 6.1. Introducción y contexto

Prince y Felder (2006), entre otros autores, han demostrado que los métodos que alientan a los estudiantes a participar activamente en clase son al menos tan efectivos como los métodos tradicionales, y en general también mejoran algunos aspectos del aprendizaje de los estudiantes, como la motivación. La atención y motivación mejoradas inducen a los estudiantes a involucrarse más en el trabajo del curso y hacer más trabajo personal fuera de clase. Los estudiantes ya están acostumbrados a conectarse al campus virtual utilizando teléfonos inteligentes, tabletas u ordenadores, y en este trabajo proponemos integrar estas actividades con las actividades presenciales en clase. Los profesores deberían invertir más en el diseño de cada clase, así como una mayor participación personal, y se exige el mismo compromiso a los estudiantes. La hipótesis se basa en el supuesto de que esta actitud aumentará el rendimiento de los estudiantes y el tiempo que los estudiantes pasan trabajando fuera de la clase, así como su motivación para la materia.

El aprendizaje cooperativo es una técnica bien conocida que ha demostrado fomentar relaciones positivas entre los estudiantes y aumentar el rendimiento estudiantil (Johnson y Johnson, 1999). Cooperación significa que los estudiantes trabajan juntos para lograr objetivos compartidos (Johnson, Johnson y Smith, 2006). Cuando se establecen situaciones de cooperación en el aula, los individuos deben buscar resultados que sean beneficiosos para ellos mismos y para todos los demás miembros del grupo al mismo tiempo. El aprendizaje cooperativo es el uso educativo de grupos pequeños para que los estudiantes trabajen juntos para maximizar sus propias capacidades de aprendizaje y las de los demás. Puede contrastarse con el aprendizaje competitivo y el aprendizaje individualista, en el que los estudiantes trabajan por sí mismos para lograr objetivos de aprendizaje no relacionados con los de los otros estudiantes. En el aprendizaje cooperativo e individualista, los esfuerzos de los estudiantes se evalúan sobre la base de criterios, mientras que en el aprendizaje competitivo se evalúan sobre la base de normas. Varias metodologías implementan el aprendizaje cooperativo, como el trabajo en grupo, el aprendizaje en equipo, la investigación grupal, la

enseñanza recíproca o el trabajo cooperativo basado en proyectos en un grupo formal. En este trabajo, los autores presentan la experiencia cuando usan la enseñanza *Just-in-Time*.

*Just-in-Time Teaching* (JiTT) (Novak, 2011) consiste en utilizar el campus virtual para proporcionar nuevos ejercicios y experiencias educativas para los estudiantes y adaptar las clases a esta información. Es una combinación de interacción cara a cara en el aula y el apoyo de aprendizaje basado en el sitio web, que optimiza el tiempo y el esfuerzo que los alumnos hacen en clase. Aunque emplea tecnologías en línea actuales como el campus virtual, no debe confundirse con el aprendizaje a distancia o la instrucción asistida por computadora. Más bien, consiste en proporcionar un buen circuito de retroalimentación que motive a los estudiantes a comprometerse completamente en su proceso de aprendizaje. Los tres objetivos principales de esta metodología son los siguientes:

- Para optimizar la eficacia de la sesión presencial en el aula, donde el instructor está presente.
- Planificar tiempo fuera de la clase para estructurar los esfuerzos realizados por los estudiantes.
- Promover el espíritu de equipo entre estudiantes y docentes, al tiempo que proporciona un apoyo individualizado para cada alumno.

Se puede encontrar una descripción de JiTT en la página web dedicada a esta metodología en Indiana University – Purdue University Indianapolis (2018). La aplicación de este enfoque se ha descrito en varios entornos educativos con resultados muy prometedores. Entre otros, Bangs (2012) aplicó este método en un curso de *Statistics Business* y mejoró la motivación de los estudiantes. Chantoem y Rattavich (2016) brindaron apoyo en línea y presencialmente durante un curso de habilidades en inglés. Paulson (1999) dirigió sus clases con metodologías de Aprendizaje Cooperativo y JiTT mientras daba clases de Química Orgánica. Este autor también ha utilizado JiTT para enseñar programación de computadoras en los cursos de primer año de una licenciatura en ingeniería industrial. Esta experiencia de usar JiTT en otra asignatura obligatoria, pero sin metodologías integradas, se llevó a cabo en el año académico 2016-2017 con un éxito considerable, ya que mostró un potencial para mejorar los resultados académicos y la motivación a nivel de primer año (Perez-Poch y López, 2017).

Con el objetivo de mejorar la motivación de los estudiantes, se han propuesto otro tipo de actividades multidisciplinares. Por ejemplo, durante la realización de esta tesis doctoral se propuso también la realización de un concurso internacional de estudiantes de ingeniería para diseñar una estación espacial como “La Estrella de la Muerte” de la saga “La Guerra de las Galaxias-Episodo 4” (Perez-Poch et al., 2016). Con la misma idea de fomentar la creatividad y la motivación de los estudiantes de ingeniería, se ha promovido un concurso internacional de diseño de experimentos en microgravedad para su ejecución en vuelo parabólico de avioneta. Este concurso ha tenido una notable difusión en los medios, y se ha realizado también durante las horas de clase de nuestras asignaturas, tanto en primer curso como en cursos posteriores con un notable éxito de participación (Perez-Poch et al, 2016).

Al utilizar un campus en línea basado en Moodle, se requiere que los estudiantes realicen tareas calificables que deben resolverse antes de que comience la clase, cuyos resultados se utilizan para diseñar la clase *Just-in-Time*. Las tareas se califican y forman parte de la evaluación continua. Ayudan a contextualizar los ejercicios realizados en clase y proporcionan a los profesores información sobre la distancia objetiva de los alumnos con respecto a la dificultad de la tarea que deben realizar. Las tareas también deben motivar a los estudiantes a obtener mejores calificaciones en los exámenes individuales realizados durante el curso.

Los estudiantes de tercer año en el curso de Grado en Ingeniería Industrial en la Escuela de Ingeniería de Barcelona Este (EEBE) de la *Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)* estudian "Telecomunicaciones e Internet" como una materia opcional. Por más interesante que pueda parecer el tema a los estudiantes que se inscriben, creemos que existe un problema relacionado con la inconsistencia de los hábitos de trabajo de los estudiantes, ya que a menudo asisten a una clase sin haber leído el tema de la clase anterior sobre el que se realizará el trabajo en clase. Dado el enfoque teórico adoptado para la asignatura, los estudiantes pueden perder interés después de que comience el curso.

Para enfrentar estos desafíos, proponemos la aplicación de una metodología activa en clase, combinada con la enseñanza *Just-In-Time* y un proyecto final en el que se aplica el aprendizaje cooperativo. Esta propuesta recibe el nombre genérico de “Metodologías Integradas”. Mediante Metodologías integradas definimos dos o más estrategias educativas que no solo se aplican en el mismo contexto educativo, sino que también se aplican simultáneamente en

algunas ocasiones y forman parte del desarrollo del programa de estudios. Las metodologías se eligen cuidadosamente para cumplir con los objetivos de aprendizaje de la situación educativa dada. La consecuencia es que su impacto en la motivación y los resultados académicos se multiplicaría. En términos académicos, de 2015 a 2017 esta estrategia integrada se aplicó en la materia mencionada anteriormente en la Escuela de Ingeniería EEBE. Los resultados de esta experiencia sugieren que este enfoque podría aplicarse aún más a diferentes escenarios de Educación en Ingeniería para proporcionar un ambiente de aprendizaje más individualizado y efectivo.

## **6.2. Metodologías activas integradas**

Incorporar diferentes metodologías de aprendizaje activo dentro de los objetivos de una asignatura determinada en Ingeniería requiere una planificación detallada. Las actividades de los estudiantes deben diseñarse no solo para agregar más diversidad a las actividades, sino también de acuerdo con los resultados de aprendizaje de la materia. La propuesta establecida en este capítulo es la de ofrecer un curso atractivo para los estudiantes con el objetivo de aumentar el interés de los estudiantes en la materia más allá del final del curso. Por lo tanto, las actividades deben centrarse en motivar la asistencia a las clases y estimular a los estudiantes a adoptar un papel activo para captar los contenidos del programa de estudios. En cuanto a las actividades de clase, se proponen diferentes actividades cortas realizadas en grupos informales a lo largo del período. Esto implica no solo una participación activa, sino también breves descansos a lo largo de la presentación de las conferencias centrales. Las actividades deben incluir, pero no se limitan a, intercambio de notas en parejas, actividades breves sobre los contenidos de la clase, discusión grupal o grupos informales de puzle, todo lo cual está destinado a reforzar la adquisición de los conceptos durante las reuniones personales.

La enseñanza *Just-in-Time* hace referencia a usar el campus virtual para tareas individuales. Esto se hace en diferentes semanas a lo largo del semestre de 15 semanas. Algunas actividades se proponen en el campus virtual, donde los estudiantes deben proporcionar respuestas cuarenta y ocho horas antes de la clase presencial. Dichas actividades pueden consistir en responder preguntas en el foro después de ver un vídeo en línea, resolver

ejercicios asociados con el tema que se está trabajando en clase o completar una breve tarea de investigación. Luego, los ejercicios están abiertos para comentar en clase en un diálogo individual presencialmente. Si bien esto puede llevar mucho tiempo, proporciona en esencia un enfoque individualizado de la enseñanza para todos los alumnos, para que puedan pasar a la siguiente clase con una retroalimentación precisa sobre su propio proceso de aprendizaje. El instructor del curso generalmente asigna a los estudiantes nuevas tareas relacionadas con el próximo tema que se abordará en la siguiente clase, de acuerdo con un nivel de dificultad graduado basado en una evaluación previa del desempeño del estudiante. Por lo tanto, el curso se diseñó con Metodologías Integradas que incluían tiempo de trabajo presencial y en línea, proporcionando así una experiencia activa en clase que fomenta la discusión libre de temas.

Por último, se asigna un proyecto final que se realizará durante las últimas seis semanas del curso. Se espera que los estudiantes organizados en grupos de tres trabajen conjuntamente para completar un proyecto real de diseño de una red de telecomunicaciones para una pequeña empresa.

El proyecto requiere un estudio de los requisitos de Ingeniería, diseño de la red de datos, análisis y trabajo en equipo. Durante el curso, se establecen dos asignaciones de entregables que son evaluadas por el instructor del curso, a fin de proporcionar a los estudiantes una respuesta inmediata sobre su progreso hacia la entrega final. Esta tarea final consiste en una presentación oral obligatoria en clase frente a sus compañeros de clase. La calidad del trabajo se evalúa sobre la base de los informes intermedios, que deben incluir detalles del compromiso de los estudiantes y los objetivos comunes, y también en una coevaluación anónima final.

Todas las actividades son evaluadas, y la presentación final lleva una marca única para los miembros del grupo en su totalidad. Los estudiantes deben enviar actividades en línea, así como participar en la clase, pero las actividades en línea no se califican si los estudiantes no asisten a las sesiones presenciales en el aula. Los estudiantes requieren una calificación mínima en cada parte de la materia para lograr un pase: actividades presenciales y a distancia (35%), proyecto final (40%) y examen individual (25%).

Como se puede ver, las actividades están integradas en el curso, por lo que no hay posibilidad de lograr un aprobado en la materia sobre la única base de un examen final o una tarea. Los resultados con esta metodología muestran que el absentismo es muy bajo, al igual que la cantidad de estudiantes que abandonan los estudios antes de completar el curso. Los alumnos son conscientes desde el principio de que están obligados a asistir a las clases y realizar todas las actividades para participar en las actividades de aprendizaje y, por lo tanto, no pierden la oportunidad de familiarizarse con el tema.

### **6.3.Objetivos**

Un estudio realizado antes de presentar esta estrategia de Metodologías Integradas encontró que los estudiantes invierten en promedio menos de una hora por día en el tema fuera de clase, y solo se ponen a trabajar inmediatamente antes de un examen o cuando deben cumplir con una fecha límite para entregar los ejercicios. Este es un problema común en muchas universidades y escenarios de aprendizaje. Al fusionar diferentes tipos de actividades y situaciones de aprendizaje dentro de la misma materia y grupo, nuestro objetivo es crear un entorno motivador para alentar a los estudiantes a participar activamente en un curso desafiante.

Para validar esta estrategia de Metodologías Integradas, el objetivo de este capítulo es determinar si un mejor diseño de actividades con estrategias integradas es capaz de mejorar la experiencia de los estudiantes o no. En particular, deseamos alcanzar los siguientes objetivos:

1. Incrementar la motivación de los alumnos.
2. Mejorar la satisfacción del alumno con la asignatura.
3. Incrementar los resultados académicos de la asignatura (nota final).

#### 6.4. Metodología

Se analizaron los datos obtenidos para los años académicos 2007-2017, siendo por tanto éste un estudio de largo duración, aunque las Metodologías Integradas se aplicaron únicamente en los cursos 2015-2017. Durante el semestre de primavera de los años académicos 2015-2017, se emplearon metodologías de aprendizaje activo y cooperativo en la materia de “Telecomunicaciones e Internet” durante el sexto semestre de los estudios de grado de Ingeniería Industrial de EEBE. En 2009 solo se aplicó el aprendizaje cooperativo, y en el trimestre de primavera de 2010 solo se aplicó el aprendizaje activo. La enseñanza sin la introducción de las metodologías descritas se utilizó en los períodos académicos de otoño de 2007 y 2008 y en el de primavera de 2015. Se recopilaron datos cuantitativos y cualitativos sobre las calificaciones individuales, las encuestas de satisfacción de los estudiantes y las entrevistas estructuradas con los estudiantes, así como las calificaciones del examen de ingreso a la universidad. La enseñanza Just-In-Time se aplicó en semanas seleccionadas de los años académicos 2015-17. Cinco actividades presenciales y cinco actividades en línea se llevaron a cabo inicialmente en la primera semana del curso, hasta la primera etapa del curso durante la cual se abordaron los conceptos fundamentales de la asignatura. Posteriormente, y luego de una evaluación escrita, se introdujo el proyecto de Aprendizaje Cooperativo con actividades presenciales y en línea, lo que condujo a una presentación final del proyecto. También se programaron seis actividades de laboratorio, incluida una visita técnica, en coordinación con las tareas de clase. Se realizó un análisis multivariado para ver si JiTT era o no un factor importante que podría correlacionarse con las calificaciones de los estudiantes. Se realizó una comparación de los medios entre los diferentes grupos y también entre los diferentes temas tratados en las encuestas de los estudiantes con respecto a su experiencia de aprendizaje.

El análisis de los datos se llevó a cabo, como se ha dicho, de 2007 a 2017, un período de diez años académicos durante los cuales la materia se enseñó solo una vez al año durante el semestre de primavera, excepto en 2007 y 2008, cuando se repitió en el semestre de otoño. Un total de 294 estudiantes estudiaron la asignatura "Telecomunicaciones e Internet". Los contenidos y el programa de este tema se mantuvieron sin cambios durante este período de tiempo. La composición anual promedio de la clase fue de 25 estudiantes ( $24.7 \pm 3.4$ ), con

un promedio de 78% hombres y 22% de mujeres. Los estudiantes solían cursar el tercer año de su licenciatura de 4 años en diferentes carreras en Ingeniería Industrial. El curso fue impartido por el mismo instructor durante el período de diez años. La edad promedio de los estudiantes fue de  $21.3 \pm 2.5$  años. Se enviaron encuestas de satisfacción a todos los estudiantes involucrados en el tema. A lo largo del estudio, se utilizaron las encuestas SEEQ de satisfacción estandarizadas (SEEQ, 2019) para proporcionar información cuantitativa y cualitativa sobre los diferentes aspectos de la percepción de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje. Las evaluaciones estadísticas se realizaron con el paquete SPSS versión 24 (SPSS, 2019).

## **6.5. Resultados**

Para poder comparar entre diferentes escenarios de aprendizaje, dividimos los diferentes grupos de aulas analizados en tres grupos diferentes:

- Grupo 1: (G1) Primavera 2015-17: Grupo de metodologías integradas: JiTT, aprendizaje cooperativo y aprendizaje activo.
- Grupo 2: (G2) Primavera 2009-2014. Aprendizaje cooperativo y / o aprendizaje activo, pero no JiTT.
- Grupo 3: (G3) Otoño 2007, 2008 y Primavera 2015. Enseñanza sin estas metodologías.

### **6.5.1.- Rendimiento académico**

La hipótesis de que la nota final promedio mejoraría con la aplicación de la estrategia incorporada se prueba en este apartado. La calificación final promedio para los estudiantes fue significativamente más alta cuando se realizaron actividades de aprendizaje más activas.

Los resultados se muestran en la Tabla 10. La calificación final promedio fue significativamente mayor entre los estudiantes del Grupo 1 en comparación con los del Grupo 2, mientras que los del Grupo 2 obtuvieron mejores calificaciones que los del Grupo 3.

Para probar la hipótesis, se realizó una comparación multivariada ANOVA de las calificaciones finales promedio en los tres grupos mencionados anteriormente con la corrección de Bonferroni. Se asumieron distribuciones normales, homogeneidad de varianzas e independencia entre grupos. Las diferencias entre los grupos fueron todas significativas en el nivel de significación  $p < 0,01$ .

	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
<b>Media: Nota Final</b>	7.8	6.5	5.3

Tabla 10. Rendimiento académico: Nota final media para cada grupo.

### 6.5.2. Encuesta de satisfacción de los estudiantes

Se realizó una ANOVA multivariado para verificar si los medios de satisfacción de los estudiantes eran homogéneos entre grupos de diferentes años. Nuevamente, se asumió la distribución normal, la homogeneidad de las varianzas y la independencia entre los grupos. La prueba se llevó a cabo tanto para la satisfacción general media dada por la encuesta SEEQ como para cada sección de la encuesta, que proporciona un indicador de cada aspecto del proceso de aprendizaje, como se indica a continuación. Los estudiantes fueron interrogados sobre los siguientes ocho indicadores: Motivación de los estudiantes; entusiasmo del profesor organización docente; interacción con el grupo; actitud personal del profesor; contenido de la asignatura y adecuación de los exámenes. Les pedimos a nuestros estudiantes que evaluaran el nivel de satisfacción de estos indicadores utilizando una escala tipo Likert de 5 puntos con una calificación de 1 (satisfacción deficiente) a 5 (satisfacción muy alta).

La hipótesis en este caso era que el impacto de la aplicación de estrategias integradas mejoraría la satisfacción y la motivación de los estudiantes. La significancia se estableció en  $p = 0.01$ . Probamos la homogeneidad de los informes de los estudiantes promedio de los tres grupos diferentes para cada indicador con la corrección de Bonferroni. Se obtuvieron mejoras significativas ( $p < 0.01$ ) en la media general y en la categoría "Motivación del estudiante", mientras que no se encontraron diferencias significativas con respecto a los otros indicadores.

Los resultados se muestran en la Tabla 11. Por lo tanto, en G1, en la que se aplicó JiTT, la motivación general fue significativamente mayor que en los otros dos grupos. Con respecto a la hipótesis inicial, se encontraron diferencias significativas en la satisfacción media general ( $p < 0.01$ ) al comparar los grupos G1, G2 y G3, y también en el indicador de "Motivación", donde el indicador para G1 obtuvo una tasa más alta que la Indicador para G2 y G3.

Cuando se les preguntó a los estudiantes cuántas horas a la semana pasaban en promedio en la materia durante el semestre, la mayoría de los estudiantes pertenecientes a los tres grupos respondieron entre 0 y 4 horas, y solo un pequeño número respondió más de 4 horas. Sin embargo, en las entrevistas estructuradas que se mencionan más adelante en esta sección, los estudiantes informaron que la mayoría de los que pertenecían al grupo G1 dedicaban más horas a la asignatura (entre 2 y 3 horas por semana en promedio), mientras que los estudiantes pertenecientes a los grupos G2 y G3 declararon Que pasaron menos de 2 horas. De acuerdo con el plan de estudios establecido para la asignatura, deben haber dedicado un mínimo de cuatro horas a la asignatura fuera del horario de clase.

<b>Indicador</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
<b>Media general</b>	4.1	3.8*	2.7*
<b>Motivación</b>	4.3	3.5*	2.9*
<b>Entusiasmo</b>	3.5	3.4	3.1
<b>Organización</b>	3.0	3.2	2.5
<b>Interacción</b>	3.4	2.8	3.2
<b>Actitud</b>	2.9	2.8	3.1
<b>Contenido</b>	4.1	4.2	4.3
<b>Exámenes</b>	3.1	3.0	2.6

Tabla 11. La Media General y la Motivación muestran diferencias significativas entre los grupos.

### **6.5.3. Análisis multivariante del rendimiento académico**

Después de obtener las calificaciones finales de los estudiantes, se realizó un análisis multivariado en el que la variable independiente fue la calificación final de la asignatura,

mientras que las variables dependientes fueron las siguientes: Calificación del examen de ingreso a la universidad, edad, origen (categorías: de acceso a exámenes universitarios; de otros títulos que no habían completado e intercambiar estudiantes), y la Estrategia incorporada, una variable categórica que indica si el estudiante pertenecía o no al grupo en el que se aplicó (G1). Asumimos distribución normal, homogeneidad de varianzas e independencia entre diferentes factores. La regresión multivariada asume que existe una dependencia lineal entre los factores independientes y la variable dependiente. Para cada factor ( $1 - \beta_i$ ), obtuvimos el porcentaje del valor de la variable dependiente que explica y la significación estadística. En comparación con los otros factores, los valores altos de ( $1 - \beta_i$ ) indican una preponderancia de este factor sobre el resto. La significación estadística se estableció en  $p < 0,01$ . Para obtener una descripción detallada del modelo en el que se basa este análisis, puede consultarse la descripción de Hoy (2009). Para los estudiantes de intercambio, cuyo grado de examen de ingreso a la universidad era desconocido, asumimos el promedio del grupo. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 12.

Variable Independiente	$1 - \beta_i$	$p$
<b>Metodologías Integradas</b>	0.083	0.002*
<b>Nota de acceso a la Universidad</b>	0.132	0.065
<b>Edad</b>	0.224	0.124
<b>Procedencia</b>	0.256	0.133

Tabla 12. Regresión multivariante para la asignatura “Telecomunicaciones e Internet”. (\* $p < 0.01$ )

Sólo uno de los factores en el modelo fue estadísticamente significativo: si se aplicó o no la estrategia de Metodologías Incorporadas. La calificación para el grado de examen de ingreso a la universidad fue el segundo factor que explica el rendimiento, pero sin significación estadística.

#### 6.5.4. Entrevistas estructuradas

Las entrevistas con los estudiantes se realizaron al azar al final del término (cinco estudiantes por grupo) para descubrir cómo percibían el proceso de aprendizaje. A partir de estas

entrevistas estructuradas, la mayoría de los estudiantes declararon que se habían beneficiado de la corrección individualizada en tiempo real de los ejercicios, similares a los propuestos en los exámenes. Sin embargo, en comparación con las respuestas de los estudiantes que pertenecen a los grupos de enseñanza tradicional, también se quejaron de que se les exigía más trabajo. A pesar de estas quejas, también vale la pena señalar que dedicaron más tiempo a la materia, acercándose a la cantidad de tiempo prevista según lo establecido en la guía de enseñanza.

### **6.5.5 Análisis de los estudiantes con distinto rendimiento**

Se ha realizado una comparación entre las calificaciones finales de la materia al dividir a los estudiantes en tres grupos o niveles, según su calificación final. La hipótesis era que los estudiantes con calificaciones medias o bajas se beneficiarían más de esta estrategia integrada que los estudiantes con calificaciones más altas. La significación se estableció en  $p = 0.01$ . Como se mencionó anteriormente, también realizamos una prueba multivariable ANOVA con la corrección de Bonferroni.

Para comparar el impacto de las Metodologías Integradas en estudiantes con diferentes rendimientos académicos, dividimos la muestra en tres partes para cada grupo: T1 fue el tercero de los estudiantes con las calificaciones más altas, T2 la tercera con calificaciones intermedias y T3 la tercera con las calificaciones más bajas. Luego repetimos la prueba de comparación para las calificaciones finales medias entre grupos para cada uno de los tercios. Por ejemplo, comparamos el grado final medio de T1 para el grupo G1 con el de T1 para G2 y G3. También realizamos la misma prueba de homogeneidad de las calificaciones finales medias para T2 y T3. Se obtuvo una diferencia significativa entre las medias solo para T2. La calificación final media para T2 (6,3 sobre 10, donde 5 es la marca de aprobación) fue significativamente mayor en G1 (6,8) que en G2 (5,3) y G3 (4,7). Estos resultados sugieren que, en términos de su desempeño final, existen mayores diferencias entre los estudiantes que no fueron los mejores y aquellos con calificaciones más bajas cuando se les expone a diferentes estrategias de aprendizaje durante el trimestre. Por lo tanto, la hipótesis inicial ha demostrado ser correcta solo para los estudiantes con calificaciones medias, pero no para

aquellos con calificaciones más bajas.

## **6.6. Discusión de los resultados**

En este capítulo se ha encontrado una mejora en los resultados académicos y también en la motivación en los estudiantes que asisten al curso en el que se introdujo la estrategia de Metodologías Integradas. No se encontraron diferencias significativas entre las calificaciones promedio de los exámenes de ingreso a la universidad de los estudiantes que pertenecen a un grupo en particular en los diferentes cursos en diferentes años. Por lo tanto, es poco probable que las diferencias encontradas en el rendimiento académico (calificaciones finales) y la motivación se deban a diferencias individuales entre los estudiantes.

Con respecto a los tres objetivos establecidos en la introducción a este capítulo, es claro que, en la comparación de los resultados finales de la asignatura con los de los grupos que no estuvieron expuestos a Metodologías integradas, se logró el tercer objetivo (mejorar los resultados académicos). Para el segundo objetivo (mejorar la satisfacción de los estudiantes), los resultados generales no fueron concluyentes; sin embargo, en términos de motivación, que fue nuestro primer y principal objetivo, se observa una clara mejora. Además, cuando se integraron diferentes actividades (G1), la asistencia a las clases presenciales alcanzó casi el 90%. El hecho de que todas estas actividades contribuyeran independientemente a la nota final fue claramente un factor importante.

La percepción de los estudiantes y su motivación mostraron una mejora general cuando estas estrategias de aprendizaje se aplicaron como Metodologías integradas. Los aspectos restantes observables de la encuesta SEEQ fueron razonablemente altos, pero no se observaron diferencias significativas al evaluar diferentes grupos con diferentes estrategias de aprendizaje. Los resultados sugieren que los estudiantes adquieren una mayor motivación para la materia cuando se les proporcionan actividades de aprendizaje diferentes y diversas en clase. El curso impartido es el resultado de la amplia experiencia adquirida por el instructor del curso al enseñar esta materia a nivel de pregrado. Se necesita más trabajo para determinar si estos resultados se mantendrían con otro personal docente y en otros contextos educativos. Entre muchos factores, se encontró que la estrategia de enseñanza era la más

relevante para una mejor predicción de las calificaciones finales de los estudiantes. Este es un hallazgo significativo, ya que valida la hipótesis de que las estrategias de enseñanza tienen un impacto en el rendimiento general de los estudiantes que asisten a un curso como el que se informó en este trabajo.

Los resultados obtenidos después de la división de los grupos después del estudio en tres partes (aquellos con mejores calificaciones, aquellos con calificaciones más bajas y aquellos en el medio) son de particular interés. Al comparar los resultados académicos y la motivación entre los estudiantes en grupos expuestos a diferentes actividades de aprendizaje, se encontró una diferencia significativa más alta en promedio entre aquellos estudiantes que no están clasificados ni en el nivel superior ni en el nivel más bajo de rendimiento académico. Los estudiantes de nivel medio tienen más probabilidades de beneficiarse de una experiencia de enseñanza integrada e individualizada, lo que sugiere que aquellos estudiantes que, a pesar de un rendimiento aceptable, todavía corren el riesgo de fracasar, pueden beneficiarse de los esfuerzos dedicados de los instructores del curso para ayudarlos. Por otro lado, los estudiantes que, de hecho, tienen las calificaciones más bajas y, por lo tanto, también están en riesgo de fracaso, no parecen beneficiarse de tales experiencias. Estos hallazgos están de acuerdo con otros estudios (Mas-Estellés et al., 2002, 2009) en los que se observa que los estudiantes con calificaciones más bajas pueden tener otras dificultades que no se abordan en el entorno de aprendizaje propuesto en este capítulo.

Este estudio tiene algunas limitaciones. La muestra se limitó a un tema particular impartido en una escuela de ingeniería en la UPC. El curso fue impartido por el mismo profesor durante todo el período cubierto por este estudio. Sin embargo, dadas las cifras de asistencia y los resultados de la encuesta sobre la satisfacción de los estudiantes de otras asignaturas impartidas por el mismo profesor y de colegas del Departamento de Ciencias de la Computación de EEBE, sería apropiado en el futuro repetir el estudio con otras asignaturas y con otro personal docente, así como en diferentes universidades. La asignatura se imparte en inglés en un país que no habla inglés, como España. El hecho de que muchos estudiantes (entre el 15% y el 33%) son estudiantes de intercambio puede brindar diversidad al curso. Los estudiantes no fueron seleccionados al azar para asistir al curso o para formar parte de diferentes grupos con diferentes estrategias de enseñanza.

### 6.7. Conclusiones de este capítulo

En este capítulo se ha presentado un estudio longitudinal de la aplicación de Metodologías Integradas, junto con el aprendizaje cooperativo basado en proyectos, la enseñanza justo a tiempo y los métodos activos. La experiencia se llevó a cabo durante el curso de un Grado en Ingeniería Industrial. Los resultados muestran que las Metodologías Integradas mejoraron significativamente el rendimiento académico y la satisfacción de los estudiantes, y en particular también se mejoró la motivación de los estudiantes.

El efecto motivador de la metodología fue significativo para todos los estudiantes inscritos en la materia, pero fue menos efectivo para los estudiantes con las calificaciones finales más altas o más bajas. Los resultados de los análisis cuantitativos y cualitativos sugieren que, en comparación con el caso en que sólo se aplica una de estas técnicas, las metodologías integradas son considerablemente más efectivas, lo que implica que una combinación de dos o más metodologías (aprendizaje cooperativo, *Just-In-Time Teaching*), aumenta los efectos de tales técnicas. Los esfuerzos para proporcionar una experiencia activa de aprendizaje más individualizado, tanto en línea como presencialmente, constituyen una tendencia actual en la Educación en Ingeniería y, dados sus resultados prometedores, es probable que en los próximos años tengan un empleo más amplio en nuestras universidades.

## 7. CONCLUSIONES

En esta tesis se ha descrito un estudio empírico enfocado a investigar si la aplicación de diferentes métodos activos de enseñanza en la educación superior mejora la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes, indicadores ambos ampliamente reconocidos de la calidad de la enseñanza. Los resultados mostrados, que han sido objeto de varias publicaciones con contenido revisado por pares de forma ciega, ponen de manifiesto que se cumplen las hipótesis planteadas en el estudio, con algunas matizaciones y resultados que no eran esperados al principio.

En particular, se ha comprobado que la mejora significativa en la motivación y rendimiento de los estudiantes se produce en aquel grupo de alumnos que presentan un rendimiento ni muy bajo ni muy elevado. Es decir, los estudiantes que se benefician más de la aplicación de estas metodologías docentes en unos estudios difíciles como una Ingeniería son precisamente aquellos que están en riesgo de suspender las materias. Esta es una primera contribución a destacar del presente trabajo. Este resultado sugiere que la aplicación de estas técnicas en primeros cursos de Ingeniería reduciría el fracaso escolar, actualmente, objeto de preocupación por el bajo rendimiento generalizado en esta área de conocimiento.

Dada la importancia de las competencias transversales en el Espacio Europeo de Educación Superior se ha investigado también el papel que puede tener una de las competencias profesionales que está muy poco considerada en los planes de estudios actuales de Ingeniería de nuestras universidades: la Creatividad. El estudio empírico ha puesto de manifiesto que para ser un buen programador es necesario un alto grado de Creatividad, habilidad que puede entrenarse. Este hallazgo sugiere que el entrenamiento para desarrollar la Creatividad y el pensamiento lateral debería incorporarse a los planes de estudios. La Creatividad es una competencia profesional altamente valorada en la Dirección de Empresas y que está prácticamente ausente hoy día en los planes de estudios técnicos en nuestro país.

Una tercera contribución original de este trabajo ha sido poner en evidencia que la aplicación de distintas Metodologías Activas de forma integrada y coherente en una asignatura concreta de los planes de estudios de Ingeniería mejora significativamente la

motivación y rendimiento académico de los estudiantes, por encima de la aplicación de estas metodologías individual y separadamente, como acostumbra a hacerse actualmente.

La significación de este resultado es que no se han encontrado estudios anteriores que hayan estudiado este fenómeno. Se ha denominado “Metodologías Integradas” a esta combinación de técnicas pedagógicas que potencian sus efectos por el hecho de ser aplicadas simultáneamente. Estos resultados sugieren que debería considerarse, en los casos que sea apropiado y posible, aplicar más de una metodología activa dentro del diseño curricular de una asignatura, para obtener unos resultados óptimos de calidad de la enseñanza. Sin duda, son necesarios más estudios en distintos contextos educativos para conocer el alcance real de los hallazgos aquí presentados.

Para finalizar, se ha explorado la posibilidad de realizar concursos internacionales de carácter multidisciplinar sobre temas diversos de ingeniería para fomentar la creatividad y la motivación de los estudiantes. Estas actividades (vuelos parabólicos para realizar experimentos en microgravedad diseñados por los estudiantes, diseño de una estación espacial sostenible) descritas brevemente en esta tesis doctoral han resultado muy gratificantes tanto para los propios estudiantes como para los docentes que hemos intervenido en ellas, y consideramos que su potenciación a todos los niveles sería muy deseable.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrami, P. C. (1989). SEEQing the truth about student ratings of instruction. *Educational Researcher*, 43, 43-45.
- Amante B., Salán N., Rodríguez S., García-Almiñana D., Perez-Poch A., Cadenato A. and Martínez M. (2011). Los proyectos como buenas prácticas de evaluación: GRAPA-RIMA-UPC. *Proceedings of the XIX CUIEET Congreso Universitario de Innovación Educativa en Enseñanzas Técnicas*. Barcelona: UPC.
- Bangs J., (2012). Transforming a Business Statistics Course with Just-in-Time Teaching, *American Journal of Business Education*, 5, 1, 87-94.
- Barberà, E., (Coord.) (2001). *La incógnita de la Educación a Distancia*. Barcelona: ICE UB/Horsori.
- Barberà, E., Bautista G., Espasa A. y Guasch. T. (2006). Portfolio electrónico: desarrollo de competencias profesionales en la Red. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 3, 2. Recuperado el 15/6/2019 de: [http://www.uoc.edu/rusc/3/2/dt/esp/barbera\\_bautista\\_espasa\\_guasch.pdf](http://www.uoc.edu/rusc/3/2/dt/esp/barbera_bautista_espasa_guasch.pdf)
- Barberà E. y Martín-Rojo E. (2009). *Portfolio electrónico: aprender a evaluar el aprendizaje*. Barcelona: Edicions UOC.
- Benlloch Dualde P., Bonet Salom E., Mas-Estellés, J., Messeguer Dueñas, M., Sánchez Sáez L.M. (1998). Estudio comparado del rendimiento de los alumnos de primer curso procedentes de COU frente a los alumnos procedentes de FP. En *Actas de las IV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática JENUI*, pp. 210-217, Sant Julià de Lòria: Ed. Universitat Ramon Llull.

Boden M. (1998). Creativity and artificial intelligence, *Artificial Intelligence*, 103 (1).

Boden M. (2010). *The creative mind. Myths and mechanisms*, Nueva York: Basic Books.

Bryman A. (2008). *Social research methods* (3ª ed.). Oxford: Oxford University Press.

Chantoem R. y Rattanaich S. (2016). Just-in-Time Teaching Techniques through Web Technologies for Vocational Students' Reading and Writing Abilities, *English Language Teaching*, 9, 1, 65-76 (2016).

Chua S. (2009). Programming and Creativity. Blog en línea, consultado el 10-1-2019 en: <http://sachachua.com/blog/2014/09/programming-creativity/>

Cohen L., Manion L. y Morrison K. (2010). *Research methods in Education*. Sixth Ed. Nueva York: Roulledge.

Corbalán, F. J., Martínez, F., y Donolo, D. S. (2015). *CREA. Inteligencia Creativa. Una medida cognitiva de la creatividad*. Madrid, España: Tea.

Couger J. y G. Dengate (2015), Measurement of creativity of IS products, en *Proceedings of the XXV International Conference on System Sciences*.

Cramond B., Matthews-Morgan J., Bandalos D. y Zuo L. (2005), Report on the 40-year follow up of the Torrance Tests of Creative Thinking: Alive and well in the new millennium." *Gifted Child Quarterly*, 49, 4, 283-293.

Dabbagh N. y Kitsantas A. (2004). Supporting Self-Regulation in Student-Centered Web-Based Learning Environments. *International Journal of E-Learning*. January-March, 3, 40-47.

De Haan, R.L. (2011). "Teaching creative science thinking", *Science* 334, **6062**, 1499-1500.

Dysthe O., y Engelsen K. (2007). Variations in Higher Education Portfolio Assessment. Norway Opening Universities, Recuperado el 20/6/2019 de: <http://norgesuniversitetet.no/filearchive/Dysthe-Engelsen.pdf>

Erdogan Y., Aydin E., Kabaca T. (2008), Exploring the psychological predictors of programming achievements." *Journal of Instructional Psychology*, 35, **3**, 264-270.

EU Educational Ministers (2011). *Bologna Declaration Process - Towards the European Higher Education Area*. Recuperado el 15/6/2019 de: [http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1290\\_en.htm](http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1290_en.htm)

Felder R., Brent R. (2001). Effective strategies for cooperative learning. *Journal of Cooperation & Collaboration in College Teaching*. 10, **2**, 69-75.

Fernández, A., (2006) Metodologías activas para la formación de competencias, *Educatio siglo XXI. Revista de la Facultad de Educación*, 24, 35-56.

García R.; Traver J.A. y Candela I. (2001), *Aprendizaje cooperativo: fundamentos, características y técnicas*, Madrid: CCS.

Gibson C., Follet B. S. y Park S. (2009), Enhanced divergent thinking and creativity in musicians. A behavioural and NIS study, *Brain and Cognition*, 69, **1**, 162-169.

Guasch T., Guardia L. y Barberà E. (2009). Prácticas del portfolio electrónico en el ámbito universitario del Estado Español. *RED, Revista de Educación a Distancia*. Número Monográfico VII. Recuperado el 25/6/2019 de: <http://www.um.es/ead/red/M8.htm>

Harasim, L. (2000). Shift Happens: Online education as a new paradigm in learning. *Internet in Higher Education*. Special Issue 3, 41-66.

Heron, J. (1996). Helping whole people learn. En Boud D. y Miller N. (eds), *Working with Experience: Animating Learning*. London: Routledge.

Hoy W. (2009). *Quantitative Research in Education: a Primer*. Londres: SAGE.

Hsi S. (2007) "Conceptualizing learning from the everyday activities of digital kids". *International Journal of Science Education*. 29, 12, 1-16.

ICE, Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Politècnica de Catalunya (2010). *El sistema de garantia interna de qualitat d'una assignatura*. Monogràfics ICE, 4. Recuperado el 25/6/2019 de:

[http://www.upc.edu/ice/portal-de-recursos/publicacions\\_ice/4\\_qualitat.pdf](http://www.upc.edu/ice/portal-de-recursos/publicacions_ice/4_qualitat.pdf)

Islas C., Carranza M. R., Perez-Poch A. y Salán N. (2019). Estudio sobre la creatividad relacionada con la habilidad de programadores universitarios. *Revista Electrónica de Investigación Educativa REDIE*. (Aceptado, en prensa).

Jensen P., Helbo J., Knudsen M., y Rokkjaer O. (2003). Project-organized problem-based learning in distance education, *International Journal of Engineering Education*, 19, 5, 696-700.

Johnson D.W. Johnson R.T. (1975). *Learning Together and Alone: Cooperation, Competition, and Individualization*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall

Johnson D.W. y Johnson R.T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory into Practice*, 38, 67-73.

- Johnson D.W., Johnson R.T. y Smith K. (2006). *Active learning: Cooperation in the university classroom*. (3rd ed.). New Jersey: Ed.Interaction.
- Kim L. y Lerch F. (1997). Why is programming (sometimes) so difficult? Programming as scientific discovery in multiple problem spaces. *Information Systems Research*, 8, 1.
- Kirschner F., Paas F. y Kirschner P.A. (2009). A cognitive load approach to collaborative learning: United brains for complex tasks, *Educational Psychology Review*, 21, 1, 31-42.
- Kyung K, (2006). Can we trust Creativity tests? A review of the Torrance Tests of Creative Thinking. *Creativity Research Journal*, 18, 1, 3-14.
- Lapadat J. (2002). Written Interaction: a key component in online learning. *Journal of Computer communication*, 4, 7. Recuperado el 25/6/2019 de: <http://jcmc.indiana.edu/vol7/issue4/lapadat.html>
- Laurillard, D. (2002). Rethinking teaching for the knowledge society. *Educause Review*, 37, 1, 16–25. Recuperado el 25/6/2019 de: <http://www.educause.edu/ir/library/pdf/erm0201.pdf>
- López, D., Perez-Poch, A. (2018). Design of a STEM lecturer-training programme based on competencies, *International Journal of Engineering Education*, 5, 34, 1495-1503, JCR Q4.
- Mansfield R.S., Busse T. y Krepelka E.J. (1978). The effectiveness of creativity training. *Review of Educational Research*, 48, 4, 517-536.

Marsh H. W., Roche L. (1994a). *The Use of Students' Evaluations of University Teaching To Improve Teaching Effectiveness*. Recuperado el 25/6/2019 de: [https://sarasate.upc.es/upc/ICE/BBDD/profi.nsf/files/informe\\_Marsh.htm/\\$file/informe\\_Marsh.htm](https://sarasate.upc.es/upc/ICE/BBDD/profi.nsf/files/informe_Marsh.htm/$file/informe_Marsh.htm)

Marsh H.W. y Roche L.A. (1994b), *The Use of Students' Evaluations of University Teaching To Improve Teaching Effectiveness*. Master Thesis.

Mas-Estellés J., Valiente J.M., Zúnica L., Alcover R, Benlloch J.V. y Blesa P. (2002), Estudio de la influencia sobre el rendimiento académico de la nota de acceso y procedencia COU/FP en la E.U. de Informática. En *Actas de las VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática JENUI*, 197-204. Cáceres: U.Extremadura.

Mas-Estellés J., Alcover-Arándiga R.M., Dapena-Janeiro A., Valderruten-Vidal A., Satorre-Cuerda R., Llopis-Pascual F., Rojo-Guillén T., Mayo-Gual R., Bermejo-Llopis M., Gutiérrez-Serrano J., García-Almiñana D., Tovar-Caro E. y Menasalvas-Ruiz E. (2009). Rendimiento académico de los estudios de Informática en algunos centros españoles. En *Actas de las XV Jornadas Nacionales de Educación Universitaria de la Informática JENUI*, 5-12. Barcelona: Thomson.

Michinov N., Brunot S. , Le Bohec O., Juhel J. & Delaval M., (2001). Procrastination, participation, and performance in online learning environments. *Computers and Education*. 56, 1, 243-252.

Ministerios de Educación de la Unión Europea (2011). *Bologna Declaration Process - Towards the European Higher Education Area*. Recuperado el 15-6-2019 de: [http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1290\\_en.htm](http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1290_en.htm)

- Muijs D. (2011). *Doing quantitative research in education with SPSS*. 2<sup>nd</sup> edition. Londres: SAGE.
- Newell A. (1969), Heuristic programming: ill-structured programs. *Progress in operations research*. Volume 3.
- Novak J. (2011). Just-in-Time Teaching. *New Directions for Teaching and Learning*., 128, 66-73. [DOI: 10.1002/tl.469](https://doi.org/10.1002/tl.469).
- O'Neill G., and Redmond B. (2008). Enquiry-based learning: sharing experiences, Preparing Students and Assessing Groups. In: *University XXI Conference*. Glasgow: University of Glasgow.
- Olmedo, N.; Sánchez-Carracedo, F.; Salán, M.N.; Lopez, D.; Perez, A.; Lopez, M. "Do female motives for enrolling vary according to STEM profile?." *IEEE Transactions on Education*, 16 Abril 2018, vol. 61, (4), p. 289-297. JCR Q2. Pre-print Recuperado el 15-6-2019 en: <http://hdl.handle.net/2117/116754>
- Paulson D. (1999), Active learning and cooperative learning in the organic chemistry lecture class. *Journal of Chemistry Education*, 76, 1136–1140.
- Peiró, F. (2005). Nueva estrategia docente basada en semipresencialidad y trabajo cooperativo para la docencia de electrónica física. En: *Actas del XIII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*. Gran Canaria: ULP.
- Perez-Poch, A. (2004). Aprendizaje cooperativo: implantación de esta técnica en dos asignaturas reformadas y evaluación de resultados, en *Proceedings of the X JENUI Jornadas Nacionales de Educación Universitaria de la Informática*, 95-102. Alicante: Thomson.

Perez-Poch, A. (2010). Aprendizaje activo y cooperativo. ¿Qué hemos aprendido de analizar su impacto en la calidad docente?, en *Proceedings of the VI CIDUI Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación: New areas of Quality in Higher Education. A comparative and trend analysis*.

Perez-Poch, A. Sánchez-Carracedo F., Salán M.N., López D. (2015). Análisis multifactorial de la aplicación de metodologías activas en la calidad docente., *ReVisión*, 1, **8**, 41-51. AENUI. Recuperado el 15-6-2019 en:  
<http://www.aenui.net/ojs/index.php?journal=revisión&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=150&path%5B%5D=291>

Perez-Poch A., Olmedo N., Salán M.N. (2015). ¿Puede escuchar a los bits cantando? Estudio de la influencia de la creatividad en el aprendizaje de la programación. Actas de las XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, 209-215. Barcelona: U.La Salle. Recuperado el 15/6/2019 de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/77109>

Perez-Poch, A., López, D. (2016). Do differences exist between how Engineering and non-Engineering lecturers perceive the importance of teaching competences?. *Proceedings of the ASEE-IEEE 46th Frontiers in Education Conference*, Erie (EUA): ASEE.

Perez-Poch A., Ventura D., y López D. (2016) Hypogravity research and educational parabolic flight activities conducted in Barcelona: a new hub of innovation in Europe. *Microgravity Science and Technology*, 28, **6**, 603-609. Recuperado el 15-6-2019 en: <http://hdl.handle.net/2117/98276>.

Perez-Poch A., Sánchez-Carracedo F., López D., y Alier M. (2016). “The Death Star Challenge: an ambitious and motivating engineering project to promote astronautics and transform society's vision about space research”. *Proceedings of the 67th International Astronautical Congress*, Guadalajara (México). Recuperado el 15-6-2019 en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100477>

Perez-Poch A. y López D. (2017). Just-in-time teaching improves engagement and academic results among students at risk of failure in computer science fundamentals. *Proceedings of the ASEE-IEEE 47th Frontiers in Education Conference*. Indianapolis: ASEE.

Perez-Poch A., Domingo J., Sanz M. y López D. (2018). La cultura docente universitaria. En: *Docencia universitaria e innovación. Evolución y retos a través de los CIDUI*. S. Carrasco y I. de Corral (eds.), 73-102. Barcelona: Octaedro. ISBN 978-84-17219-68-0.

Peters, O. (1998). Learning and Teaching in Distance Education. In: *Analyses and interpretations from an international perspective*. Londres: Kogan Page.

Ponsa, P., Amante B., Román, J.A., Oliver, S., Díaz M., y Vives J. (2009). Higher Education challenges: Introduction of active methodologies in Engineering Curricula. *International Journal of Engineering Education*. 25, 4, 799-813.

Poyatos C. y Allan C. (2004). Using peer assisted learning to establish an on-line learning community. *Research and Development in Higher Education*, 27, 279-290.

Poyatos. C.y Allan C. (2005). Higher education in a changing world. *Research and Development in Higher Education*, 28, 388-399.

Prince M. y Felder R. (2006), Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases, *Journal of Engineering Education*, 95, 2, 123-138.

Programa de Postgrado STEM (2019). Recuperado el 25.6.2019 de:

<https://www.ice.upc.edu/ca/professorat-upc/programa-de-postgrau>

Purdue University (2018). *Just-in-Time Teaching*. Recuperado el 25.6.2019 de:

<http://jittdl.physics.iupui.edu/jitt/what.html>

Robston J.(2010). Webster's dictionary definition of creativity. *Online Journal for Workforce Ed. and Development*, 3, 2.

Salmon, G., Nie, M. y Edirisingha, P. (2010). Developing a five-stage model of learning in Second Life. *Educational Research*, 52, 2,169-182.

Scott G., Lentz L. y Mumford M.D. (2004). The effectiveness of creativity training: a quantitative review. *Creativity Research Journal*, 16, 4, 361-388.

SEEQ (2019): *Enquesta de satisfacció*. Institut de Ciències de l'Educació UPC. Recuperado el 25/6/2019 de: [http://www.upc.edu/ice/portal-de-recursos/eines\\_i\\_recursos/eines-upc/enquesta-de-satisfaccio-seeq](http://www.upc.edu/ice/portal-de-recursos/eines_i_recursos/eines-upc/enquesta-de-satisfaccio-seeq)

SPSS Solutions for Education. IBM Research. (2019). Recuperado el 25-6-2019 en: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/academic/>

Teichler U. (2010). *Sistemas comparados de educación superior en Europa. Marcos conceptuales, resultados empíricos y perspectiva de futuro*. Barcelona: Octaedro Ediciones.

Terenzini P.T., Cabrera A.F., Colbeck, C. L., Parente, J.M., y Bjorklund A. (2001). Collaborative learning vs. lecture and discussion: Students' reported learning gains. *International Journal of Engineering Education*, 90, 6, 123-130.

Thorpe M. (2006), The issue of time in eLearning, in *Proceedings of EDEN 2006*. Recuperado el 25/6/2019 de: <http://www.eden-online.org/contents/conferences/annual/Vienna/Thorpe.doc>

- Torrance E.P. (1974). *The Torrance Tests of Creative Thinking. Technical Manual Research Edition*. Nueva Jersey: Princeton.
- Torrance E.P. (1976). *Tests de Pensée Créative de E.P. Torrance: Manuel* (2nd ed.). París: Centre de Psychologie Appliquée.
- Tovar, E., Castro, M., Llamas M., Arcega F., Jurado F., Mur J., Sanchez J.A., Plaza, I, Falcone F. y Dominguez M. (2006). Modeling the best practices of adaptation to European credit transfer system in technical teachings as improvement to the mobility of students. En: *Proceedings of the 36th Annual Frontiers in Education Conference*. London: BBE.
- Tovar E., Soto O.y Romero C. (2009). ‘Estudio de rendimiento en asignaturas de primer curso en una titulación de ingeniería en informática.’ En *Actas de las XV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática JENUI*, 13-20. Barcelona: Thomson.
- Valero-García, M. (2002). Cómo conseguir que los alumnos hagan más ejercicios. En *Proceedings of the VIII JENUI Jornadas Nacionales de Educación Universitaria de la Informática*, 343-349. Cáceres: Thomson.
- Virgós F. y Perez-Poch A. (2002). Un modelo para aplicación sistemática de aprendizaje cooperativo. En *Proceedings of the VIII JENUI Jornadas Nacionales de Educación Universitaria de la Informática*, 99-106. Cáceres: Thomson.
- Walliman N. y Buckler S. (2010). *Your Dissertation in Education*. Londres: SAGE.
- Woo Y y Reeves T.C. (2007). Meaningful interaction in web-based learning: A social constructivist interpretation. *Internet and Higher Education*, 10, 15-25.

Zimmerman B.J. (2000). Attaining self-regulation: A social-cognitive perspective. In Boekaerts M., Pintrich P., Zeidner M. (Eds.), *Handbook of Self-Regulation: Theory, research, and applications*, 13-39. London: Academic Press.