



Versión Abierta Español – Portugués

de la

Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem

Una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE (Capítulo Español)
Uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE (Capítulo Espanhol)

MAR. 2017

VOL. 5

NÚMERO/NUMERO 1

(ISSN 2255-5706)

Aplicando Metodologías Activas en la Enseñanza de Ingeniería del Software en Ingeniería Informática.....	<i>Víctor Flores, Yessica Gómez</i>	1
Entornos de Programación Visual para Programación Orientada a Objetos: Aceptación y Efectos en la Motivación de los Estudiantes.....	<i>Felipe I. Anfurrutia, Miembro IEEE, Ainhoa Álvarez, Mikel Larrañaga, Miembro IEEE, Juan-Miguel López-Gil</i>	11
Diseño de Actividades para Promocionar los Estudios de Ingeniería entre Estudiantes de Secundaria.....	<i>Sergio López Gregorio, Antonio Carpeño Ruiz, Jesús Arriaga García de Andoaín, Mariano Ruiz González y Alejandro Martín Lozano</i>	19
Aprendizaje Práctico de Sistemas Electrónicos Digitales a través de Proyectos Semiguidados.....	<i>Camilo Quintáns, José Fariña, Member, IEEE, y Juan J. Rodríguez-Andina, Senior Member, IEEE</i>	27
Explorando la Eficacia de las Prácticas con Wiris-Quizzes en Asignaturas de Matemáticas de Estudios de Ingeniería en Línea.....	<i>Josep Figuera-Cañas y Teresa Sancho-Vinuesa</i>	35

CONSEJO/CONSELHO EDITORIAL

Presidente (Editor Jefe):

Martín Llamas Nistal,
Universidad de Vigo, España

Vicepresidente (Coeditor):

Manuel Castro Gil, UNED, España

Editor Asociado para lengua

Portuguesa:

Carlos Vaz do Carvalho,
ISEP, Oporto, Portugal

Miembros:

Melany M. Ciampi, COPEC, Brasil
Javier Quezada Andrade,
ITESM, México
Edmundo Tovar, UPM, España
Manuel Caeiro Rodríguez,
Universidad de Vigo, España
Juan M. Santos Gago,
Universidad de Vigo, España
José Carlos Lourenço Quadrado,
ISEP, Oporto, Portugal

David Camacho Fernández
Universidad Autónoma de Madrid,
España
María Mercedes Larrondo Petrie,
Florida Atlantic University y
LACCEI, USA
Humberto Ramón Álvarez Alvarado,
Universidad Tecnológica de Panamá y
LACCEI, Panamá

Secretaría:

Gabriel Díaz Orueta, UNED, España

COMITÉ CIENTÍFICO

Alfredo Fernández Valmayor,
Universidad Complutense de
Madrid, España
Antonio J. López Martín,
Universidad Estatal de Nuevo
Méjico, USA
Antonio J. Méndez,
Universidad de Coimbra,
Portugal
António Vieira de Castro,
ISEP, Oporto, Portugal
Arturo Molina, ITESM,
México
Baltasar Fernández,
Universidad Complutense de
Madrid, España
Carlos Delgado, Universidad
Carlos III de Madrid, España
Carlos M. Tobar Toledo,
PUC-Campinas, Brasil
Claudio da Rocha Brito,
COPEC, Brasil
Daniel Burgos,
ATOS Origin, España
Fernando Pescador, UPM,
España
Francisco Arcega,
Universidad de Zaragoza,
España
Francisco Azcondo,
Universidad de Cantabria,
España
Francisco J. García Peñalvo,
Universidad de Salamanca,
España

Francisco Jurado,
Universidad de Jaen, España
Geraldo Carbajal,
Universidad del Turabo y
LACCEI, Puerto Rico
Gustavo Rossi, Universidad
Nacional de la Plata,
Argentina
Héctor Morelos, ITESM,
México
Hugo E. Hernández Figueroa,
Universidad de Campinas,
Brasil
Ignacio Aedo, Universidad
Carlos III de Madrid, España
Inmaculada Plaza,
Universidad de Zaragoza,
España
Ivan Esparragoza,
Pennsylvania State
University y LACCEI, USA
Jaime Muñoz Arteaga,
Universidad Autónoma de
Aguascalientes, México
Jaime Sánchez, Universidad
de Chile, Chile
Javier Pulido, ITESM,
México
J. Ángel Velázquez Iturbide,
Universidad Rey Juan Carlos,
Madrid, España
José Bravo, Universidad de
Castilla La Mancha, España
José Carpio, UNED, España
José Palazzo M. De Oliveira,
UFGRS, Brasil

José Salvado, Instituto
Politécnico de Castelo
Branco, Portugal
José Valdeni de Lima,
UFGRS, Brasil
Juan Quemada, UPM, España
Juan Carlos Burguillo Rial,
Universidad de Vigo, España
J. Fernando Naveda
Villanueva,
Universidad de Minnesota,
USA
Luca Botturi, Universidad de
Lugano, Suiza
Luis Anido, Universidad de
Vigo, España
Luis Jaime Neri Vitela,
ITESM, México
Manuel Fernández Iglesias,
Universidad de Vigo, España
Manuel Lama Penín,
Universidad de Santiago de
Compostela, España
Manuel Ortega, Universidad
de Castilla La Mancha,
España
M. Felisa Verdejo, UNED,
España
María José Patrício
Marcelino, Universidad de
Coimbra, Portugal
Mateo Aboy, Instituto de
Tecnología de Oregón, USA
Miguel Angel Sicilia Urbán,
Universidad de Alcalá,
España

Miguel Rodríguez Artacho,
UNED, España
Óscar Martínez Bonastre,
Universidad Miguel
Hernández de Elche, España
Paloma Díaz, Universidad
Carlos III de Madrid, España
Paulo Días, Universidade do
Minho, Portugal
Rocael Hernández,
Universidad Galileo,
Guatemala
Rosa M. Vicari, UFGRS,
Brasil
Regina Motz, Universidad de
La República, Uruguay
Samuel Cruz-Lara, Université
Nancy 2, Francia
Sergio Mujica López
Universidad Finis Terrae y
LACCEI, Chile
Víctor H. Casanova,
Universidad de Brasilia,
Brasil
Vitor Duarte Teodoro,
Universidade Nova de Lisboa,
Portugal
Vladimir Zakharov,
Universidade Estatal Técnica
MADI, Moscú, Rusia
Xabiel García pañeda,
Universidad de Oviedo,
España
Yannis Dimitriadis,
Universidad de Valladolid,
España

Aplicando Metodologías Activas en la Enseñanza de Ingeniería del Software en Ingeniería Informática

Víctor Flores, Yessica Gómez

Title— Applying active methodologies for teaching Software Engineering in Informatics Engineering

Abstract— The traditional teaching-learning process used by Chilean universities are changing. This document describes two innovative strategies applied to teach Software Engineering (SE) at two universities in Chile. Experiences are part of our ongoing effort to improve the current teaching-learning strategies of SE in the mentioned universities. In this paper we describe our experiences using both Problem-based learning (PBL) and an agile Software Engineering Methodology (SCRUM), to achieve learning outcomes and to improve students' participation during classes. We present two ways to correlate activities of a software project, these activities are tasks of a software methodology, and an active learning strategy based on PBL. The strategies used to verify the accomplishment of these goals are detailed too.

Index Terms— Active Methodology, Project-based learning, Engineering Education, teaching-learning process, Learning systems, Software Engineering.

I. INTRODUCCIÓN

Los métodos tradicionales están dando paso a las metodologías activas en Chile, gracias a las reformas educativas que apoyan iniciativas de aprendizaje adecuadas a las habilidades del siglo XXI [30]. La enseñanza de asignaturas troncales en Ingeniería Informática, como es el caso de Ingeniería del Software, deben tener como objetivo alcanzar competencias transversales y específicas en el área de proyectos software, además de cohesionar la teoría con un temprano desarrollo profesional.

Para lograrlo, una buena alternativa es hacer que los estudiantes integren los contenidos aprendidos con la realización de proyectos o prácticas, en un ambiente real y empresarial. Esto también permite que los estudiantes vean los resultados de aprendizaje más rápidamente y validen su utilidad práctica (aprendizaje contextualizado) [1]. Con esta idea en mente se han aplicado metodologías activas en la asignatura Ingeniería del Software II (IS-II) de la carrera Ingeniería Civil Informática, en la

Universidad Católica del Norte (UCN) y la Universidad Católica del Maule (UCM).

Una metodología activa de enseñanza-aprendizaje puede entenderse como una forma de enseñar donde el alumno asume un rol protagónico y es responsable de su aprendizaje. Además, en este tipo de aprendizaje el alumno debe descubrir parte del conocimiento necesario para realizar el trabajo [22]. El docente actúa como facilitador del contexto de trabajo para que se dé el aprendizaje y guía también este proceso [7, 9], pero es el alumno quien asume activamente el compromiso, desarrollando además habilidades como trabajo autónomo, responsabilidad, trabajo en equipo o capacidad de síntesis [18].

En el caso de la UCN (sede Antofagasta) y hasta el momento de implementar la metodología activa, los alumnos realizaban prácticas de forma separada de la cátedra, con casos teóricos o preparados por el docente según sus necesidades de enseñanza de ciertos conocimientos, siendo los índices de reprobados relativamente altos. En tanto, en la UCM la enseñanza de la asignatura se desarrollaba inicialmente de manera tradicional: centrada en el docente y donde las estrategias eran expositivas y de ejercicios. Lo anterior impactaba en la poca asistencia y poca motivación de los estudiantes y los resultados de aprendizaje se concentraba sólo en el conocimiento.

En ambas universidades, la carrera Ingeniería Civil Informática está en proceso de rediseño curricular, para pasar de un modelo por objetivo a uno orientado por competencias. Por tanto, en los últimos años (en ambas universidades pero de forma separada) se han producido cambios significativos a la hora de desarrollar las cátedras, lo que ha inspirado cambios de paradigmas en las estrategias didácticas docentes.

En este trabajo se describen las técnicas usadas para integrar la práctica a la teoría, y que esa teoría sea la base para el desarrollo de proyectos software realizado por todos los alumnos del curso, trabajando en equipos con roles definidos. El proceso de enseñanza-aprendizaje es en ambos casos experiencial y sustentado en casos reales, lo que inclina a que el aprendizaje se base significativamente en la vivencia del estudiante [4].

El fin de esta práctica docente es facilitar al alumno, a través de la aplicación de teorías en un ambiente dinámico, la interpretación de conceptos y aplicación de conocimientos teóricos a casos prácticos de proyecto software, que cubra las necesidades académicas pero que a la vez acerque al alumno a lo que será su desarrollo profesional.

Victor Flores pertenece a la Universidad Católica del Norte, Angamos 0610, Antofagasta, Chile (corresponding author phone: +56-55-2355164; e-mail: vflores@ucn.cl, ORCID: 0000-0002-6995-9434).

Yessica Gómez pertenece a la Universidad Católica del Maule. San Martín, Talca, Chile (e-mail: jgomez@cftsananagustin.cl, ORCID: 0000-0003-0963-5558).

Este artículo es la versión en español del publicado con DOI <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2738178>

El resto de este documento está estructurado de la forma siguiente: el apartado II describe experiencias previas, generalidades de paradigmas de aprendizaje (convencional y activo) y conceptos como el de PBL, que son importantes en el diseño de experiencias de aprendizaje. En el apartado III se detalla el contexto de trabajo y en el apartado IV se describen las experiencias de aprendizaje activo como forma de alcanzar los objetivos planteados en cada universidad, se describe además los aportes de cada experiencia y los instrumentos usados para medir el desempeño de los alumnos en cada caso. Finalmente se presentan las conclusiones, los agradecimientos y las referencias que sustentan el trabajo de investigación.

II. APRENDIZAJE ACTIVO, EXPERIENCIAS PREVIAS

Previo a describir el aprendizaje activo es pertinente contextualizar el enfoque educativo actual. Las reformas educativas surgen porque los enfoques tradicionales, como las corrientes pedagógicas por objetivos, no dan respuestas adecuadas en los tiempos actuales. Emerge entonces una visión basada en competencia. La competencia entendida (en un amplio sentido) como las habilidades, aptitudes y conocimientos necesarios para proponer y adaptarse, en un contexto cambiante y orientado al trabajo en equipo [13]. La competencia es en este contexto el elemento organizador de programas de estudios, que tienden a mejorar los resultados en el enfoque educativo actual de Chile.

El aprendizaje activo puede entenderse como el compendio de técnicas docentes cuyo objetivo es desarrollar en el alumno habilidades, capacidades y competencias, demandadas en los profesionales en Chile, siendo el alumno corresponsable de su propio aprendizaje.

A. Antecedentes Generales de Trabajo

De acuerdo con [5], los programas revisados dentro de una perspectiva situada no sugieren sino posibilidades de acción con un conjunto de recursos para una situación, en lugar de normas de conocimientos para memorizar.

Este enfoque surge como un medio para establecer un diálogo entre la práctica y lo curricular. Esto impone el desafío de crear bancos de situaciones como apoyo a los docentes e impone un cambio de paradigma de enseñanza centrado, como acción educativa, en el aprendizaje de los estudiantes [5].

Así el estudiante es socio activo del proceso de aprendizaje, guiado y acompañado por el profesor. Con ello se consigue acercar al estudiante al medio profesional, que exige adquisición de habilidades cognitivas y metacognitivas [14, 15]. El paradigma de aprendizaje centra su atención en desarrollo de competencias, la capacidad de responder a preguntas complejas y la integración de conocimientos cognitivos. En este contexto el docente diseña actividades de aprendizaje, y es un guía y acompañante del estudiante.

Los métodos activos conforman una tipología de recursos que permiten un aprendizaje a través de la práctica [3, 15]. Ésta toma lugar cuando el profesor ha preparado material o recursos de aprendizaje para que el

estudiante aplique su comprensión de los conceptos en función al logro de la tarea. El aprendizaje a través de la práctica es parte esencial de la experiencia de aprendizaje, porque invita al aprendiz a adaptar su comprensión de conceptos a la tarea dada y luego reflejarla sobre lo que la experiencia significa, además de incluir al proceso la posibilidad de retroalimentación o feedback significativo [3, 7, 9].

La retroalimentación posibilita al estudiante mejorar su acción, modulando su repertorio de práctica de acuerdo a cuán efectiva es su acción. El feedback significativo está presente porque el estudiante debe ser capaz de interpretar el feedback para modular su práctica. Otra de las bondades de estos métodos es que facilitan la comunicación entre pares, a través de un marco conversacional. La fig. 1 ilustra el proceso de aprendizaje a través de la práctica, se indica en la figura que el ambiente de práctica se nutre con conceptos y material preparado por el profesor para que, a partir del logro de los objetivos y la retroalimentación iterativa entre la teoría y la práctica, el alumno sea capaz de aprender, interviniendo además en este proceso los conceptos aportados por los pares y experiencias previas adquiridas igualmente mediante prácticas. Las acciones y/o correcciones hechas en la actividad de práctica general retroalimentación al ambiente de la práctica, en cuyo caso es importante para el docente velar por que dicha retroalimentación se mantenga siempre dentro de los límites de los objetivos de la actividad de práctica.

El marco conversacional considera la unión del aprendizaje experimental y del aprendizaje conversacional, es decir, se adiciona un claro énfasis en la relación iterativa entre teoría y práctica, la necesidad de extenderse para mostrar cómo el ciclo experiencial puede ser mejor motivado a través del enganche con el ciclo de comunicación con los pares [6]. El valor pedagógico de aprender a través de la práctica, con el estudiante recibiendo retroalimentación acerca de su actuación, ha sido fundamental para todas las teorías de aprendizaje [19].

Existen variados factores que influyen en el diseño de actividades de aprendizaje, como ilustra la Fig. 2. Para identificar y seleccionar bien estos factores se debe evaluar su pertinencia, factibilidad, flexibilidad y valor que aportan a la enseñanza [3]. Con ello se podrá adoptar un modelo conversacional de aprendizaje considerando

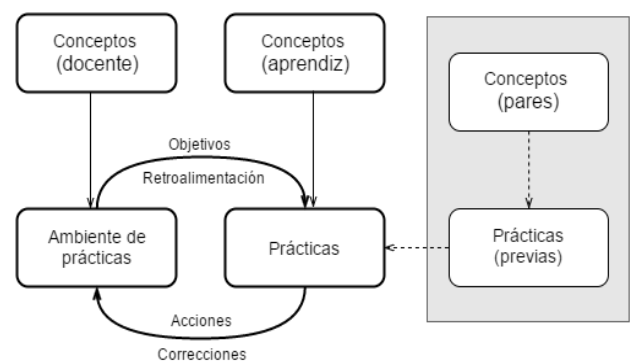


Fig. 1. Modelo convencional en el aprendizaje por prácticas (inspirado parcialmente en [3]).

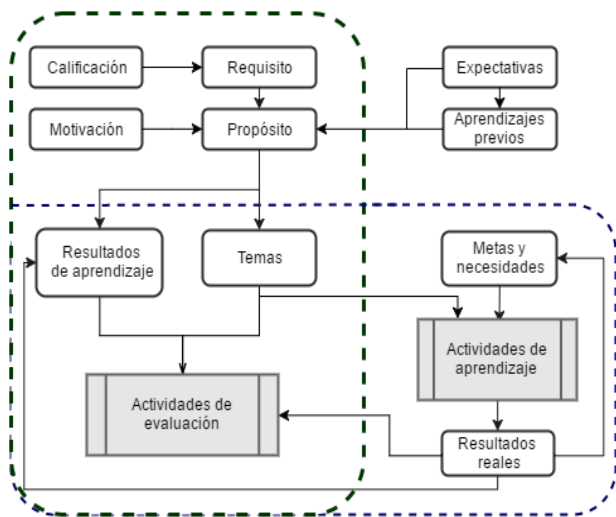


Fig. 2. Factores que influyen en el diseño de actividades de aprendizaje [3]. La línea punteada de color verde agrupa las actividades del docente y la de color azul agrupo los recursos de aprendizaje. Los rectángulos de doble línea en los bordes (de fondo gris) representan procesos.

las estrategias adecuadas según objetivos, contemplando el medio y las tecnologías de apoyo, configurando así una tipología de recursos para el aprendizaje. Algunos de estos factores son definidos por el docente y el resultado de aplicarlos en las actividades de aprendizaje se valora en las actividades de evaluación (como se indica en el área delimitada con líneas discontinuas de color verde en la fig. 2).

En esta práctica docente cobra un valor significativo el diseño de las actividades de aprendizaje, basadas en elementos como el propósito de la actividad y los resultados de aprendizaje, y se debe tener muy en cuenta para el aprendizaje significativo los resultados reales de cada actividad de aprendizaje, contrastados con las metas y necesidades planteadas en dicha actividad de aprendizaje (como se indica en el área delimitada con líneas discontinuas de color azul de la fig. 2). El recuerdo “Expectativas” en la figura, es transversal para el docente y el alumno, indica qué espera el docente y también qué espera el alumno, y respecto al alumno debe estar también acoplado con los “aprendizajes previos” de éste para asegurar que sea realizable y cumpla con el propósito planteado por el docente.

Dentro de los medios de aprendizaje se pueden considerar los siguientes: por adquisición, por investigación, por práctica, por producción, por discusión y aprendizaje por colaboración. En este documento se caracterizan los tipos: por práctica, adquisición e investigación.

B. PBL como elemento para asegurar la participación activa

Como se ha dicho al principio de este documento, en estas experiencias se aplica el PBL (Problem-based learning²) para asegurar la participación activa de los alumnos en el proceso de aprendizaje [10, 11, 20]. PBL se puede definir como una metodología activa de

enseñanza-aprendizaje que describe el proceso de trabajar hacia el conocimiento de la resolución del problema [23, 24]. En PBL los alumnos abordan problemas reales bajo la supervisión de un docente y se siguen, de forma general, pasos como [24]: definición del problema (que lo hace el profesor) y análisis de las necesidades (estudiantes) mediante una discusión en un marco cooperativo utilizando sus conocimientos previos, reforzados con aportes del docente. Luego sigue el trabajo autónomo por grupos, período en que se deben incorporar nuevos conocimientos, alternativas de solución y se debe realizar informes de avances. Lo anterior puede derivar en varias iteraciones, para finalmente producir (igualmente por grupos) un informe final o presentación de resultados con la solución propuesta, exponiendo dicha solución al resto de alumnos.

La idea en el PBL es abarcar cualquier ambiente de aprendizaje donde el problema guía el aprendizaje, y un conocimiento previo de cómo resolver el problema es necesario. Es decir, antes que los estudiantes puedan resolver el problema necesitan cierta base teórica y conceptual [7]. Este ambiente permite desarrollar destrezas basadas en factores como valor de pertinencia, factibilidad o flexibilidad [3, 7].

Por otro lado, PBL guía el aprendizaje activo y dirigido a solventar una situación o problema bajo la supervisión de un tutor [12]. Es ideal para trabajar en pequeños grupos y desarrollar destrezas para afrontar las demandas de la dinámica actual donde es necesario fomentar (en los alumnos) la curiosidad por medio del autoaprendizaje, la integración de la teoría con la práctica y la habilidad de la autoevaluación de lo aprendido [13, 20].

III. CONTEXTO DE TRABAJO

La experiencia se basa en usar una metodología de desarrollo software y PBL para generar proyectos software y guiar el aprendizaje activo y centrado en el estudiante, en la asignatura Ingeniería del Software II (IS-II) de la carrera Ingeniería Civil en Informática, que se imparte en el IX semestre³ en ambas universidades.

La Ingeniería del Software es una disciplina relativamente joven, que ha ido evolucionando positivamente pero no sin antes vivir momentos de crisis, dejando lecciones aprendidas importantes como es la calidad. La velocidad creciente impuesta por el mercado de productos de software tiene un importante impacto en la calidad de los sistemas software y servicios ofrecidos. La evolución de esta industria ha influido en la forma en que se prepara a los ingenieros que se deben enfrentar a entornos altamente cambiantes y a nuevas exigencias del mercado basada en estándares de calidad.

Para lograr la calidad del proceso y del producto, se establecen estándares para todas las tareas y fases del ciclo de vida. Estos estándares se agrupan en metodologías y modelos de referencia que han ido evolucionando hacia desarrollos más ágiles. El desafío actual es que las empresas que se dedican al desarrollo de software sean organizadas y predecibles en sus procesos, pero a su vez sean capaces de adaptarse a los cambios.

Han surgido entonces diversidad de normas y modelos que orientan a los desarrolladores en relación a la

² <http://chemeng.mcmaster.ca/problem-based-learning> (última consulta: septiembre de 2016).

incorporación de buenas prácticas, sin embargo, muchas de ellas están orientadas para grandes empresas y otras son más accesibles para equipos pequeños de desarrollo. Ejemplos de estos modelos son CMMI (Capability Maturity Model for Integration), TPS (Team Software Process), ISO/IEC 15504 (Information Technology-Process Assessment), ISI/IEC 12207 (Information Technology/Software Life Cycle Processes), PSP (Personal Software Process), MOPROSOFT (Modelo de proceso para la industria del software), ISO 29110, etc.

En este contexto la enseñanza de la disciplina implica que en PBL se mantenga un plan riguroso de entregas, apegado a normas de calidad y de planificación de trabajo; también exige que los estudiantes instalen estas buenas prácticas como desarrolladores para lograr alcanzar el nivel de calidad exigido por las partes interesadas (*stakeholder*).

IV. DESCRIPCIÓN DE LAS EXPERIENCIAS

En esta sección se detallan las experiencias docentes para alcanzar los objetivos concretos en cada universidad para la asignatura IS-II, así como los resultados obtenidos en ambas experiencias. La asignatura IS-II se imparte en el IX semestre de Ingeniería Civil en Informática³ (carrera de 6 años).

A. Experiencia en la UCN

La experiencia en la UCN se realiza en IS-II que se imparte en dos clases de dos horas académicas por semana, durante 19 semanas lectivas. Entre los objetivos de esta propuesta se destacan:

- Obj1-UCN: Acercar a los alumnos al ejercicio profesional, enfrentando a los estudiantes a un proyecto real desde el principio hasta lograr una aplicación software, aplicando metodologías de desarrollo software.
- Obj2-UCN: Desarrollar competencias necesarias para el trabajo en equipo y el desarrollo de software, considerando el uso de metodologías.
- Obj3-UCN: Disminuir el abandono en la asignatura, con tareas cercanas al ámbito profesional y motivar el aporte personal al proyecto grupal, involucrando a los alumnos en proyectos reales, supervisando y validando su participación, logro de tareas concretas en las diferentes fases de un producto software y capacidad de retroalimentación activa.

En esta experiencia se usan las fases de análisis de necesidades, diseño, desarrollo y pruebas de una aplicación software, basándose en principios del Manifiesto Ágil⁴. Para desarrollar el trabajo se agruparon los alumnos en grupos libremente elegidos tras realizar la dinámica descrita en la tabla I. Cada grupo de trabajo selecciona un dominio y propone un cliente para desarrollar el proyecto software. El resultado: prototipos de aplicaciones software con manejo de una base de datos para clientes reales.

El docente participa dictando directrices como por ejemplo: (1) limitando la cantidad de alumnos con un mismo perfil (habilidades) en cada grupo, dimensionando el tamaño del problema, estudiando la factibilidad técnica de los proyectos, ayudando a estimar la cantidad de horas de trabajo, etc., (2) definiendo los formatos de informes (basado parcialmente en [3]) para asegurar retroalimentación activa y (3) definiendo y priorizando la lista de objetivos del proyecto (*product backlog*).

Para estimular el trabajo creativo y eficaz se

TABLA I

ASPECTOS PARA LA SELECCIÓN DE ROL Y GRUPO DE TRABAJO.

Descripción: El objetivo de esta dinámica es orientar la selección de los miembros del grupo para asumir roles en el proyecto. Se recomienda buscar compatibilidad horaria y posibilidad de reunirse una vez a la semana (mínimo) para participar en un grupo. En cada rol puede existir más de un alumno o un alumno puede asumir más de un rol, excepto líder de proyecto. Los roles pueden ser itinerantes, es decir: pueden cambiar entre los alumnos del grupo	
Los objetivos de aprendizaje son:	
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar destrezas en el uso de modelos de desarrollo software orientado a objeto, liderazgo • Aprendizaje autónomo y trabajo en grupo 	
Líder de proyecto	Persona que coordinará las actividades del proyecto, tendrá contacto en el cliente y será responsable del control de versiones (mínimo dos en el proyecto), de cumplir la planificación y de coordinar las entregas a tiempo de las versiones intermedias y versión final, con todo lo comprometido para cada entrega. Esta persona interactuará con todo el equipo de proyecto. Recomendable que el alumno que asuma este rol posea habilidades de liderazgo, trabajo en grupo, comunicación, responsabilidad y negociación
Responsable de base de datos y documentación	Persona encargada de mantener el backlog del producto software y todo lo relacionado con modelos de datos, diseño e implementación de la base de datos. Esta persona interactuará directamente con el programador, responsable de pruebas y plan de calidad. Recomendable poseer habilidades de comunicación, responsabilidad y negociación
Programador	Persona encargada de codificar cada versión del producto software y realizar las primeras validaciones de los programas para asegurar que el funcionamiento cumpla con los requisitos. Esta persona interactuará directamente con el responsable de pruebas y plan de calidad. Recomendable poseer habilidades de comunicación, responsabilidad y trabajo en grupo
Responsable de pruebas y plan de mantenimiento del software	Persona encargada de diseñar las pruebas, asegurar el cumplimiento de los requisitos y calidad del producto software. También será responsable de diseñar e implementar el plan de mantenimiento del producto. Esta persona interactuará directamente con el responsable de base de datos y documentación y con el programador. Recomendable poseer habilidades de comunicación, responsabilidad y trabajo en grupo

Restricciones: al final de la sesión los grupos deberán entregar una planificación de revisión semanal de avances con el profesor.

Para facilitar la selección de compañeros de grupo, usar estas preguntas: 1- ¿dispones de tiempo entre clases (mínimo 4 horas a la semana) para hacer trabajo cooperativo con tus futuros compañeros de grupo?, 2- ¿qué conocimientos previos de (1) planificación y gestión de proyectos, (2) bases de datos y (3) programación en Java posees y puedes aportar al grupo? y 3- ¿conoces y has trabajado antes con personas de esta clase?

Esta actividad se desarrollará en 30 minutos

³ <http://malla.ucn.cl/ICCI/index.html>

⁴ <http://www.agilealliance.org/> (última consulta: nov2016)

seleccionan proyectos de clientes con necesidades reales en dependencias como: departamentos, centros de investigación o desarrollo adscritos a la UCN, en segunda instancia las empresas de servicio o de explotación de la minería de cobre (principal actividad en la región de Antofagasta), en tercera instancia se seleccionan proyectos relacionados a cualquier otra empresa de la región de Antofagasta.

Esto no determina el aprendizaje activo (como bien se argumenta en [18]), pero la colaboración con empresas ofrece la posibilidad de realizar desarrollos con especificaciones abiertas, lo cual es de mucha utilidad para orientar el aprendizaje sobre casos basados en problemas.

Los alumnos que no asumen roles, se les asigna uno según sus potencialidades (habilidades para el desarrollo, manejo de bases de datos, etc.). El rol del líder del proyecto se deja a elección de los grupos.

TABLA II
ASPECTOS PARA LA SELECCIÓN DE ROL Y GRUPO DE TRABAJO.

Semana	Actividad/contenido		Peso en evaluación
1	Presentación, cátedra 1	Presentación del plan de evaluación y plan de trabajo, objetivos, planificación	-
2	Cátedras 3 y 4	Clase para proponer temas que cubran los objetivos, metodologías, proceso software	-
3	Cátedras 5 y 6,	Teoría de PBL, teoría de SCRUM	10%
		Sprint Resultado esperado	
4	PBL	1 Selección del tema de proyecto, plan de trabajo, configuración del espacio de trabajo	5%
5			
6			
7		2 Análisis y diseño de primer incremento, primera versión de interfaces, modelo de datos	10%
8			
9			
10	3 Programación, pruebas, documentación, actualización espacio de trabajo, implementación de base de datos. Validación con cliente	15%	
11			
12			
13			
14	4 Análisis resultados incremento anterior, programación, pruebas, documentación, actualización espacio de trabajo. Validación con cliente	20%	
15			
16	5 Análisis resultados incremento anterior, programación, pruebas, documentación, actualización espacio de trabajo. Validación con cliente	15%	
17			
18			
17			
18	6 Preparación versión final, actualización plan mantenimiento, entrega al cliente y validación	10%	
19	Evaluación Metodología proceso software	Presentación de resultados	15%
20		Presentación de resultados -rezagados	-
21	Examen recuperación		100%

Para guiar la construcción del software se usó SCRUM⁵. Las actividades del proyecto estuvieron guiadas por los objetivos de aprendizaje, orientadas al logro de las competencias de la asignatura, lograr retroalimentación activa y alcanzar lo planteado en el *product backlog*. El plan de trabajo incluyó incrementos de dos o tres semanas y presentación de avances en el plan de trabajo cada tres semanas, con las respectivas actualizaciones de la lista de productos del proyecto o *product backlog*. La ponderación de cada incremento está indicada en la tabla II.

Los grupos de trabajo se establecieron con un máximo de 5 integrantes, dos con rol de programador por grupo. En el curso 2014-2015 el trabajo se desarrolló con la participación de 29 alumnos inscritos en la asignatura: 5 grupos de 5 personas y un grupo de 4, con conocimientos diversos. Para el curso 2015-2016 la matrícula fue de 18 alumnos: 2 grupos de 5 personas y 2 grupos de 4 personas, igualmente con conocimientos diversos.

La planificación del PBL contempló 18 de las 22 semanas lectivas, lo que dio lugar a 5 *sprints* o iteraciones de 3 semanas y 1 de 2 semanas (el último), cada *sprint* o iteración con resultados reflejados en informes parciales. En [29] se indica que al inicio del trabajo en un proyecto, se debe plantear el objetivo deseado. Respecto al *sprint* en [29] (p. 15) se dice que “Cada ciclo de desarrollo o iteración (*sprint*) finaliza con un entregable de una parte operativa del producto (incremento)”, siguiendo este postulado se han definido incrementos (*sprints*) y los resultados esperados en cada uno de ellos, como se describe en la tabla II.

Para facilitar el trabajo de cada grupo se usaron herramientas online de gestión de proyectos (como por ejemplo TeamWork Project[®] o Trello[®]). Cada grupo generó un diagrama de Gantt con las actividades y tareas particularidades de cada proyecto.

En este plan de trabajo la evaluación del proyecto representa el 75% de la nota, el resto corresponde a evaluaciones en clases (de metodologías de desarrollo software, técnicas y teorías que sustentaban el proyecto). Para dar un valor numérico a la apreciación del docente y del cliente se usa la rúbrica detallada en la tabla III. La nota está en una escala del 1 al 7, siendo 4 la mínima de aprobación.

B. Aporte del método de trabajo en la UCN

El rendimiento de los alumnos en los dos últimos cursos fue mejor respecto a los dos cursos anteriores, parte de este resultado está basado en la participación activa que se materializó en la entrega de informes y revisión por parte del docente de estos avances (retroalimentación activa) en cada *sprint*, y a las presentaciones orales, a lo largo de los proyectos. Por otra parte el instrumento evaluativo da cuenta del uso de metodología para el proceso de desarrollo abordado por equipos de trabajo asumiendo roles específicos (esto relacionado con el logro del Obj2-UCN).

5 <https://www.scrum.org/> (última consulta: nov2016).

6 <https://twproject.com/>, <https://trello.com/> (última consulta: nov2016).

Al mismo tiempo los resultados de la tabla III dan cuenta de los logros de los aprendizajes traducido en niveles de aprobación. Para facilitar la comprensión de esta tabla, se describe a continuación su formato; la tabla contrasta valores de participación de alumnos en dos cursos consecutivos (curso 2014-2015 y curso 2015-2016) en la asignatura IS-II según totales de alumnos inscritos, separados en tres segmentos que se definen como:

- Segmento de alumnos que participaron en el 100% de las actividades programadas, este segmento es identificado con la letra A. En la tabla se detalla para este segmento A la cantidad de alumnos que aprobaron tras participar en el 100% de las actividades.
- Segmento de alumnos con una participación mayor al 75% del total de las actividades programadas en el curso, este segmento es identificado con la letra B. Igualmente en la tabla se detalla para este segmento B la cantidad de alumnos que aprobaron tras participar en más del 75% de las actividades programadas.
- Segmento de alumnos con na participación menor al 75% de las actividades programadas. Este segmento es identificado con la letra C y al igual que los dos anteriores, en la tabla se detalle el total de alumnos aprobados para este segmento.

La columna denominada Ratios de la Tabla III contiene dos valores porcentuales (R_1 y R_2) para cada uno de los segmentos de la tabla que corresponden a las filas con las letras A, B y C, para cada curso. El primer valor (R_1) se calcula según la fórmula:

$$R_1 = ((999999999999 * 100) / T_{\text{alum}}) \quad (I)$$

donde:

$T_{\text{alum-part}}$ representa el total de alumnos que participaron en las actividades y T_{alum} representa el total de alumnos inscritos en la asignatura IS-II. Este ratio da cuenta del valor porcentual de participación del curso en las actividades programadas para un segmento. Por ejemplo, para el caso del segmento A del curso 2015-2016, $R_{A1} = ((18 * 100) / 29) = 62,06 \approx 62$, lo que significa que el ratio de participación es de.

El segundo valor (R_2) se calcula según la fórmula:

$$R_2 = ((T_{\text{alum-aprob-part}} * 100) / T_{\text{alum-part}}) \quad (II)$$

donde:

$T_{\text{alum-aprob-part}}$ representa el total de alumnos que aprobaron en ese segmento y $T_{\text{alum-part}}$ representa el total de alumnos que participaron en las actividades. Este ratio da cuenta del valor porcentual de aprobados para un segmento, es decir según su nivel de participación en las actividades programadas. Por ejemplo, para el caso del segmento A del curso 1015-2016, $R_{A2} = ((17 * 100) / 18) = 94,43 \approx 94$.

Los valores calculados con las fórmulas (I) y (II) se detallan en la columna Ratio de la tabla para cada uno de los segmentos, para ambos cursos. A partir de los valores

porcentuales de aprobados (R_2) de la tabla III, se ha calculado la media de alumnos aprobados en los dos últimos cursos, valor que se ubica en 72,3%; este valor para los dos cursos anteriores se mantenía cercano al 60%. Otro aspecto importante es que más del 63% de los inscritos realizaron todas las actividades planificadas y más del 74% trabajó las tres cuartas partes de lo planificado, es decir disminuyó la deserción que antes se ubicaba en 37%.

Un aspecto interesante de interés a destacar es el siguiente, cuanto mayor ha sido la participación de los alumnos mayor es la tasa de aprobación. Es decir, los porcentajes de aprobación de los alumnos que participaron en todas las actividades son los más altos (fila A-Tabla III) de todos los calculados.

Se fijó en 75% el mínimo de asistencia y participación en las actividades planificadas para no realizar actividades de recuperación (si el alumno no superaba el 75% presentaba el examen de recuperación como detalla la tabla II). El resultado de esto es que el 66% del rendimiento en los cursos se mantuvo en las filas A y B de la tabla III, lo que se relaciona con el logro de los objetivos Obj1-UCN y Obj2-UCN, este resultado también da cuenta del logro del Obj3-UCN, puesto que el 89% de los participantes mantuvo una participación del 75% en el curso. En contraste con lo anterior, los alumnos que mostraron poco interés y poca participación, tuvieron un rendimiento bajo y sólo aprobó el 30% como detalla la fila C (curso 2015-2016) de la tabla III.

De la Tabla III se desprende que los alumnos con mayor participación (ubicada en los segmentos A y B) lograron una aprobación mayor a los del segmento C, este resultado está incidido una relación fuerte sobre la nota de los aspectos: dedicación y participación activa. Es decir, cuando más responsable es la actitud del alumno y más participación activa tiene, mejores resultados de aprobación. Igualmente, se observa en la tabla III que los valores de participación (R_1) más altos están en los segmentos A de ambos cursos, esto puede interpretarse como que el tipo de actividades programadas son motivadoras para los alumnos y el dinamismo del proyecto les lleva a mantenerse enganchados hasta el final del curso.

TABLA III

INDICADORES DE PARTICIPACIÓN EN ACTIVIDADES DEL CURSO. POR CURSO, FILA A: PARTICIPACIÓN DEL 100% Y CANTIDAD DE ALUMNOS APROBADOS, FILA B: UNA PARTICIPACIÓN ENTRE 75% Y 99% Y CANTIDAD DE ALUMNOS APROBADOS Y LA FILA C CORRESPONDE A VALORES MENORES AL 75%.

Curso 2015-2016. Alumnos inscritos		29	Ratios
A	Participación del 100%	18	62%
	Cantidad de alumnos aprobados	17	94%
B	Participación mayor al 75%	8	27,5%
	Cantidad de alumnos aprobados	4	50%
C	Participación menor al 75%	3	10,3%
	Cantidad de alumnos aprobados	1	33,3%
Curso 2014-2015. Alumnos inscritos		18	
A	Participación del 100%	12	66,6%
	Cantidad de alumnos aprobados	11	91,6%
B	Participación mayor al 75%	4	22,2%
	Cantidad de alumnos aprobados	2	50%
C	Participación menor al 75%	2	11%
	Cantidad de alumnos aprobados	0	0

Respecto a los objetivos de la asignatura, se estima que los resultados de aprendizaje se alcanzan de forma más participativa con este método de trabajo, dado que los alumnos "de la era digital" aprenden más trabajando de forma colaborativa y asumiendo roles más activos.

C. Experiencia en la UCM

La experiencia en la UCM consiste de dos clases de dos horas académicas por semana durante 18 semanas lectivas. La experiencia ha ido evolucionando, el uso de esta metodología activa cuenta con 5 cursos. Los objetivos con esta forma de trabajo se han afinado a medida que se obtiene experiencia; entre los más destacados se pueden mencionar:

- Obj1-UCM: Desarrollar soluciones informáticas de acuerdo a estándares y calidad de software con el fin de dar respuesta a necesidades de empresas regionales.
- Obj2-UCM: Disminuir el abandono en la asignatura con proyectos software reales que impactan en el tejido empresarial de la región.

En esta dinámica de trabajo los estudiantes enfrentan un proyecto pactado con un cliente real, en el cual la temática de contexto de desarrollo es de mediana complejidad. Se enfrentan generalmente problemas asociados a las áreas administrativas como control de bodegas, inventarios, cuentas a pagar o cuentas a cobrar. Aspectos favorables de considerar proyectos reales con empresas en la enseñanza de la ingeniería del software se aprecian en [25], [27], [28]. Sin embargo, plantean desafíos de precisar las competencias específicas de acuerdo al ciclo de vida a considerar o estándar de desarrollo a tener en cuenta.

La forma de seleccionar el proyecto y cliente es la siguiente: el docente posee un banco de empresas con necesidades software. Si el docente considera que los objetivos de aprendizaje se pueden lograr con un cliente (pyme), lo contacta y acuerda tanto el proyecto como el *product backlog*, que implica que el cliente asuma las responsabilidades de reunirse con los grupos de trabajo mínimo tres veces (una al principio, una a mediados del proyecto y una para las pruebas) además de asistir al evento final y participar en la valoración de la calidad de los proyectos. En caso contrario se selecciona una empresa relacionada con la UCM.

Generalmente las empresas son pymes de la región (Talca y alrededores) con el compromiso de implantar la solución al final del proyecto. Luego se inicia el proyecto con la conformación de equipos de hasta 6 integrantes por grupo y se asumen roles de acuerdo a la metodología de desarrollo que guiará el proyecto. Cada grupo es configurado como una pequeña empresa de desarrollo. Generalmente se logra conformar de 6 a 7 equipos.

En las primeras experiencias basadas en esta dinámica, se iniciaba con la elección de la metodología de desarrollo por cada equipo, a aplicar en función de la realidad del contexto del problema y entendimiento de los integrantes.

Sin embargo, posteriormente se optó por establecer que todos los equipos trabajasen con una misma metodología

que se adaptara a equipos pequeños de desarrollo y contextos de poca complejidad. Esto permitió organizar de mejor manera las actividades de aprendizaje con miras al logro de los aprendizajes y objetivos planteados en los proyectos software. La metodología que se ha utilizado de manera más sistemática es el modelo de referencia de MOPROSOFT⁷, que cubre la implementación del software bajo el estándar NMX-I-059-NYCE-2011.

El propósito de desarrollo de software es la realización sistemática de las actividades de análisis, diseño, construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos cumpliendo con los requisitos especificados y con las normativas de seguridad de información.

El proceso de construcción del software se compone de uno o más ciclos de desarrollo. Al final de cada fase se debe generar un informe de control. Se dejó a elección de los grupos el uso de herramientas CASE para la gestión y desarrollo de los proyectos. En [26] se destaca la importancia de las herramientas CASE en las distintas fases del desarrollo de proyectos.

La planificación de trabajo contempla la presentación de avances cada 3 semanas. De acuerdo al marco conversacional, el rol docente se configura como gerente de proyectos y facilitador de material como plantillas tipo para registrar los avances o control de calidad de los resultados.

A partir de la semana 15 del cronograma se realizan presentaciones donde cada grupo debe generar evidencia de sus resultados del proyecto. La evaluación del proyecto representa el 60% de la nota que se realiza usando la rúbrica descrita en la tabla IV (en cada presentación de avances), el resto corresponde a evaluación de actividades en clase donde se estudian y discuten las técnicas que sustentan el proyecto.

D. Aporte del método de trabajo en la UCM

El Obj1-UCM se alcanza cada vez que se involucran empresas en la experiencia docente, y por otra parte el modelo de referencia para abordar el proceso de desarrollo de software dio cuenta de las fases, roles y actividades mínimas que deben ser desarrolladas para alcanzar un estándar mínimo de calidad, lo que se validó con los resultados aprobados por los clientes participantes.

El método de trabajo ha permitido mejorar gradualmente el rendimiento de los alumnos en los últimos 5 cursos (Obj2-UCM). El motivo de implementar esta forma de trabajo fue precisamente el bajo rendimiento experimentado hasta el curso académico 2010-2011 donde fue del 55%. En las últimas versiones de esta forma de trabajo el rendimiento se ha mantenido en torno al 70% de aprobados y no existe una fluctuación significativa entre curso y curso, como sucedía en el pasado. La participación ha sido buena, incluso se ha observado competencia entre los grupos de cuál presenta el mejor poster, etc.

También el ausentismo ha disminuido, manteniéndose bajo el 30% (como valor medio que también aporta al logro del Obj2-UCM) en los últimos 5 cursos, en

⁷ <http://www.moprosoft.com.mx/> (última consulta: enero de 2017).

contraste con los registros anteriores al 2011 que oscilaban en torno al 45%. También es de destacar que muchos alumnos que han trabajado en esta dinámica, luego han realizado prácticas profesionales, trabajos de grado e incluso han terminado trabajando para empresas que han asumido el rol de cliente en esta asignatura (lo que contribuye con el logro del Obj1-UCM).

V.CONCLUSIONES

En este trabajo se reporta el uso de métodos activos para trabajar en combinación con modelos de ciclos de vida software en una asignatura (IS-II) de Ingeniería Civil Informática, en dos universidades de localidades diferentes de Chile. Las experiencias comparten un marco de trabajo similar y objetivos afines, pero que no fueron ideados de forma común ni al mismo momento.

En este documento se evidencia que el desarrollo de proyectos en el área de software y en el marco de metodologías activas, permite que los alumnos potencien conocimientos más profundos y los apliquen de forma práctica según el plan de trabajo de la asignatura IS-II. El elemento clave para que estas experiencias sean metodologías activas está en (1) que los desarrollos software se realizan para clientes reales (empresas de las regiones) bajo la supervisión y (2) que el docente, en un ambiente dinámico y gestionado con PBL mantiene el control de las experiencias y realiza la evaluación de los proyectos.

También permite acercar el mundo universitario (académico) al profesional o empresarial, dado que se

trabaja con proyectos reales que responden a necesidades concretas de pequeñas y medianas empresas de dos Regiones de Chile.

En ambas universidades, antes de implementar estas técnicas didácticas, las clases de IS-II se impartían de forma tradicional: el docente realizaba clases magistrales, prácticas con casos propuestos por el docente y exámenes según una planificación concreta. El rol docente en ambas experiencias explicadas en este artículo ha implicado un seguimiento más efectivo de los aprendizajes esperados de los alumnos, a partir de una retroalimentación constante. Esto en concordancia con lo expuesto en el marco conversacional de Laurillard (2012), permitió validar que el uso de PBL contribuye y facilita la validación de las actividades de aprendizaje a través de los instrumentos de evaluación establecidos.

En este tipo de trabajo basado en la combinación de PBL y solución a necesidades de clientes, los alumnos se acercan a un problema real, con un cliente que necesita un producto válido en el mercado. En estas experiencias, tanto en la UCN como en la UCM, se ha comprobado que motiva a los alumnos a aprender y a usar recursos TIC vanguardista en las soluciones aportadas. Esto representa un cambio de paradigma de cómo impartir conocimientos según trabajos como [19], aplicado a la asignatura IS-II de ambas universidades. Además los alumnos ven la posibilidad de continuar trabajando con el cliente, lo que les motiva a mejorar continuamente el producto de sus proyectos más allá de los resultados académicos.

Los instrumentos evaluativos (tabla IV) han permitido dar cuenta del desarrollo de las habilidades transversales.

TABLA IV

RÚBRICA PARA VALORACIÓN DEL DESEMPEÑO EN EL PROYECTO.

Nota	Informe	Actitud en el proyecto
excelente (6,5 - 7,0)	A) 100% escrito de forma técnica, comprensible, libre de faltas ortográficas, excelente redacción e ideas claras	100% comprometido con el logro del proyecto, aporta resultados según sus responsabilidades
	B) va de lo general al detalle, muestra evidencias formales, acordes con el trabajo de ingeniería realizado, evidencia uso de metodologías	Excelente relación con el cliente y el resto de las personas de su grupo, asume las responsabilidades de su rol (en un 100%)
	C) el trabajo evidencia relevancia para la empresa y para el grupo de trabajo y así queda plasmado en el documento	No aplica
bueno (5,5 - 6,4)	D) se estima que más del 80% del documento está escrito de forma técnica, 100% comprensible, menos de 5 faltas ortográficas, bien redactado cada apartado e ideas claras (generalmente)	100% comprometido con el logro del proyecto, aporta resultados según sus responsabilidades
	E) va de lo general al detalle, se estima que tiene un 75% de evidencias formales, en general está acordes con un trabajo de ingeniería (en un 80%), evidencia un 100% de uso de metodologías	Buena relación con el cliente y el resto de las personas de su grupo, asume las responsabilidades de su rol (en un 80%)
	F) el trabajo posee conclusiones relevantes para la empresa y para el grupo de trabajo y así queda plasmado en el documento	No aplica
regular (4,5 - 5,4)	G) se estima que más del 80% del documento está escrito de forma técnica, 100% comprensible, libre de faltas ortográficas, bien redactado cada apartado e ideas claras (generalmente)	Bien nivel de compromiso con el logro del proyecto (estimable en un 70%), aporta resultados según sus responsabilidades pero algunas veces "no a tiempo"
	H) va de lo general al detalle, muestra la mayor parte de las evidencias formales, en general está acordes con un trabajo de ingeniería, evidencia un uso de metodologías sobre el 60%	En general buena relación con el cliente (estimable en más de un 70%) y el resto de las personas de su grupo, asume las responsabilidades de su rol (en un 60%)
	I) el trabajo posee conclusiones de interés para la empresa y para el grupo y así queda plasmado en el documento	No aplica
deficiente (3,0 - 4,4)	J) Más del 80% del documento está escrito de forma técnica, 100% comprensible, libre de faltas ortográficas, bien redactado cada apartado e ideas claras (generalmente)	Poco nivel de compromiso con el logro del proyecto (menos del 70%), escaso aporte de resultados según sus responsabilidades, no entrega a tiempo lo asignado
	K) de lo general al detalle, muestra la mayor parte de las evidencias formales, en general está acordes con un trabajo de ingeniería, evidencia un uso de metodologías sobre el 60%	Relación con el cliente estimable en menos del 70% y el resto de las personas de su grupo, no asume como se espera las responsabilidades de su rol
	L) el trabajo posee conclusiones de interés para la empresa y para el grupo de trabajo y así queda plasmado en el documento	No aplica

Usar PBL y metodologías de desarrollo de proyectos software en el curso de IS-II en la UCM ha permitido reducir los índices de reprobados en más de un 15%. También se logró una participación más activa de los alumnos y mayor asistencia a clases. De hecho la media de ausentismo ha disminuido cerca de un 16%, dato mantenido en los últimos tres años.

En cuanto a la UCN, esta combinación de PBL y metodologías de desarrollo de proyectos software también ha incidido positivamente en los resultados de la asignatura IS-II. En el curso 2014-2015, el 60% de los prototipos funcionaron bien y el cliente seleccionó el mejor para probarlo en el departamento de bienestar estudiantil de la UCN y el curso 2015-2016 el 75% de los proyectos llegaron a término. Estos resultados han motivado a otros docentes para aplicar PBL en sus asignaturas. Particularmente, para el momento de terminar este artículo, el método se implementó en la UCN con un proyecto transversal para las asignaturas Ingeniería del Software I, Ingeniería del Software II y Base de Datos en esta misma carrera. Aún no se cuenta con resultados de esta práctica pero los alumnos de las tres asignaturas están trabajando con mucha motivación.[1], [2].

En cuanto a las mejoras, una destacable es usar los mismos casos de estudio en cursos siguientes, para que los nuevos alumnos puedan tener como entrada los resultados anteriores (prototipos, planes de trabajo, etc.). Esto podría tener un doble beneficio, primero validar la calidad de las situaciones de aprendizaje con más de un curso y segundo verificar la efectividad del caso de estudio y el acompañamiento del estudiante.

Otra mejora es recabar las opiniones de los alumnos con alguna técnica directa como encuestas, para conocer más a fondo lo que quieren los alumnos y cómo perciben la forma de trabajo. Esto ayudaría no sólo en encontrar mejoras en IS-II, sino también adecuar el método a otras asignaturas con objetivos de aprendizaje similares.

Respecto al futuro de la práctica docente, con los resultados descritos se puede pensar que es pertinente seguir aplicando esta práctica. Para ello es necesario considerar aspectos como: mantener una base de datos de clientes potenciales, revisar continuamente los avances en herramientas CASE, metodologías y técnicas de Ingeniería del Software, para poder crear proyectos que se adecúen a los avances y disponibilidad de herramientas TIC.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de las empresas pymes de la región del Maule, Chile, por la disposición a apoyar el desarrollo de proyectos software y ejercicio profesional de los alumnos de la UCM, durante estos años. También agradecen a las empresas que decidieron dar apoyo a esta iniciativa en la ciudad de Antofagasta, Chile, gracias a este apoyo los alumnos de la UCN lograron desarrollar un proyecto usando PBL y poner en práctica metodologías y técnicas de Ingeniería del Software en un entorno real.

REFERENCIAS

- [1] M. A. Salido, A. Giret, M. Abril López, "Aplicación de Metodologías Activas en la Enseñanza de Informática en la Licenciatura en Matemáticas". IEEE-RITA, vol.2, pp. 73–78, 2007.
- [2] D. G. Lamar, P. F. Miaja, M. Arias, A. Rodriguez, M. Rodriguez, A. Vazquez, J. Sebastian, "Experiences in the Application of Project-Based Learning in a Switching-Mode Power Supplies Course". IEEE Transactions on Education, vol. 55, pp. 69–77, 2012.
- [3] D. Laurillard, "Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology", New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2012.
- [4] J. A. González, "La clasificación de los métodos de enseñanza en educación superior", Contextos educativos: Revista de educación, vol. 15, pp. 93-106, 2012.
- [5] P. Jonnaert, J. Masciotra, D. Yaya, "Revisión de la competencia como organizadora de los programas de formación: hacia un desempeño competente", Observatorio de Reformas Educativas. Universidad de Quebec, Montreal, BIE/UNESCO, 2006.
- [6] D.C. Kayes, D.A. Kolb, "Experiential learning in teams", Simulation and Gaming, vol.36, no.3, pp. 330–354, 2005.
- [7] V. Flores, P. Lara, M.C. Gaya, "Project Based Engineering School, Una escuela conectada con un mundo profesional sostenible", X Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria", pp. 476–484, Villaviciosa de Odón-España, 2013.
- [8] A. Kolmos, "Changing the curriculum to problem based and Project-based learning", In Yusof, K. M., Azli, N. A., Kosnin, A. M., Yusof, S. K., & Yusof, Y. M.(Eds). Outcome-Based Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Innovative Practices. Hershey, PA: IGI Global, pp. 50–61, 2012.
- [9] M.C. Gaya, M.J. García, F. Aparicio, V. Flores, P. Lara, P. Enrique, D. Atauri, "Grado en Ingeniería Informática: utilizando ABP", X Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria, pp. 476–484, Villaviciosa de Odón-España, 2013.
- [10] B. Barron, "Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning", Journal of the Learning Sciences, vol.7, no. 3, pp. 271–311, 1998.
- [11] S. Boss, J. Krauss, "Reinventing project-based learning: Your field guide to real-world projects in the digital age", Washington DC: International Society for Technology in Education (ISTE), pp. 47–48, 2007.
- [12] M. Armenta, Salinas V., "Aplicación de la técnica educativa aprendizaje basado en problemas para capacitación a distancia (e-learning)", Revista Iberoamericana de Educación a Distancia (RIED), vol. 16, pp. 57–83, 2013.
- [13] X. Mendoza, Bernabeu M. "Aprendizaje Basado en Problemas competencias del profesional de la salud", Revista Innovación Educativa, Instituto Politécnico Nacional de México, vol. 6, no. 35, pp. 1–12, 2006.
- [14] A. Bari, AD Corebima, "The contribution of learning motivation and metacognitive skill on cognitive learning outcome of students within different learning strategies", Journal of Baltic Science Education, vol. 14, no. 4, pp. 487–500, 2015.
- [15] C. Tosun, E. Senocak, "The effects of problem-based learning on metacognitive awareness and attitudes toward chemistry of prospective teachers with different academic backgrounds," Aust. J. Teach. Educ., vol. 38, no. 3, pp. 61–73, 2014.
- [16] Sp. Husamah, "Blended Project Based Learning: Metacognitive Awareness of Biology Education New Students", Journal of Education and Learning, vol. 9, no. 4, pp. 274–281, 2015.
- [17] A.M. Ehuleche, A. De Stefano, "Evaluación de las competencias para la formación de tutores de e-learning", Revista Iberoamericana de Educación a Distancia (RIED), vol. 14, no. 1, pp. 75–86, 2011.
- [18] M. Prince, "Does Active Learning Work?", Journal of Engineering Education, vol. 93, no. 3, pp. 223–231, 2004.
- [19] P.C. Blumenfeld, E.Soloway, R.W. Marx, J.S. Krajcik, M. Guzdial, A. Palincsar, "Motivating project-based learning: Sustaining the doing supporting the learning". Educational Psychologist, vol. 26, no. 3, pp. 369–398, 1991.
- [20] R. Grimes, "Problem-based learning and legal education-a case study in integrated experiential study". Revista de docenciauniversitaria (REDU), vol. 13, no.1, pp. 361–375, 2015.
- [21] W. He, X.H. Yuan, L. Yang, "Supporting Case-based Learning in Information Security with Web-Based Technology", Journal of Information Systems Education, vol. 24, no. 1, pp. 31–40, 2013.
- [22] E. Exposito, "yPBL methodology: a problem-based learning method applied to Software Engineering", IEEE EDUCON Education Engineering, pp. 1577–1583, 2010.

- [23] S. H. Barrows, R.M. Tamblyn, "Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education", Springer Publishing Company. NY, 1980.
- [24] A. Hernández, R. Lacuesta, "Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) bajo un enfoque multidisciplinar: una experiencia práctica", En J. C. Ayala (Coord.), Conocimiento, innovación y emprendedores: Camino al futuro, pp. 30-43, Rioja: Universidad de La Rioja. 2007.
- [25] R. Anaya, "Una visión de la enseñanza de la Ingeniería de Software como apoyo al mejoramiento de las empresas de software", Revista Universidad EAFIT, vol. 42, no. 141, pp. 60-76, 2012.
- [26] J. Baik, "The effects of CASE tools on software development effort," ProQuest Diss. Theses, no. December, p. 152, 2000.
- [27] L. E.Sánchez, D. García, C. Blanco, E. Fernández-Medina, M. Piattini. "Papel de las certificaciones profesionales en la enseñanza universitaria de ingeniería de software en España". Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, vol. 6, no. 2, pp. 6-24, 2010.
- [28] J.M. Blanco, I. Usandizaga, A. Jaime. "Gestión de Proyectos en el Grado en Ingeniería Informática: del PBL a la espiral de proyectos", ReVisión, vol. 7, no. 3, 2014.
- [29] R. Herranz, "Scrum Manager". Accessed oct 2016. [Online]. Available http://www.scrummanager.net/files/sm_proyecto_apuntes_12.pdf.
- [30] MINEDUC (Chile), "Cuenta Pública 2015". Accessed oct 2016. [Online]. Available http://www.gob.cl/cuenta-publica/2015/sectorial/2015_sectorial_ministerio-educacion.pdf.

Víctor M. Flores Fonseca es Académico de la Universidad Católica del Norte (UCN) desde 2014. Antes fue Profesor Contratado Doctor en la Universidad Europea de Madrid, desarrollándose como docente en el área de software e investigador en Sistemas Inteligentes. Previamente fue investigador en formación (becario FPI) entre 2004 y 2008 en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Víctor es Doctor en Informática por la UPM, Master en Ingeniería del Software por la UPM e Ingeniero en Informática por la Universidad Politécnica Santiago Mariño (Venezuela). Dentro de la UCN, sus trabajos de investigación se centran en el área de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial y dentro del área docente, entre sus intereses está el usar metodologías activas de enseñanza-aprendizaje y conectar la empresa con la universidad.

Yessica Gómez es Académica de la Universidad Católica del Maule (UCM) desde 2005 en el área de Ingeniería del Software y coordinadora docente en el Centro de Formación Técnica San Agustín Talca desde el 2015. Yessica es Ingeniero Ejecución en Computación de la Universidad de Santiago, Magister en Tecnologías de la Información de Universidad Técnico Federico Santa María y Magister en Educación Basada en Competencias de la Universidad de Talca. Entre sus intereses docentes está el usar metodologías activas de enseñanza-aprendizaje.

Entornos de Programación Visual para Programación Orientada a Objetos: Aceptación y Efectos en la Motivación de los Estudiantes

Felipe I. Anfurrutia, *Miembro IEEE*, Ainhoa Álvarez, Mikel Larrañaga, *Miembro IEEE*,
Juan-Miguel López-Gil

Title— Visual Programming Environments for Object Oriented Programming: Acceptance and Effects in Students' Motivation

Abstract— This paper presents an experiment in which visual programming environments have been used in programming courses aiming at helping students to acquire the competencies of a course on Object Oriented Programming. The presented study is centred in the analysis of the acceptance by the students of this type of environment as well as its effect in the motivation of the students. The obtained results show differences in the results according to the two possible characteristics of the students analysed: their gender and the fact of being newcomer or retaking the subject.

Index Terms— Computer science education, Object Oriented Programming

I. INTRODUCCIÓN

Las competencias técnicas asociadas a la programación se reparten en varias asignaturas en los grados de Informática. En el grado de Ingeniería Informática de Gestión y Sistemas de Información en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), dos asignaturas -*Programación Básica y Programación Modular y Orientación a Objetos*- abordan las principales competencias específicas de la programación en el primer curso. La adquisición de estas competencias es imprescindible para obtener buenos resultados en una gran parte de asignaturas de este grado.

A pesar de que los estudiantes son conscientes de su relevancia en el grado, estas asignaturas tienen altas tasas de abandono y fracaso, por lo que suponen un reto tanto para los profesores como para los estudiantes.

Uno de los principales problemas de estas asignaturas es que cada vez con más frecuencia los estudiantes de las asignaturas de programación presentan un alto grado de heterogeneidad en cuanto al grado de conocimiento previo de las competencias impartidas en estas asignaturas [1], [2].

F. I. Anfurrutia, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, felipe.anfurrutia@ehu.eus (ORCID: 0000-0003-0391-0264)

A. Álvarez, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, ainhoa.alvarez@ehu.eus (ORCID: 0000-0003-0391-0264)

M. Larrañaga, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, mikel.larranaga@ehu.eus (ORCID: 0000-0003-0391-0264)

J-M. López-Gil, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, juanmiguel.lopez@ehu.eus (ORCID: 0000-0003-0391-0264)

Este artículo es la versión en español del publicado con DOI <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2735478>

Todo esto dificulta que los profesores puedan diseñar métodos de aprendizaje adecuados para el conjunto de los estudiantes [5].

Las asignaturas de programación son habitualmente impartidas utilizando lenguajes de programación de propósito general que resultan muy complejos para los estudiantes [1], [3]. Algunos lenguajes de programación requieren que los estudiantes aprendan muchos conceptos antes de poder comenzar cualquier tarea de programación, mientras que otros requieren teclear grandes cantidades de código que son muy complicados de entender por el alumnado novato. Es decir, los estudiantes tienen que hacer frente a la vez tanto a la construcción de los algoritmos como a las reglas sintácticas de los lenguajes de programación empleados.

Algunos autores plantean el uso de entornos de programación visuales porque reducen la carga cognitiva necesaria para empezar a realizar tareas de programación. Aunque no solventan los problemas con la sintaxis, permiten posponer el problema y que los estudiantes se centren inicialmente en las tareas de diseño o comprensión de conceptos sin preocuparse de las reglas sintácticas [2], [4]. Una vez que han entendido los conceptos básicos, pueden pasar a un entorno no visual y abordar el problema de la sintaxis.

Nuestra hipótesis de partida es que el uso de entornos de programación visual en las asignaturas de programación puede mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, se ha de tener en cuenta que el mero hecho de incluir nuevas herramientas de apoyo no da solución a los problemas con los que se encuentran los estudiantes. Para que proporcionen un soporte pedagógico adecuado, su uso debe ser diseñado meticulosamente.

Este artículo presenta en primer lugar una propuesta de mejora docente incorporando entornos de programación visual. Posteriormente, se describe la implantación de la propuesta en la asignatura de programación orientada a objetos. A continuación, se presenta el estudio desarrollado seguido del análisis y discusión de los resultados obtenidos. Finalmente, se comentan las conclusiones obtenidas y las líneas futuras.

II. PROPUESTA DE MEJORA DOCENTE

La calidad de la enseñanza de la programación mejora empleando aproximaciones constructivistas, en las que los estudiantes construyen el conocimiento de forma activa en vez de ser meros receptores pasivos de dicho conocimiento [5] – [9]. Por tanto, el descubrimiento y la experiencia

pueden promover el aprendizaje en estas asignaturas. Es por ello que, hasta ahora, los docentes de la asignatura han intentado que la docencia sea lo más práctica posible. Con este objetivo, se ha intentado ampliar la cantidad de ejemplos y ejercicios prácticos. A pesar de ello, los esfuerzos realizados no han sido suficientes para mejorar los resultados académicos. Uno de los motivos es que los ejercicios prácticos se han realizado hasta ahora utilizando un entorno de programación profesional, Eclipse, que obliga a los estudiantes a lidiar al mismo tiempo con la complejidad de los conceptos abstractos, con la sintaxis del lenguaje de programación y con la complejidad del propio entorno.

Cualquier cambio docente que se realice debe basarse en teorías de aprendizaje. En el caso de la programación, las situaciones prácticas son las más adecuadas [8]. Entre las diferentes teorías propuestas para el aprendizaje experimental, se encuentra el ciclo de aprendizaje de Kolb [10]. Este ciclo de aprendizaje se ha empleado con frecuencia para razonar sobre el proceso de aprendizaje de la programación [11], [12]. Esta teoría conlleva cuatro etapas en las cuales los estudiantes deben involucrarse para poder adquirir el conocimiento (ver Fig. 1). En primer lugar, deben realizar una actividad concreta. Después, deben reflexionar sobre la experiencia para conceptualizar posteriormente la teoría que permite explicar las observaciones realizadas. Finalmente, deben aplicar la teoría en situaciones nuevas.

La aplicación adecuada de este ciclo o metodología de aprendizaje, implica combinarla con el uso de herramientas que promuevan o faciliten los procesos cognitivos identificados (observación/reflexión, conceptualización, aplicación y experimentación). Entre estas herramientas se encuentran, por ejemplo, los entornos de programación visuales o los robots educativos. La utilización de robots educativos presenta la problemática inherente al uso de dispositivos físicos, por lo que en este experimento se ha optado por utilizar los entornos de programación visuales. La utilización de estos entornos permitirá que para cada tema o concepto de la asignatura, la fase de “Experiencia concreta” se pueda primero abordar gráficamente en los laboratorios y después modificar las clases para que los profesores guíen a los estudiantes en la fase de conceptualización abstracta de forma más adecuada.

A continuación se detalla cómo se ha aplicado este ciclo de aprendizaje en la asignatura encargada de introducir el paradigma de la Programación Orientada a Objetos (POO).

III. IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

A. Contenidos de la Asignatura

La asignatura de *Programación Modular y Orientación a Objetos* (PMyOO), es una asignatura obligatoria del primer curso del grado en Ingeniería Informática de Gestión y

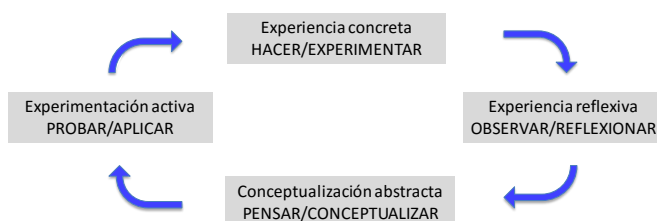


Fig. 1. Ciclo de aprendizaje de Kolb

Sistemas de Información en la UPV/EHU. Es la segunda asignatura relacionada con la programación que los estudiantes cursan, ya que en el primer cuatrimestre todos han cursado la asignatura de *Programación Básica*. Por lo tanto, los estudiantes que cursan esta asignatura tienen ya cierto conocimiento de la sintaxis y los conceptos básicos de programación en Java, aunque carecen de conocimientos de POO.

En la asignatura PMyOO se abordan cuatro temas principales (ver Fig. 2): Conceptos fundamentales de POO (clases, objetos y métodos), interacciones (es decir, paso de mensajes entre objetos), herencia y pruebas unitarias. Además, los estudiantes deben ser capaces de entender los diagramas de clases de UML al finalizar esta asignatura.

El objetivo general al implantar la nueva metodología es aplicar el ciclo de Kolb en cada tema de la asignatura. Para ello, se deben seleccionar los entornos adecuados de programación para dar soporte a los mismos. A continuación se describen las herramientas seleccionadas.

B. Selección de Herramientas

Al plantear la introducción de nuevos entornos de programación, se ha de tener en cuenta que: 1) no existe ningún entorno de programación que sea adecuado para todas las situaciones [3], y 2) la actividad a través de la herramienta debe ser atrayente y relevante para los estudiantes [11].

Existen diversas herramientas que permiten dar soporte a la enseñanza de POO. Entre ellas se pueden destacar BlueJ y Greenfoot como dos de las más completas y con más ventajas [13] y por su adecuación al ciclo de aprendizaje de Kolb [11]. Ambas herramientas tienen diferentes niveles de complejidad y permiten dar soporte a diferentes partes de la asignatura. Por ello, para esta asignatura se decidió combinar ambas, tal y como se muestra en la figura Fig. 2. En las primeras 7 semanas, dedicadas principalmente a los conceptos básicos, se trabajó con BlueJ durante dos horas semanales. En las 8 semanas restantes, durante 2 horas semanales, se trabajó con Greenfoot la parte de herencia e interacciones.

A continuación se describen las características principales de cada una de estas herramientas.

1) BlueJ

BlueJ es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para el aprendizaje de POO con el lenguaje Java, diseñado con fines educativos [14] – [16]. La característica distintiva de BlueJ es su interfaz gráfica de usuario (ver Fig. 3), que en la parte superior muestra el diagrama de clases en un formato parecido a UML, y en la parte inferior el banco de objetos que contiene los objetos instanciados. Mediante esta visualización, los estudiantes pueden inspeccionar tanto clases como objetos. Además, pueden crear objetos interactivamente e invocar métodos sin escribir ninguna línea de código ni tener un conocimiento profundo de Java.

Los estudiantes pueden experimentar y reflexionar con los conceptos de clase y objeto antes de llegar al estado de conceptualización.

Además, también permite introducir a los estudiantes algunos elementos sintácticos necesarios, ya que los estudiantes pueden ver y editar el código para una clase específica cuando hacen doble clic sobre ella.

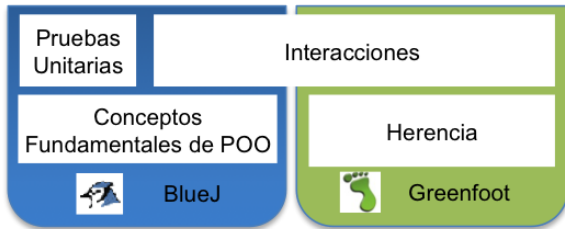


Fig. 2. Contenidos de la asignatura

2) Greenfoot

Greenfoot es otro IDE creado para ayudar a los estudiantes a estudiar aspectos relacionados con POO [11], [17]. Este entorno de desarrollo permite crear aplicaciones interactivas en mundos bidimensionales. Sus ricos escenarios visuales permiten impartir la docencia basada en simulaciones o juegos [12].

En relación a los temas de PMyOO, ayuda a introducir interactivamente el concepto de herencia de dos maneras (ver Fig. 4): mediante la definición de subclases e inspeccionando tanto los atributos como los métodos heredados. Como Greenfoot se basa en BlueJ, las inspecciones se realizan de una manera familiar para los estudiantes que han utilizado BlueJ previamente.

C. Ejemplo de Aplicación del Ciclo de Aprendizaje de Kolb

Todos los temas de la asignatura fueron abordados mediante el ciclo de aprendizaje de Kolb, con el ánimo de fomentar un aprendizaje activo y apoyándose en la herramienta visual seleccionada para cada tema.

La figura Fig. 5 muestra cómo fue aplicado el ciclo de aprendizaje de Kolb utilizando BlueJ para tratar el tema de “Conceptos fundamentales de POO”:

1. **Experiencia concreta:** Se proporcionó a los estudiantes un proyecto que incluía un conjunto de clases que representaban formas geométricas (p.ej. Circle, Square) que se podían dibujar en un lienzo. Las tareas concretas que los estudiantes tenían que realizar incluían: crear diferentes instancias de dichas clases, dibujarlas en el lienzo, moverlas de lugar, y cambiarles su tamaño o color mediante la invocación de sus métodos. Para ello, interactuaban con clases y objetos mediante sus métodos (ver Fig. 3b y d).
2. **Experiencia reflexiva:** Los estudiantes tenían que observar el efecto de sus acciones inspeccionando el

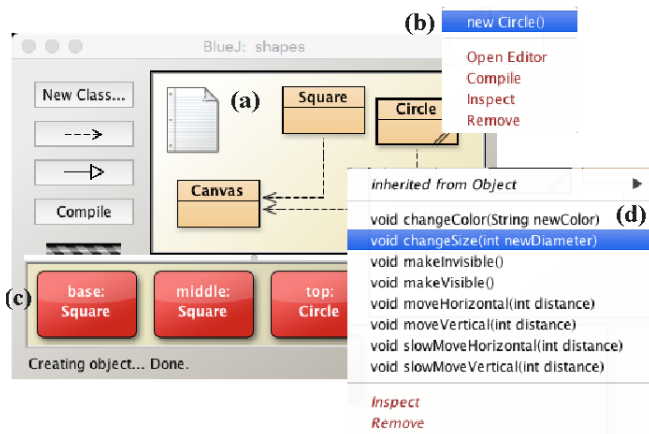


Fig. 3. Entorno de desarrollo integrado BlueJ: a) diagrama de clases, b) proceso de instanciación, c) objetos instanciados y d) llamada a método

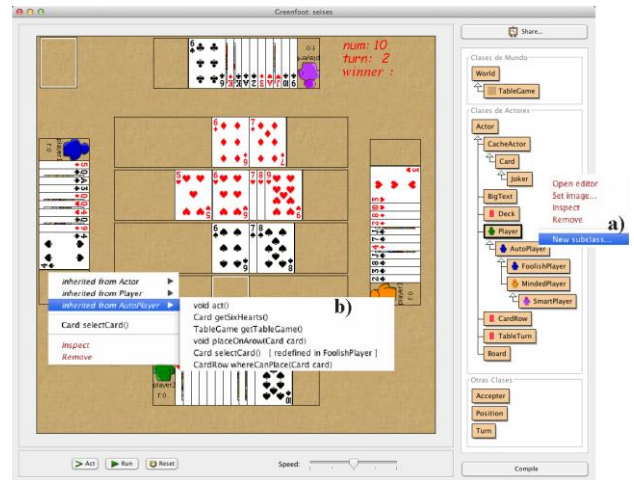


Fig. 4. Entorno de desarrollo integrado de Greenfoot: a) definición de una nueva subclase y, b) inspección de los métodos heredados

estado de los objetos tanto antes como después del paso de mensaje a un objeto (ejecución de un método). Por ejemplo, una de las tareas consistía en dibujar dos cuadrados y un círculo de distinto tamaño (50, 40 y 30, respectivamente) y una encima de la otra. En cada una de las tareas, los estudiantes debían reflejar en una tabla cada una de las operaciones realizadas. Las tareas incluían además preguntas para guiar a los estudiantes en el proceso reflexivo ayudando a comprender el efecto de las operaciones realizadas.

3. **Conceptualización abstracta:** Los profesores guiaron esta fase durante las clases magistrales. Conceptualmente explicaron la noción de clase, objeto y método. Las explicaciones tomaron como ejemplo base aquellos utilizados en los laboratorios de ordenador.
4. **Experimentación activa:** Se planteó a los estudiantes un nuevo escenario en el que debían aplicar los conceptos aprendidos. En particular, los estudiantes tuvieron que definir nuevas clases y objetos, e interactuar con ellos para realizar el dibujo solicitado mediante figuras geométricas (ver Fig. 5).

Una vez realizadas estas fases, los estudiantes trabajaron el aspecto sintáctico. En primer lugar, inspeccionaron el código de una clase específica y posteriormente, implementaron un programa utilizando el código reflejado en la tabla de la fase de experiencia reflexiva (ver Fig. 5-2).

Greenfoot se ha utilizado de una manera similar utilizando diversos escenarios propuestos en [18], tales como Leaves and Wombats, Little Crab, y algunos otros creados específicamente por el profesorado.

IV. ESTUDIO

A. Objetivos

El objetivo general de la propuesta descrita en la sección III es mejorar los resultados de los estudiantes en las asignaturas de programación, incorporando entre otros entornos de aprendizaje visuales. Para poder mejorar los resultados de los estudiantes, es necesario que los estudiantes perciban los beneficios pedagógicos de la propuesta y mejorar su motivación inicial. Por ello, en este estudio concreto, y partiendo de los resultados obtenidos en

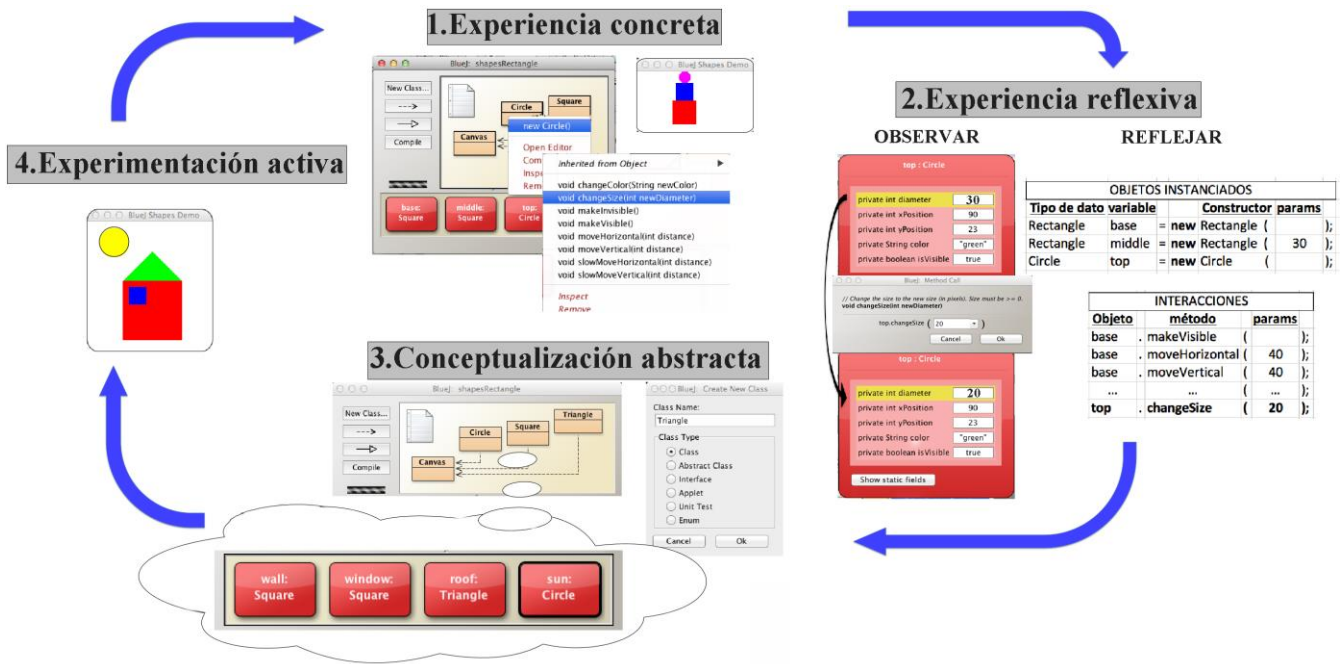


Fig. 5 Ejemplo de aplicación del ciclo de aprendizaje de Kolb utilizando BlueJ para el tema de “Conceptos fundamentales de OO”

estudios previos en la asignatura de Programación Básica, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Objetivo 1: Estudio de cómo afecta el uso de entornos visuales de programación a la motivación y expectativas iniciales de los estudiantes.
- Objetivo 2: Análisis de la ayuda que proporcionan los entornos visuales en la adquisición de los conceptos abordados en una asignatura en la que se impartan los conceptos de POO (en este caso PMyOO).
- Objetivo 3: Estudio de la adecuación de los entornos de programación utilizados a los contenidos de la asignatura.
- Objetivo 4: Estudio de cómo afecta al rendimiento de los estudiantes el uso de entornos visuales en el marco del ciclo de aprendizaje de Kolb.

Atendiendo a los resultados de otros estudios previos, para cada objetivo de este trabajo se analizarán además las diferencias entre los estudiantes en base a: (a) ser repetidores y no repetidores y (b) el género.

B. Recopilación de Datos

En este estudio se utilizaron distintas fuentes de información. Para los tres primeros objetivos, se recopilaron datos mediante una encuesta que se realizó antes de la prueba final y de la publicación de las notas de la asignatura. Estos datos se recopilaron durante los tres cursos académicos posteriores a la implantación de la metodología. Para el cuarto objetivo, se tomaron las notas finales de los estudiantes en la asignatura. En este último caso, los profesores de la asignatura consideraron (de acuerdo con Kolling [15]) que utilizar dos metodologías diferentes con dos grupos de estudiantes cuando uno produce mejores resultados que el otro no es apropiado. Por ello, se realizó un estudio entre sujetos (*between subjects*) en el que no se dividen los estudiantes en dos grupos diferentes sino que se comparan los resultados de los estudiantes en diferentes cursos. Se han empleado los resultados de los tres cursos

académicos anteriores a la implementación de la metodología y los tres posteriores, en los que ya estaba implementada.

La encuesta realizada, además de las preguntas para la obtención de datos de contextualización, contenía un conjunto de preguntas de tipo Likert de cinco niveles (ver Cuadro I): totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, indiferente, de acuerdo, muy o totalmente de acuerdo. Las preguntas se agruparon por objetivo; además, para cada uno de los bloques se incluyó también una pregunta de respuesta abierta para recoger otros comentarios que quisiesen resaltar los estudiantes sobre la experiencia. El Cuadro I muestra un extracto de la encuesta que rellenaron los estudiantes de la asignatura.

Un total de 56 estudiantes que cursaron la asignatura rellenaron esta encuesta cuyos resultados se detallan a continuación.

TABLA I
EXTRACTO DE LA ENCUESTA

Objetivo	Código	Pregunta
Objetivo1	BlueJ.Motivacion	Mi motivación en la asignatura se ha incrementado con el uso de BlueJ
	Greenfoot.Motivacion	Mi motivación en la asignatura se ha incrementado con el uso de Greenfoot
Objetivo2	BlueJ.Ayudado	Utilizar BlueJ me ha ayudado con la asignatura
	Greenfoot.Ayudado	Utilizar Greenfoot me ha ayudado con la asignatura
Objetivo3	BlueJ.No	Hubiese preferido no utilizar BlueJ
	Greenfoot.No	Hubiese preferido no utilizar Greenfoot
	Eclipse	Hubiese preferido utilizar Eclipse

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se describen los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos analizados en este estudio. En referencia a la contextualización de los resultados, del total de 56 estudiantes el 21% son mujeres y el 79% hombres. Por otro lado, el 70% de los estudiantes son no repetidores.

A. Objetivo 1: Motivación

En cuanto a la motivación de los estudiantes al utilizar estos entornos, sólo un 23% del total de los estudiantes piensa que el uso de BlueJ no le ha incrementado la motivación; en el caso de Greenfoot este valor se reduce a un 16% (ver Fig. 6). Cabe destacar el gran porcentaje de indecisos a la hora de responder a esta pregunta, que en el caso de BlueJ alcanza un 52%. Este alto nivel de indecisión se reduce con Greenfoot a un 32%, lo que implica que el 52% de los estudiantes tiene muy claro el incremento en su motivación.

Comparando los resultados entre repetidores y no repetidores, se observan diferencias en el caso de Greenfoot. Mientras el 23% de los no repetidores indican que el uso de Greenfoot no ha incrementado su motivación, ninguno de los repetidores ha respondido en este sentido. El porcentaje de estudiantes que reconocen que el uso de Greenfoot ha influido positivamente en su motivación es similar en ambos grupos (53% en el caso de repetidores frente al 51% en los no repetidores) (ver Fig. 7).

Analizando los datos recopilados para Greenfoot, que afecta positivamente de manera más marcada a la motivación de los estudiantes, es remarcable la diferencia existente atendiendo al género (ver Fig. 8).

Un 57% de las estudiantes no repetidoras piensan que las herramientas utilizadas no han aumentado su motivación en la asignatura mientras que en el caso de los estudiantes este porcentaje se reduce a un 16%. Es también destacable el 80% de indecisión entre las mujeres repetidoras, que en el caso de los estudiantes se reduce a un 33%.

Tal como cabría esperar, los escenarios basados en juegos de Greenfoot mejoran, en general, la motivación inicial de los estudiantes. Sin embargo, este efecto no parece darse en la misma medida en el caso de las estudiantes. Esta circunstancia parece indicar que los escenarios no resultan igualmente atractivos para las mujeres o para los hombres y es un aspecto que deberá analizarse en profundidad. Estos resultados concuerdan con [19], [20]. Los resultados

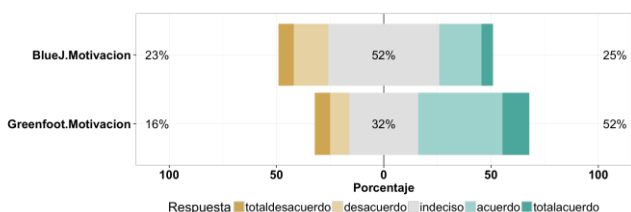


Fig. 6. Incremento en la motivación usando BlueJ o Greenfoot

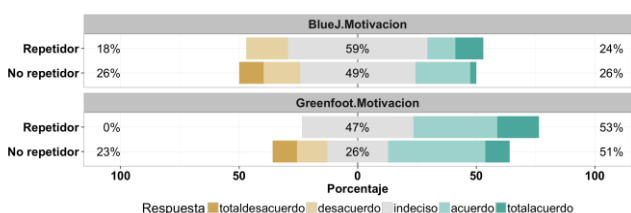


Fig. 7. Incremento en la motivación usando BlueJ o Greenfoot, agrupados por repetidores y no repetidores

positivos de las experiencias presentadas en [21] reflejan como posible camino a seguir el diseño de diversos escenarios visualmente atractivos y con un conjunto específico de problemas más acorde a los gustos del alumnado.

B. Objetivo 2: Ayuda a Comprender

A los estudiantes se les preguntó, para cada una de las herramientas utilizadas, si les había ayudado o no a asimilar los conceptos de la asignatura y cuánto les había ayudado en cada uno de los temas tratados.

En este aspecto cabe destacar que sólo un 14% (en ambos casos) de los estudiantes considera que el uso de estos entornos no les ha ayudado (ver Fig. 9).

Es remarcable que el porcentaje de estudiantes que opina que las herramientas visuales les han ayudado es mayor en los repetidores, 65% frente a 46% de los no repetidores, como se puede observar en la Fig. 10.

Analizando las diferencias por género (ver Fig. 11), cabe destacar que entre las estudiantes el resultado es peor; mientras un 20% de las repetidoras han respondido negativamente a esta pregunta, ningún repetidor ha emitido respuestas negativas a la misma. Además, la indecisión es también mayor entre las mujeres que entre los hombres. La correlación observada entre los resultados asociados a este objetivo y el objetivo 1, pueden sugerir que estos resultados negativos en el caso de las mujeres estén relacionados con el tipo de escenarios utilizados.

C. Objetivo 3: Adecuación de Herramientas

En cuanto a la selección de herramientas, en primer lugar se les preguntó a los estudiantes si hubiesen preferido no utilizar BlueJ o Greenfoot (ver Fig. 12). El 16% de los estudiantes hubiese preferido no utilizar BlueJ y el 11% no utilizar Greenfoot. Sin embargo, el porcentaje de los que les

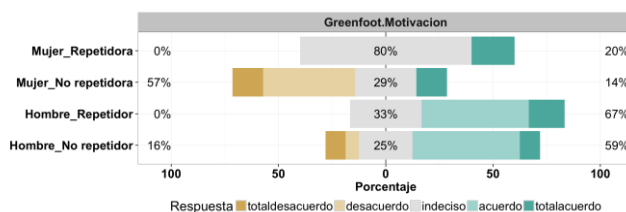


Fig. 8. Incremento en la motivación usando Greenfoot, agrupados por género y repetidores/no repetidores

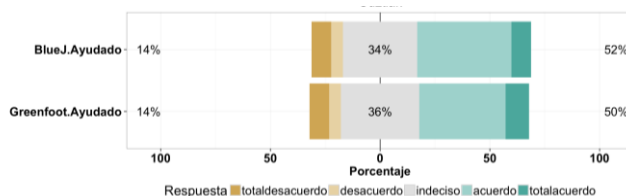


Fig. 9. Piensan que usar BlueJ o Greenfoot ayuda a comprender

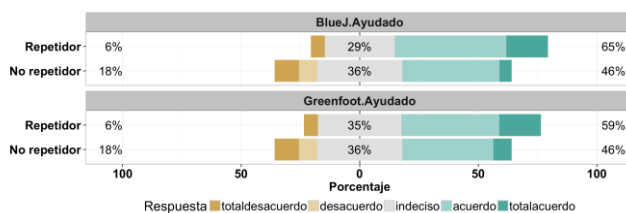


Fig. 10. Piensan que usar BlueJ o Greenfoot ayuda a comprender, agrupado por repetidores/no repetidores

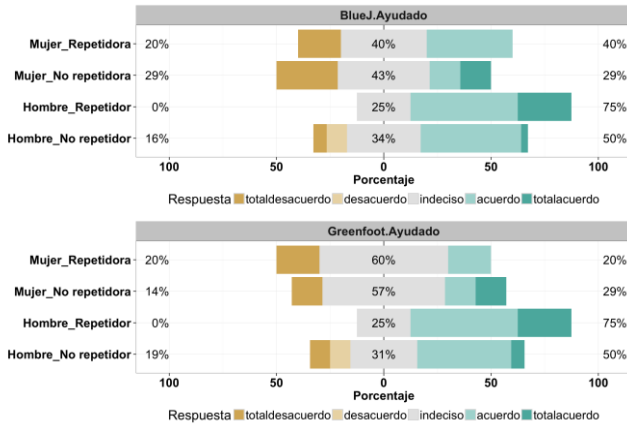


Fig. 11. Piensan que usar BlueJ o Greenfoot ayuda a comprender, agrupado por género y repetidores/no repetidores

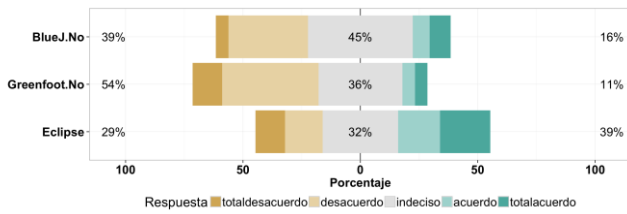


Fig. 12. Hubiesen preferido no utilizar BlueJ o Greenfoot, o usar sólo Eclipse

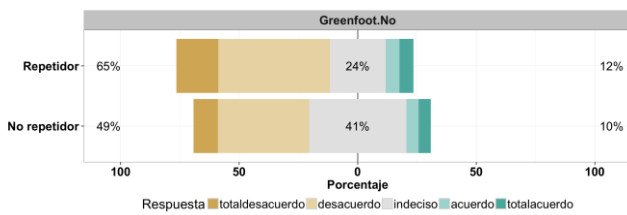


Fig. 13. Hubiesen preferido no utilizar Greenfoot agrupado por repetidores/no repetidores.

gustaría mantener las herramientas (54% Greenfoot y 39% BlueJ) es claramente superior a los que no.

Comparando los resultados obtenidos y separándolos por repetidores y no repetidores, cabe destacar que entre los repetidores los resultados con Greenfoot son mejores. Sólo 12% de ellos hubiera preferido no usarlo, mientras el 65% indica claramente que ven conveniente su utilización (ver Fig. 13).

En la encuesta, a los estudiantes también se les preguntó si les hubiese gustado trabajar con Eclipse y no utilizar los entornos de aprendizaje visuales. El 53% de los repetidores indica que sí les hubiese gustado utilizar exclusivamente Eclipse, a pesar de la utilidad que le ven a los entornos visuales utilizados (ver Fig. 14). Sin embargo, cabe destacar que entre los no repetidores el porcentaje es inferior (33%) y, además, el nivel de indecisión es mayor entre los no repetidores (36% frente a 24%).

Analizando la pregunta abierta relacionada con este objetivo, se detecta que este interés en Eclipse está motivado por su mayor funcionalidad y utilidad para su futuro profesional. Sin embargo, el hecho de que los repetidores sean menos reacios a utilizar las herramientas educativas sugiere que, pese a las limitaciones en este aspecto que presentan las herramientas, sí que aprecian que contribuyen notoriamente al aprendizaje.

A la hora de analizar los resultados desde la perspectiva de género, por un lado cabe destacar la gran indecisión de

las mujeres en el caso de BlueJ. Este dato es especialmente notorio en el caso de las repetidoras, en las que la tasa de indecisas se eleva a un 80% frente a un 17% entre los repetidores (Hombre_repetidor) (ver Fig. 15, superior). En el caso de Greenfoot, el valor se eleva a un 71% en el caso de las no repetidoras frente a un 34% en el caso de los no repetidores (ver Fig. 15, inferior).

Por otro lado, es remarcable que la mayoría de los estudiantes que está a favor de mantener los entornos visuales son hombres: en el caso de BlueJ, el 67% de repetidores y el 41% de no repetidores; en el caso de Greenfoot, el valor aumenta a un 75% de repetidores y un 56% de no repetidores (ver Fig. 15, inferior).

De manera similar, ninguna de las estudiantes (tanto repetidoras como no) indica que no hubiese preferido empezar a trabajar exclusivamente con Eclipse (ver Fig. 16).

D. Objetivo 4: Mejoras en los Resultados

Para determinar si la innovación educativa llevada a cabo ha ayudado a mejorar los resultados, se han analizado los resultados académicos de los tres últimos cursos antes de implantar la nueva metodología (C1, C2, C3) y de los tres cursos posteriores (C4, C5, C6). Por sus características especiales, el tercer y cuarto año (C3 y C4 respectivamente) se consideran de transición. El tercero porque al corresponderse con un cambio de plan de estudios los estudiantes estaban más motivados para aprobar y no cambiar de plan, mientras que el cuarto porque fue el año en el que se implantó la nueva metodología.

En cuanto al porcentaje de estudiantes presentados, la tasa pasó de un valor inferior al 40% en los cursos previos al cambio de metodología a una media de un 55% de presentados. Este dato por sí mismo ya resulta interesante, aunque cabe además destacar la mejora de los resultados de estos estudiantes que se presentaron al examen final.

Como se puede apreciar en la Fig. 17, el porcentaje de

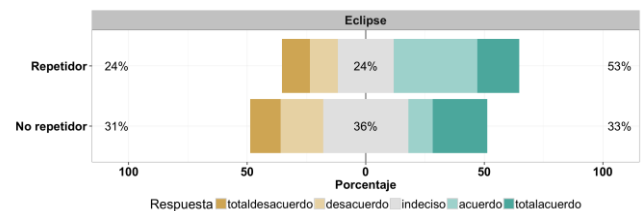


Fig. 14. Hubiesen preferido utilizar Eclipse, agrupado por repetidores/no repetidores

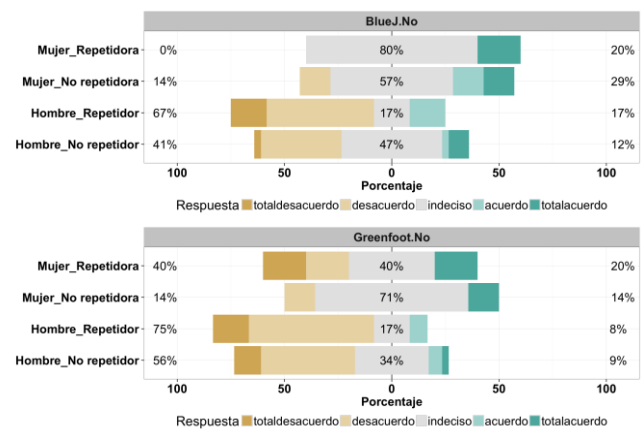


Fig. 15. Hubiesen preferido no utilizar BlueJ o Greenfoot agrupado por género y repetidores/no repetidores

estudiantes presentados que aprueban el examen pasó de un valor en torno a un 45% a un valor en torno al 70%.

Los estudiantes que se presentan a los exámenes suelen ser aquellos que tienen confianza en aprobar. El incremento en este número parece indicar que la motivación y confianza de los estudiantes ha mejorado con la nueva metodología (Objetivo 1). Además, la mejora de los resultados apoya la idea de que la utilización de las nuevas herramientas en el marco de Kolb realmente ayuda a los estudiantes en su proceso de aprendizaje (Objetivo 2).

VI. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En este trabajo se ha presentado la implantación del ciclo de aprendizaje de Kolb mediante el uso de entornos de aprendizaje visuales en el marco de la enseñanza del paradigma de la Programación Orientada a Objetos.

Este ciclo de aprendizaje se ha implantado para cada uno de los temas durante tres cursos académicos. La implantación ha sido apoyada por dos entornos visuales diferentes: BlueJ y Greenfoot.

El estudio de los resultados se ha realizado analizando, desde la perspectiva de los estudiantes, cómo la nueva propuesta afecta a su motivación, si les ayuda en su aprendizaje y si las herramientas se adecuan al temario.

En cuanto a la motivación, en general los resultados no son tan buenos como era esperado; de hecho son peores que los que se han obtenido previamente con robots físicos en la asignatura de Programación Básica [3], [22], [23].

En relación a la ayuda que les proporciona a los estudiantes, los resultados han sido en general positivos. Además, los estudiantes han indicado en las encuestas que no dejarían de utilizarlos. Sin embargo, cabe destacar la gran influencia del género de los estudiantes en el resultado de las encuestas. Las respuestas de las mujeres son notablemente más negativas que las de los hombres en este aspecto.

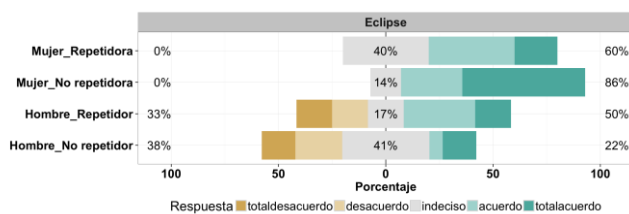


Fig. 16. Hubsiesen preferido utilizar Eclipse en lugar de los otros entornos, agrupado por género y repetidores/no repetidores

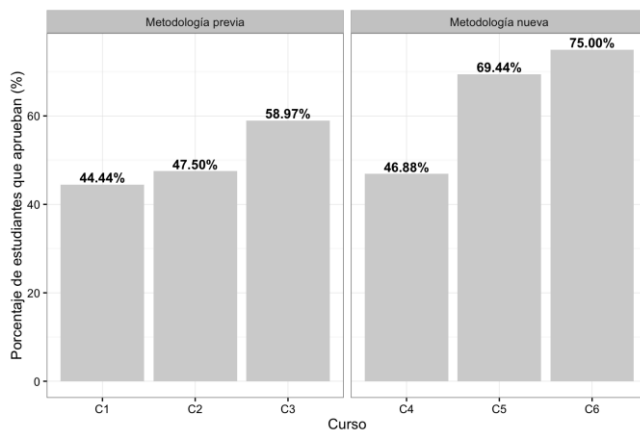


Fig. 17. Porcentaje de estudiantes presentados que aprobaron el examen

Por otro lado, un gran porcentaje de estudiantes plantea que les gustaría trabajar directamente con Eclipse. Una de las principales razones que se recoge de las respuestas de los estudiantes es la funcionalidad proporcionada (p.ej. plantillas de código, refactoring etc). Los entornos visuales educativos disponen de menor funcionalidad y no resultan tan eficientes para el desarrollo de aplicaciones más complejas. Para continuar utilizando estas herramientas de una manera más adecuada con los estudiantes, parece que es adecuado recordar a los estudiantes que el objetivo de la asignatura es aprender unos conceptos y no un lenguaje o entorno de programación concreto.

A partir de estos resultados obtenidos, se abren un conjunto de líneas de trabajo futuras para continuar con la implantación de mejoras en las asignaturas de programación.

Por un lado, teniendo en cuenta que las experiencias realizadas anteriormente con robots en otras asignaturas reflejan un mayor grado de motivación y que las notas mejoran más con los entornos visuales, combinar ambas herramientas de forma adecuada podría ser una manera interesante de mejorar la motivación sin repercutir en el rendimiento.

Por otro lado, sería adecuado también integrar mejor los entornos de programación visual en el proceso de evaluación de la asignatura o relacionarlo con otras asignaturas para obtener una globalidad. Por todo ello, se plantea también que sería interesante aplicar el ciclo de aprendizaje primero en Programación Básica y posteriormente en Programación Orientada a Objetos. Esto podría hacer que los estudiantes los viesen mejor integrados.

También se contempla utilizar la teoría de la autodeterminación [24] como marco de trabajo para medir la motivación de los estudiantes.

Finalmente, las grandes diferencias en los resultados atendiendo al género de los estudiantes, plantean la necesidad urgente de ampliar el estudio antes de continuar con nuevas implantaciones. Habría que analizar por ejemplo si el problema son las herramientas seleccionadas o las temáticas de los tipos de ejercicios realizados, en particular los escenarios seleccionados. De acuerdo a [19], [20], la percepción de la informática, y de los juegos en particular, varía notoriamente en función del género. Ampliar esta parte del estudio permitiría adaptar las mejoras que se han planteado en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subvencionado por la Universidad del País Vasco UPV/EHU (GIU16/15, GIU16/20 y EHUA16/22) y el Vicerrectorado de Estudios de Grado e Innovación de la UPV/EHU quien ha subvencionado el proyecto PIE 6819 en el bienio 2014-2016.

REFERENCIAS

- [1] A. Gomes and A. J. Mendes, "Learning to program-difficulties and solutions," in *International Conference on Engineering Education-ICEE*, Coimbra, Portugal, 2007, vol. 2007.
- [2] D. J. Malan and H. H. Leitner, "Scratch for budding computer scientists," *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 39, no. 1, pp. 223-227, 2007.
- [3] A. J. Hirst, J. Johnson, M. Petre, B. A. Price, and M. Richards, "What is the best programming environment/language for teaching robotics using Lego Mindstorms?," *Artif Life Robotics*, vol. 7, no. 3, pp. 124-131, Sep. 2003.

- [4] A. Wilson and D. C. Moffat, "Evaluating Scratch to introduce younger schoolchildren to programming," *Proceedings of the 22nd Annual Psychology of Programming Interest Group (Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Spain)*, 2010.
- [5] D. C. Leonard, *Learning theories, A to Z*. Westport, Conn.: Oryx Press, 2002.
- [6] S. Papert, *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. New York: BasicBooks, 1993.
- [7] C. Wang, L. Dong, C. Li, W. Zhang, and J. He, "The Reform of Programming Teaching Based on Constructivism," in *Advances in Electric and Electronics*, W. Hu, Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 425–431.
- [8] E. Lahtinen, K. Ala-Mutka, and H.-M. Järvinen, "A study of the difficulties of novice programmers," *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 37, no. 3, pp. 14–18, 2005.
- [9] F. Jurado, A. I. Molina, M. A. Redondo, and M. Ortega, "Cole-Programming: Shaping Collaborative Learning Support in Eclipse," *Tecnologías del Aprendizaje, IEEE Revista Iberoamericana de*, vol. 8, no. 4, pp. 153–162, Nov. 2013.
- [10] D. A. Kolb, *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall, 1984.
- [11] P. Henriksen and M. Kölling, "Greenfoot: combining object visualization with interaction," in *Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications*, 2004, pp. 73–82.
- [12] L. Yan, "Teaching Object-Oriented Programming with Games," in *Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, 2009. ITNG '09*, 2009, pp. 969–974.
- [13] S. Georgantaki and S. Retalis, "Using educational tools for teaching object oriented design and programming," *Journal of Information Technology Impact*, vol. 7, no. 2, pp. 111–130, 2007.
- [14] D. J. Barnes and M. Kölling, *Objects first with Java: a practical introduction using BlueJ*. Boston: Pearson, 2012.
- [15] M. Kölling, "Using BlueJ to introduce programming," in *Reflections on the Teaching of Programming*, Springer, 2008, pp. 98–115.
- [16] M. Kölling, B. Quig, A. Patterson, and J. Rosenberg, "The BlueJ System and its Pedagogy," *Computer Science Education*, vol. 13, no. 4, pp. 249–268, 2003.
- [17] M. Kölling, "The Greenfoot Programming Environment," *ACM Transactions on Computing Education*, vol. 10, no. 4, pp. 1–21, Nov. 2010.
- [18] M. Kölling, *Introduction to Programming with Greenfoot: Object-Oriented Programming in Java with Games and Simulations*, 2nd ed. Pearson, 2016.
- [19] J. Robertson, "The influence of a game-making project on male and female learners' attitudes to computing," *Computer Science Education*, vol. 23, no. 1, pp. 58–83, Mar. 2013.
- [20] M. Phan, J. R. Jardina, and W. S. Hoyle, "Video Games: Males Prefer Violence while Females Prefer Social," 2012. [Online]. Available: <http://usabilitynews.org/video-games-males-prefer-violence-while-females-prefer-social/>. [Accedido: 19-Jun-2016].
- [21] R. B. Hijon-Neira, Á. Velázquez-Iturbide, C. Pizarro-Romero, and L. Carriço, "Game programming for improving learning experience," in *Conference on Innovation & technology in computer science education ITiCSE '14*, 2014, pp. 225–230.
- [22] C.-C. Wu, I.-C. Tseng, and S.-L. Huang, "Visualization of Program Behaviors: Physical Robots Versus Robot Simulators," in *Informatics Education - Supporting Computational Thinking*, R. T. Mittermeir and M. M. Sysło, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 53–62.
- [23] A. Álvarez and M. Larrañaga, "Experiences Incorporating Lego Mindstorms Robots in the Basic Programming Syllabus: Lessons Learned," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 81, no. 1, pp. 117–129, Jan. 2016.
- [24] R. M. Ryan and E. L. Deci, "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being," *The American Psychologist*, vol. 55, no. 1, pp. 68–7. 2000.

Dr. Felipe I. Anfurrutia es profesor en la UPV/EHU y miembro del grupo de investigación ONEKIN Web Engineering (<http://www.onekin.org>). Sus líneas de investigación están relacionadas con el desarrollo de aplicaciones Web mediante Lenguajes Específicos de Dominio, Líneas de Producto Software, y distintos paradigmas de programación (OO, Features, Aspects y XML). También ha participado en proyectos educacionales para mejorar la docencia en programación

Dra. Ainhoa Álvarez es profesora agregada de la UPV/EHU en el departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Trabaja en el ámbito de la informática educativa en el grupo de investigación GaLan (<http://galan.ehu.eus>). Sus principales líneas de investigación se centran en el análisis del aprendizaje y enseñanza asistida por la tecnología en ingenierías.

Dr. Mikel Larrañaga es profesor agregado de la UPV/EHU en el departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Trabaja en el ámbito de la informática educativa en el grupo de investigación GaLan. Sus intereses abarcan la adquisición de conocimiento, mapas de conocimiento, tutores inteligentes, análisis del aprendizaje y enseñanza asistida por la tecnología en ingenierías.

Dr. Juan Miguel López Gil es profesor en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y miembro del grupo de investigación GALAN. Ha trabajado en usabilidad y accesibilidad de interfaces de usuario, interfaces de usuario adaptativas y computación emocional.

Diseño de Actividades para Promocionar los Estudios de Ingeniería entre Estudiantes de Secundaria

Sergio López Gregorio, Antonio Carpeño Ruiz, Jesús Arriaga García de Andoain, Mariano Ruiz González y Alejandro Martín Lozano

Title— Design of activities to promote engineering studies among high school students.

Abstract— In recent years several institutions have begun to organize different outreach scientific activities among high school students. The main objective of these activities is to reverse the trend detected in many countries related to the decrease in the number of students choosing university studies in the field of engineering. This article shows how a set of activities have been designed, within the framework of a project funded by the Universidad Politécnica de Madrid (Spain), to increase technological vocations among young students. In addition, the results of the experiences with high school students of the Community of Madrid have been included.

Index Terms— Promoting technological vocations, engineering education, remote laboratories, outreach activities

I. INTRODUCCIÓN

SEGÚN la agencia CEDEFOP (European centre for development of vocational training) se prevé que en el decenio 2015-2025 la demanda de ingenieros y científicos en Europa aumente un 13% [1]. Por otra parte en numerosos artículos e informes realizados en la última década se refleja que en la mayoría de los países desarrollados existe una tendencia descendente respecto al número de estudiantes que se matriculan en carreras de ingeniería [2]. Los dos datos expuestos anteriormente, en concreto la necesidad a corto plazo de ingenieros y la falta actual de vocaciones tecnológicas en los jóvenes, pueden originar una serie de problemas que repercutan negativamente en la economía de esos países.

En España la disminución del número de estudiantes matriculados en enseñanzas universitarias asociadas a la ingeniería es evidente al consultar los datos proporcionados por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [3]. Como se puede observar en la Tabla I existe un descenso anual en el número de matriculaciones de estudiantes de la rama de Ingeniería y Arquitectura superior al 9% y una reducción en el decenio 2005-2015 superior al 28%.

Sergio López, Antonio Carpeño, Jesús Arriaga, Mariano Ruiz y Alejandro Martín pertenecen al Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Ctra. Valencia Km.7, 28031, Madrid, España (emails: {sergio.lopez, antonio.cruiz, jesus.arriaga, mariano.ruiz}@upm.es, a.martin@alumnos.upm.es, ORCID: 0000-0001-5646-9121, 0000-0001-6824-0455, 0000-0002-7821-5138, 0000-0002-1337-0110, 0000-0002-0800-7632).

Este artículo es la versión en español del publicado con DOI <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2776418>

Otro aspecto preocupante es el relacionado con la brecha de género en el ámbito de las ingenierías. Con respecto a las matriculaciones en España, en el curso 2014-15, solo el 25,8 correspondían a mujeres [3]. Entre los egresados en los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), en promedio, en 2014 obtuvieron el título de ingeniería el triple de hombres que de mujeres [4].

En diferentes artículos e informes relacionados con las preferencias profesionales de los estudiantes de secundaria se pone de manifiesto el escaso interés que poseen ante las carreras vinculadas con las materias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) [5]. En el proyecto ASPIRES, elaborado por el King's College de Londres [6], se muestran de forma ordenada las profesiones preferidas por los estudiantes de secundaria. Los primeros puestos son ocupados por las profesiones vinculadas a los negocios y al arte y diseño. En puestos intermedios se encuentran las asociadas a la enseñanza, medicina y leyes. En puestos inferiores aparece la ingeniería y más atrás, ocupando el penúltimo lugar por detrás de las profesiones relacionadas con la peluquería y estética, la profesión de científico. En el proyecto ROSE (The Relevance of Science Education), realizado con adolescentes de 15 años de varios países, se muestra que en los países industrializados las asignaturas de ciencias en los colegios y las carreras vinculadas a la tecnología no son atractivas para los jóvenes y en menor medida para las mujeres [7].

Los factores que motivan la escasa vocación por las carreras científico-técnicas son múltiples, estando relacionados con la percepción de uno mismo y el entorno

TABLA I
EVOLUCIÓN DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS MATRICULADOS EN GRADO Y 1^{ER} Y 2^{DO} CICLO POR RAMA DE ENSEÑANZA

	Curso Académico			Tasa de variación	
	2004-05	2013-14	2014-15	Anual	2014-15 /2004-05
Total	1.459.178	1.416.827	1.361.340	-3,9%	-6,7%
C. Sociales y Jurídicas	714.365	665.236	632.931	-4,9%	-11,4%
Ingeniería y Arquitectura	385.904	302.826	274.976	-9,2%	-28,7%
Artes y Humanidades	137.650	135.315	135.240	-0,1%	-1,8%
Ciencias de la Salud	115.882	231.664	236.861	2,2%	104,4%
Ciencias	105.377	81.786	81.332	-0,6%	-22,8%

familiar, educativo y social que rodea a cada estudiante [8]. Entre dichos factores se pueden destacar los siguientes[9]:

- Metodologías utilizadas y disminución del nivel en las enseñanzas de las matemáticas y ciencias en los centros de secundaria.
- Percepción sobre la dificultad de estas carreras frente a otras relacionadas con otras disciplinas.
- Duración real de los estudios universitarios asociados a carreras técnicas.
- Expectativas laborales poco atractivas debido a la dificultad para encontrar un trabajo acorde a las competencias adquiridas en estas carreras.
- Salarios poco competitivos comparados con los percibidos por los profesionales de otros ámbitos.

Para conseguir que los jóvenes valoren como una posible opción la elección de estudios relacionados con la tecnología se pueden tener en cuenta las siguientes recomendaciones [10]:

- La educación en tecnología se debe incorporar en los planes de estudios escolares comenzando desde la educación infantil.
- Proyectar una imagen de la tecnología, por parte de profesores, ingenieros, científicos, familias y medios de comunicación, que muestre su influencia positiva en la sociedad actual.
- Adoptar ampliamente en las universidades estrategias de aprendizaje activo que estimulen el interés de los estudiantes y reduzcan la duración real de los estudios y el abandono.
- Realizar acciones de divulgación que acerquen la tecnología a los estudiantes de educación secundaria.
- Extender el contacto entre estudiantes y la industria, mostrándose, de forma directa y cercana, las capacidades y actitudes que deben poseer los ingenieros.

De entre las recomendaciones anteriores este artículo va a centrarse en la relacionada con la puesta en marcha de acciones divulgativas que además de acercar la tecnología a los jóvenes puedan servir para incrementar su interés por matricularse en carreras del ámbito de la ingeniería.

Son muy numerosos los programas y proyectos que han surgido con el objetivo de divulgar la ciencia y aumentar las vocaciones tecnológicas de los jóvenes. Pueden destacarse las siguientes iniciativas:

- El proyecto *Ingenious* que ha llevado a cabo numerosas acciones con el fin de mejorar la imagen de las carreras del área STEM entre los jóvenes [11].
- El proyecto *Go-Lab* que pone al alcance de los estudiantes la posibilidad de realizar experimentos prácticos relacionados con las ciencias a través del uso de laboratorios virtuales y remotos [12].
- El programa *FIRST* que pretende promocionar el interés de los jóvenes por la ciencia y la tecnología a través de competiciones donde se diseñan, construyen y programan robots [13].
- El programa *Outreach MIT* que ofrece múltiples actividades en el ámbito de la ciencia y la ingeniería dirigidas a niños y adolescentes en las que participan estudiantes y profesores del Instituto Tecnológico de Massachusetts [14].
- El portal *Try Engineering*, patrocinado por la empresa IBM y la asociación IEEE, que ofrece numerosos

recursos para ayudar a los jóvenes a comprender los aspectos que rodean a la ingeniería [15].

Muchas universidades españolas y de otros países donde se imparten estudios de ingeniería han implantado, a lo largo de los últimos años, programas dirigidos a incrementar las vocaciones tecnológicas entre los jóvenes estudiantes [16]-[20]. La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) también se ha unido a esta línea de actuación y ha llevado a cabo varias iniciativas. Por un lado en colaboración con la Real Academia de Ingeniería de España, otras universidades españolas y varias empresas líderes del sector tecnológico se han promovido una serie de experiencias de divulgación en el marco del proyecto “Fomento de las Vocaciones Tecnológicas”. Por otra parte, en colaboración con la Fundación Universidad-Empresa (FUE) se ha colaborado en el Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas llevando a cabo un conjunto de talleres en centros de enseñanza secundaria de la Comunidad de Madrid vinculados a varias áreas científico-tecnológicas.

El trabajo que aquí se presenta se enmarca dentro de las líneas de actuación de la UPM citadas anteriormente y pretende mostrar cómo se han planificado experiencias y diseñado diversas actividades para incrementar el interés por los estudios de ingeniería entre estudiantes de secundaria. Como aspecto relevante hay que señalar que las actividades diseñadas se han basado en el área de la electrónica. La elección de esta disciplina se justifica por encontrarse muy interrelacionada con la mayoría de las ramas de la ingeniería y por ser una tecnología incorporada en muchos dispositivos que utilizan los jóvenes en su entorno cotidiano.

Este artículo, estructurado en varios apartados, es una versión extendida y mejorada de un artículo publicado en el congreso TAEE (Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica) llevado a cabo en Junio de 2016 [21]. Se han realizado modificaciones en todos los apartados para mejorar el artículo original. En concreto en el apartado I se han añadido los factores típicos de desmotivación ante los estudios científico-tecnológicos de los jóvenes, se han añadido recomendaciones para aumentar las vocaciones tecnológicas y se ha extendido la descripción de programas y proyectos dedicados a la divulgación de la ciencia. En el apartado II, donde se describe la planificación de las experiencias desarrolladas, se han añadido los tipos de acciones más comunes que se llevan a cabo para incrementar las vocaciones tecnológicas. En el apartado III, donde se muestra el diseño de las actividades propuestas, se han simplificado las descripciones de las mismas. En el apartado IV, donde se exponen los resultados obtenidos en las experiencias realizadas, se han incorporado los resultados obtenidos en las experiencias realizadas bajo el marco del Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas de la Comunidad de Madrid y se han destacado los aspectos más relevantes asociados a las experiencias desarrolladas. El apartado de Conclusiones ha sido modificado por completo y se han incluido hasta doce referencias adicionales.

II. PLANIFICACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS

Las acciones de divulgación que se llevan a cabo hacia los jóvenes para incrementar las vocaciones tecnológicas pueden tener diferentes formatos, los más comunes son los siguientes [17],[18]:

- Seminarios y workshops
- Portales web

- Visitas a universidades, centros tecnológicos o industrias
- Ferias de ciencia e ingeniería
- Campus de verano
- Talleres prácticos en centros universitarios o escolares.

Si el tiempo disponible para las actividades es suficiente los talleres prácticos en laboratorios donde los jóvenes tengan una participación activa es el formato preferido de divulgación [19]. Respecto al lugar donde realizar dichos talleres existen pros y contras. Si se realizan en centros universitarios los estudiantes viven una experiencia que les acerca al ambiente real que se vive en la universidad y además tienen la oportunidad de poder utilizar equipos que no están disponibles en sus escuelas [20]. Por el contrario, si se realizan en los centros escolares se evitan los inconvenientes asociados al transporte de un numeroso grupo de estudiantes y se dispone de más flexibilidad a la hora de programar la experiencia.

Respecto a la etapa educativa más recomendable para llevar a cabo experiencias de divulgación es importante tener en cuenta lo manifestado en un informe de la Fundación Nuffield[22]. Según el mismo los estudiantes desarrollan su interés por los estudios de ciencias antes de los catorce años, disminuyendo el mismo a medida que avanzan de cursos. Por este motivo, para intentar que la desmotivación por las ciencias no se reduzca a partir de los catorce años, sería recomendable que las actividades de divulgación se desarrollen fundamentalmente entre los cursos de segundo a cuarto de educación secundaria obligatoria (14-16 años).

Para disponer de un elevado nivel de flexibilidad a la hora de realizar las experiencias de divulgación con los estudiantes de secundaria se ha definido un catálogo de actividades. En la planificación global de todas las experiencias se han seguido las recomendaciones incluidas en un estudio sobre vocaciones científicas elaborado por la Fundación Bancaria “la Caixa”, FECYT y Everis[8]. Atendiendo a dichas recomendaciones se han establecido los siguientes requisitos a la hora de planificar cada experiencia:

- Informar sobre la relevancia de las profesiones vinculadas a la ingeniería para el desarrollo social y económico de nuestra sociedad, poniendo de relieve la importancia de la tecnología electrónica como disciplina transversal para muchas de las ramas de la ingeniería. Es fundamental dejar claros los beneficios que aportan los estudios relacionados con las ciencias y la ingeniería, aunque supongan, en algunos casos, un mayor nivel de esfuerzo y dedicación.
- Conseguir captar el interés y la motivación de los estudiantes. Para ello, por un lado, se va a utilizar un recurso educativo basado en mundos virtuales 3D (plataforma eLab3D) que resulta muy atrayente para los jóvenes por tener muchas similitudes con los entornos virtuales con los que juegan en sus tiempos de ocio. Por otra parte, se van a manipular de forma real placas de pruebas, componentes electrónicos e instrumentos que se utilizan habitualmente en los laboratorios universitarios y a los que, en muchos casos, no tienen acceso los estudiantes en sus centros escolares. En cada actividad se combinará el uso de la plataforma eLab3D y las placas de pruebas sobre un mismo circuito

electrónico para facilitar la comprensión de su funcionamiento.

- Implicar a los profesores de los centros de secundaria participantes en las experiencias en el desarrollo de las actividades. Hay que tener en cuenta que en sus manos está, en gran medida, la decisión final sobre los estudios superiores que elegirán los estudiantes.
- Incluir ejercicios didácticos relacionados con bloques o partes de sistemas reales y cotidianos que sean fáciles de comprender. En dichos ejercicios los estudiantes deben participar de forma activa resolviendo algún tipo de reto, de forma colaborativa, en el que se apliquen técnicas de *role playing* (actuando como ingenieros o técnicos ofreciendo ideas para resolver el reto). Cada ejercicio tendrá asignada una puntuación que variará en función del tiempo dedicado a finalizarla correctamente. Se organizará una competición en la que el grupo ganador será aquel que obtenga más puntos después de realizar todas las actividades.
- Incluir como personal colaborador en el desarrollo de las actividades a estudiantes universitarios próximos a finalizar los estudios o egresados con los que puedan interactuar fácilmente los estudiantes de enseñanza secundaria. La participación de estos colaboradores resulta muy interesante ya que son vistos por los estudiantes como modelos de referencia cercanos a los que poder imitar.

III. DISEÑO DE LAS ACTIVIDADES

Teniendo en cuenta los requisitos citados en el apartado anterior se van a describir a continuación las actividades desarrolladas que forman parte del catálogo disponible para preparar las experiencias a realizar con estudiantes de enseñanza secundaria. En ellas se incluyen diferentes ejercicios, relacionados con sencillos bloques electrónicos que forman parte de sistemas utilizados en muchas ramas de la ingeniería. En el diseño de las actividades han participado profesores de secundaria y se ha tenido en cuenta que los estudiantes, a partir del segundo curso de educación secundaria obligatoria (ESO), ya tienen nociones básicas sobre electricidad y que a partir de tercero de la ESO tienen conocimientos sobre el funcionamiento de varios componentes electrónicos como condensadores, diodos y transistores. Respecto a los circuitos incluidos en las diferentes actividades hay que aclarar que los enunciados han sido preparados para que su análisis pueda ser realizado de forma sencilla por los estudiantes. Las actividades para programar cada experiencia se elegirán en función de diversos factores: lugar donde se tenga que realizar la experiencia, tiempo disponible y el curso académico al que pertenezcan los estudiantes.

A. Actividad 1

A modo de introducción y con el fin específico de despertar el interés general de los estudiantes se debe realizar una presentación inicial en la que se refleje la importancia de la función del ingeniero en el desarrollo, a nivel social y económico, de la sociedad actual. Se debe remarcar que su actividad no sólo repercute en el ámbito industrial sino que está relacionada con otras muchas áreas como por ejemplo la agroalimentaria, la sanitaria o la farmacéutica. Esta relación con todos los ámbitos de la sociedad es fundamental, sobre todo, para motivar a las mujeres ya que, según numerosos estudios, eligen carreras

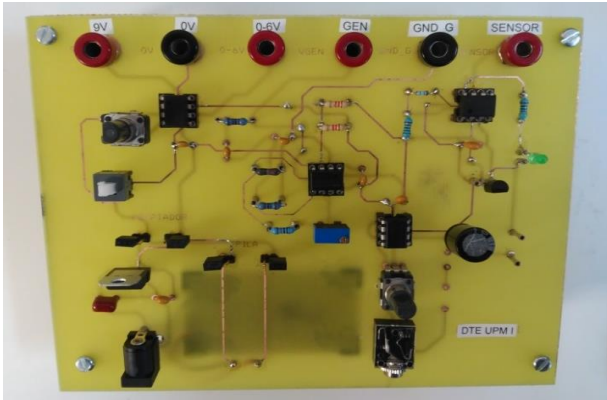


Fig. 1. Placa DTE UPM

universitarias que proporcionan claramente algún servicio a la sociedad [23].

Asimismo se deben proporcionar datos de interés relacionados con el nivel de empleabilidad de los titulados en ingeniería, sus salarios y la oferta de títulos de grado existente relacionados con la ingeniería. En la Tabla II se reflejan las carreras con mayores tasas de empleo en España en el año 2014 entre titulados del curso 2009-2010 [24]. Es remarcable el hecho de que entre las diez primeras hay siete titulaciones pertenecientes al área de la ingeniería. Respecto a los salarios es importante destacar que, según la OCDE, los titulados en áreas de la ingeniería tienen salarios, en promedio, un 10 % superiores a los de otros titulados[4].

Sobre la relevancia de la electrónica se debe remarcar que se trata de una tecnología que en la actualidad da soporte a cualquier rama de la ingeniería. Es interesante presentar sencillos ejemplos de sistemas electrónicos que sean familiares para los estudiantes. Por ejemplo, las descripciones de los bloques que componen un sistema de monitorización de constantes vitales (temperatura, respiración, pulso, tensión arterial, etc.) o de un sencillo termostato. A partir de estos ejemplos se deben comentar los bloques claves (amplificadores, comparadores, filtros) que están presentes en multitud de sistemas electrónicos y servirán de base para el resto de actividades que se propondrán.

Adicionalmente en esta actividad se deben presentar los recursos que, en función del formato elegido para cada experiencia, pueden ser utilizados en las demás actividades. En primer lugar se realizará una demostración sobre el funcionamiento básico de la plataforma eLab3D [25]. Esta plataforma integra un laboratorio remoto de electrónica en el

TABLA II

TITULACIONES CON MAYORES TASAS DE EMPLEO. AÑO 2014
(TITULADOS EN EL CURSO 2009-2010)

Carreras universitarias	Tasa de Empleo (%)	Tasa de paro (%)
Ingeniero en Electrónica	98,0	1,4
Licenciado en Medicina	97,7	0,6
Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial	96,2	0,0
Ingeniero Aeronáutico	96,0	2,8
Ingeniero Naval y Océánico	94,6	5,4
Ingeniero en Informática	93,4	3,8
Licenciado en Investigación y Técnicas de Mercado	92,3	4,4
Ingeniero de Telecomunicación	91,7	5,0
Ingeniero Industrial	91,7	7,0
Licenciado en Máquinas Navales	91,3	5,7

que los usuarios, mediante sus avatares en un mundo virtual 3D, pueden realizar el montaje y prueba real de circuitos electrónicos de forma idéntica a como se haría en un laboratorio tradicional. Un vídeo mostrando el funcionamiento básico de la plataforma eLab3D se puede consultar en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=e8S5FM3o8AA>

En segundo lugar se deben especificar las prestaciones de los recursos hardware reales que se utilizarán. Si la experiencia con los estudiantes se desarrolla en un laboratorio tradicional de un centro universitario se comentarán las funcionalidades básicas de los diferentes instrumentos de excitación y medida que se vayan a usar. Si la experiencia se desarrolla en un local de un centro de enseñanza secundaria se comentarán las funcionalidades de la placa DTE UPM, mostrada en la Fig. 1, y del multímetro de mano que se facilitará a cada grupo de estudiantes.

A. Actividad 2

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de circuitos muy básicos utilizando resistores y condensadores. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Aplicar la Ley de Ohm para el cálculo teórico de corrientes y voltajes en los circuitos.
- Manejar un multímetro para medir voltajes y corrientes.
- Realizar una valoración sobre el funcionamiento del circuito real comparando los resultados prácticos obtenidos con los teóricos.
- Comprobar la capacidad de almacenar energía de un condensador

Los ejercicios que se deben realizar de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. Análisis teórico de un circuito con tres resistores conectados en serie determinando los valores de la resistencia total, corriente que circula por el circuito y voltaje de salida.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje del circuito analizado y se verificará su funcionamiento realizando las medidas necesarias con el multímetro. En la Fig. 2 se muestra una imagen con el montaje a realizar sobre la placa de pruebas, la conexión del voltaje de entrada al circuito proveniente de la fuente de alimentación y la medida de voltaje a obtener con el multímetro en la salida del circuito.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizarán las mismas acciones descritas en el apartado anterior. A modo de ejemplo, en la Fig. 3 se muestra el montaje a realizar con la placa DTE UPM, la placa de pruebas y el multímetro.
4. Prueba de ingenio en la que los estudiantes deberán obtener el valor de un resistor desconocido colocado en el circuito realizando las medidas de corriente y voltaje que consideren oportunas.
5. Experimento basado en un circuito que incluye un condensador y un LED. Permite observar la descarga de la energía que previamente se ha almacenado en el condensador.

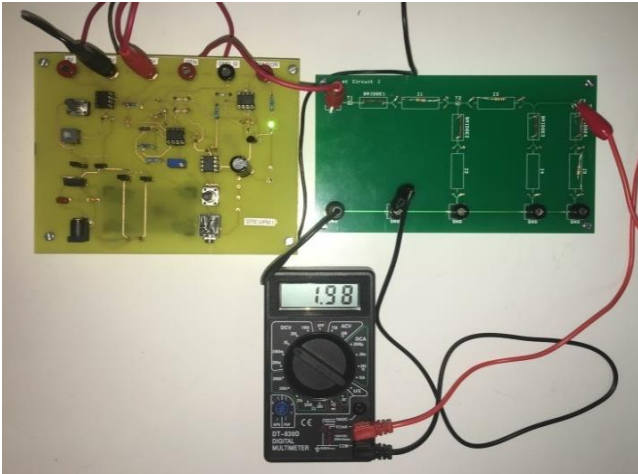


Fig. 2. Montaje y prueba del circuito con resistores con eLab3D



Fig. 3. Montaje y prueba del circuito con resistores con placa DTEUPM

B. Actividad 3

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de circuitos muy básicos centrados en un amplificador. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Entender el fenómeno de la amplificación y su necesidad en los sistemas electrónicos.
- Implementar un sencillo amplificador, basado en amplificador operacional, con ganancia configurable mediante resistores.

Los ejercicios que se deben realizar de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. Cálculo de la ganancia teórica de un sencillo circuito amplificador basado en un amplificador operacional.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento del circuito amplificador. Se podrá elegir si la excitación de entrada al amplificador es un voltaje alterno o continuo.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizarán las mismas acciones que en el apartado anterior. Adicionalmente, con la intención de incrementar la atención y motivación de los estudiantes se realizará un experimento que permite, utilizando el amplificador de audio integrado en la placa DTE UPM, amplificar la señal de audio procedente de la salida para los auriculares de un teléfono móvil y escuchar el sonido en un altavoz que se les facilita.

C. Actividad 4

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de circuitos comparadores. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Entender la función de los comparadores y su utilidad en diferentes sistemas electrónicos.
- Implementar un sencillo circuito comparador mediante un amplificador operacional.

Los ejercicios que se deben realizar de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento de un circuito comparador básico, utilizando un amplificador operacional en lazo abierto. Se conectará en una entrada del comparador una señal triangular de 3V de amplitud y la otra se conectará a masa. En la salida del comparador se observará la salida saturada del amplificador operacional indicando cuándo la señal triangular es mayor o menor de 0V.
2. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizará el montaje y verificación de un circuito que comparará un voltaje de referencia y el voltaje que proporciona un sensor de temperatura. Un LED a la salida del circuito comparador indicará si el voltaje procedente del sensor es superior o no al voltaje de referencia. Los estudiantes podrán verificar el funcionamiento del circuito tocando con el dedo el sensor de temperatura y girando un potenciómetro que controla el voltaje de referencia. Un reto muy sencillo que se les propondrá es que determinen la temperatura del local en el que están trabajando haciendo uso del multímetro.

D. Actividad 5

Esta actividad incluye varios ejercicios relacionados con el análisis y verificación del funcionamiento de filtros básicos. Con ellos se pretende que los estudiantes alcancen los siguientes objetivos:

- Entender la función de los filtros básicos y su utilidad en múltiples aplicaciones electrónicas.
- Implementar un filtro paso bajo mediante un resistor y un condensador.

Los ejercicios que se realizarán de forma guiada con los grupos de estudiantes serán los siguientes:

1. Comprensión mediante una aplicación didáctica desarrollada con el entorno de programación LabVIEW de National Instruments de la función básica de los filtros paso bajo, alto y banda. Con dicha aplicación los estudiantes podrán observar de forma gráfica, a nivel temporal y frecuencial, la acción que realizan los diferentes tipos de filtros sobre diferentes señales analógicas.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento de un filtro paso bajo compuesto por dos resistores en serie y un condensador. Se realizarán varias pruebas cambiando la frecuencia de la señal sinusoidal de entrada y midiendo la señal obtenida a la salida del filtro. Se podrán comparar los resultados obtenidos con los que se hayan obtenido con la aplicación software utilizada anteriormente.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizará el montaje y verificación de un filtro paso bajo basado en

un resistor y un condensador. Si se dispone de generador de señal y osciloscopio se podrán realizar las mismas acciones que se han llevado a cabo con la plataforma eLab3D. Si se trabaja con la placa DTE UPM sólo se dispondrá de una señal sinusoidal de amplitud y frecuencia fijas. Ante esta limitación el efecto de filtrado se comprobará cambiando los condensadores y, por tanto, la frecuencia de corte de los filtros. Para cada filtro y conectada la misma señal de entrada a cada uno de ellos, se medirá el valor eficaz de la señal de salida con el multímetro.

IV. EXPERIENCIAS REALIZADAS

Entre las iniciativas planteadas en el proyecto “Fomento de las Vocaciones Tecnológicas” de la UPM se incluyó el proyecto de innovación educativa “UPM para Jóvenes: una mirada hacia el futuro” que tenía entre sus objetivos la creación de actividades de divulgación para fomentar el interés de los estudiantes de secundaria en las siguientes áreas científico-técnicas: ciencias básicas, agroforestal, mecánica y tecnologías industriales, arquitectura, obra civil y TIC.

En el marco del área TIC se planificaron cuatro experiencias, en colaboración con los profesores de los centros de secundaria de la Comunidad de Madrid participantes, con el siguiente formato:

- Duración y lugar de realización: Una sesión de cuatro horas en el instituto y otra sesión de dos horas en uno de los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación (ETSIST).
- Dirigida a estudiantes de cuarto de la ESO, primero de bachillerato y ciclos formativos de grado superior (CFGS).
- Actividades elegidas del catálogo: Actividades 1 y 2.

Al tener las experiencias un formato mixto respecto al lugar de realización y también una temporización repartida en dos sesiones fue necesario adaptar la forma de llevar a cabo los ejercicios definidos en las actividades seleccionadas. La primera sesión fue llevada a cabo por parte de los profesores de secundaria participantes y en ella se realizaron las siguientes tareas:

- Explicación del funcionamiento básico de la plataforma eLab3D.
- Ejercicios 1 y 2 especificados en la Actividad 2.

La segunda sesión en la ETSIST fue llevada a cabo por un profesor del Departamento Ingeniería Telemática y Electrónica, un profesor del centro de secundaria participante y un estudiante de último curso de la Titulación de grado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones. Incluyó las siguientes tareas:

- Presentación reflejando el papel fundamental de los ingenieros en la sociedad.
- Ejercicios 3 y 4 especificados en la Actividad 2.

Tras la realización de las experiencias los estudiantes de los centros, 115 en total, realizaron una encuesta. Dicha encuesta fue propuesta de forma genérica en el marco del proyecto para todas las áreas científico-técnicas, y en su elaboración no pudieron participar los autores de este artículo. Las cuestiones más relevantes, incluidas en la

encuesta, atendiendo a la utilidad de las experiencias fueron las siguientes:

1. ¿Te ha permitido la experiencia conocer mejor los estudios de ingeniería?
2. ¿Te han permitido las actividades realizadas conocer mejor qué hacen los ingenieros?
3. ¿La realización de la experiencia te ha motivado a estudiar en el futuro en la UPM?

Las opiniones reflejadas por los estudiantes de cada centro a las cuestiones se muestran en la Tabla III. Los resultados que se obtuvieron fueron considerados muy positivos ya que la mayoría de estudiantes reconoció tener una idea más clara sobre la actividad de los ingenieros y un 40% de los estudiantes manifestó haberse sentido motivado para estudiar en el futuro en una titulación de grado de la UPM. Las diferencias de motivación entre estudiantes de bachillerato y 4º de la ESO se pudieron justificar por el perfil de los mismos. Los estudiantes de bachillerato que participaron en la experiencia eran de la modalidad de ciencias mientras que entre los estudiantes de 4º de la ESO predominaron, según indicaron los profesores de cada instituto, los que tenían un interés ya declarado por estudios relacionados con la rama de letras o ciencias de la salud. Respecto a los estudiantes del CFGS hay que destacar que algunos reflejaron como impedimento para cursar futuros estudios universitarios la edad y motivos económicos.

Respecto a las experiencias desarrolladas en el marco del Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas financiado por la Fundación Universidad-Empresa (FUE), hay que señalar que se planificaron para ser llevadas a cabo en los propios centros de enseñanza secundaria. Se diseñaron con una duración de cuatro horas incluyendo las actividades del catálogo 1, 2 y 3, siendo las actividades 4 y 5 optativas en función del curso al que pertenecían los estudiantes participantes. Las opiniones de los estudiantes a las mismas cuestiones planteadas en las experiencias previas se muestran en la Tabla IV. Los resultados obtenidos muestran una variación, respecto a las experiencias anteriores, que indica que el formato que se planificó puede ser más eficaz a la hora de conseguir incrementar las vocaciones tecnológicas de los estudiantes.

Por último, es interesante destacar los siguientes aspectos asociados a las experiencias realizadas: El seguimiento de las actividades desarrolladas por los estudiantes, trabajando en grupos, fue muy alto. La continua supervisión de los profesores y la incorporación de competiciones influyeron de forma decisiva en el aprovechamiento del tiempo dedicado a las diferentes actividades.

- La mayoría de los estudiantes que participaron en todas las experiencias valoraron de forma muy positiva los recursos puestos a su alcance, a los cuales la mayoría de ellos no tiene acceso en sus centros de enseñanza.
- La opinión de los profesores también fue muy positiva, siendo remarcable que entre los que participaron en ambas experiencias, se prefiriese el formato de experiencia realizado en los centros de secundaria ya que se evitaron los problemas asociados al transporte de los estudiantes a la universidad y apenas se perturbó el ritmo de clases en los centros.

TABLA III
RESULTADOS EXPERIENCIAS PROYECTO FOMENTO DE LAS VOCACIONES
TECNOLÓGICAS (UPM). CURSO 2014-2015

	Cuestión 1			Cuestión 2			Cuestión 3		
	Si	No	N C	Si	No	N C	Si	No	N C
IES García Morato (1º Bach.)	13	0	0	13	0	0	12	1	0
IES María Zambrano (4º ESO)	48	1	0	43	6	0	23	22	4
Colegio Luyferivas (4º ESO)	36	7	0	38	5	0	8	35	0
IES Satafi (CFGSMant.Electrónico)	9	1	0	7	3	0	3	7	0
Total (%)	92	8	0	88	12	0	40	57	3

TABLA IV.
RESULTADOS EXPERIENCIAS PROGRAMA FOMENTO DE LAS VOCACIONES
TECNOLÓGICAS (FUE). CURSO 2015-2016

	Cuestión 1			Cuestión 2			Cuestión 3		
	Si	No	N C	Si	No	N C	Si	No	N C
IES García Morato (1º Bach.)	14	0	0	14	0	0	11	3	0
IES María Zambrano (4º ESO)	21	2	0	23	0	0	15	8	0
Colegio Luyferivas (4º ESO)	32	0	0	32	0	0	10	20	2
IES Villablanca (1º Bach. y 4º ESO)	31	0	0	28	3	0	17	14	0
Total (%)	98	2	0	97	3	0	53	45	2

V. CONCLUSIONES

La necesidad de incrementar el interés de los estudiantes de enseñanza secundaria por las carreras universitarias en el área de la ingeniería está provocando que numerosas instituciones estén llevando a cabo diversas líneas de actuación vinculadas al fomento de las vocaciones tecnológicas entre los jóvenes.

Entre las diferentes acciones que se están ejecutando, una de las más valoradas por profesores y estudiantes, es la que se centra en la realización de talleres con actividades prácticas en las que se participa de forma muy activa, incluyendo competiciones y explicaciones didácticas motivantes y de corta duración.

Este tipo de acciones divulgativas ha sido llevado a cabo en varias experiencias organizadas por profesores de la Universidad Politécnica de Madrid. Las experiencias desarrolladas han incluido varias actividades relacionadas con el área de la electrónica, en ellas se han utilizado recursos novedosos como la plataforma eLab3D y han sido planificadas atendiendo a una serie de recomendaciones con el objetivo de captar el interés y motivar a los estudiantes. Bajo el punto de vista de los autores la incorporación de dichas recomendaciones en las experiencias de divulgación puede resultar de notable interés para aumentar la eficacia de las experiencias que se planifiquen en el futuro.

Por último, se puede considerar, atendiendo a los resultados de las encuestas realizadas por los estudiantes participantes y a las opiniones vertidas por los profesores de

educación secundaria, que acciones de divulgación como las llevadas a cabo pueden tener una incidencia positiva en la promoción de los estudios de ingeniería entre los jóvenes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento por la colaboración prestada en la realización de las diferentes experiencias a los profesores Jose Manuel González del IES María Zambrano de Leganés (Madrid), Olga López del IES García Morato de Madrid, Julio Medina del IES Satafi de Getafe (Madrid), Inmaculada Gútiérrez del IES Villablanca de Madrid y José García del Colegio Luyferivas de Rivas Vaciamadrid (Madrid).

Las experiencias desarrolladas han sido posibles gracias a los proyectos IE1415-59001, PT1415-05001, PT1415-03005, vinculados a las convocatorias de "Ayudas a la innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza" de la Universidad Politécnica de Madrid y al Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas en la Comunidad de Madrid financiado por la Fundación Universidad-Empresa

REFERENCIAS

- [1] *EU Skills Panorama (2014) STEM skills Analytical Highlight*, ICF and Cedefop, 2015. Available: http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/sites/default/files/EUSP_AH_STEM_0.pdf
- [2] M. Abdulwahed, S. Ghani, M. O. Hasna and A. Hamouda, "Life is engineering program: Impact of an engineering outreach project in K-12," *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Berlin, pp. 827-833, 2013.
- [3] *Datos y cifras del sistema universitario español. Curso 2015/2016*, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016.
- [4] *Education at a Glance 2016: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, 2016.
- [5] P. Aschbacher, M. Ing, and S. Tsai, "Is science me? Exploring middle school students' STE-M career aspirations," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 23, no. 6, pp. 735-743, Dec. 2014
- [6] *ASPIRES. Young people's science and career aspirations, age 10-14*, King's College London, 2013. Available: <https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/ASPIRES-final-report-December-2013.pdf>
- [7] M. A. Manassero, Á. Vázquez, "La elección de estudios superiores científico-técnicos: análisis de algunos factores determinantes en seis países," *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 12no. 2, pp. 264-277, 2015.
- [8] *Estudio sobre vocaciones científicas. ¿Cómo podemos estimular una mente científica?*, Obra Social "la Caixa", Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y Everis, 2015.
- [9] P. Martínez-Jimenez, L. Salas-Morera, G. Pedros-Perez, A. J. Cubero-Atienza and M. Varo-Martinez, "OPEE: An Outreach Project for Engineering Education," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 96-104, Feb. 2010.
- [10] F.S. Becker, "Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions," *European Journal of Engineering Education*, vol. 35, no. 4, pp. 349-366, Aug. 2010.
- [11] inGenious: the European Coordinating Body in Science, Technology, Engineering and Maths education. [Online]. Available: <http://www.ingenious-science.eu/web/guest/about>
- [12] Go-Lab Project. [Online]. Available: <http://www.go-lab-project.eu/>
- [13] FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology). [Online]. Available: <http://www.firstinspires.org/about/vision-and-mission>
- [14] Outreach@MIT [Online]. Available: <https://outreach.mit.edu/>
- [15] Try Engineering [Online]. Available: <http://tryengineering.org/>
- [16] C. Bachiller Martín and J. Alberto Conejero, "Telecochips: Promoting Telecommunications and Electronic Engineering Among Young Students," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, no. 2, pp. 63-70, May 2016.

- [17] A. J. Lopez-Martin, "Attracting Prospective Engineering Students in the Emerging European Space for Higher Education," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 46-52, Feb. 2010.
- [18] P. G. LoPresti, T. W. Manikas and J. G. Kohlbeck, "An Electrical Engineering Summer Academy for Middle School and High School Students," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 18-25, Feb. 2010
- [19] C. E. Davis, M. B. Yeary and J. J. Sluss, "Reversing the Trend of Engineering Enrollment Declines With Innovative Outreach, Recruiting, and Retention Programs," *IEEE Transactions on Education*, vol. 55, no. 2, pp. 157-163, May 2012
- [20] C. R. Smaill, "The Implementation and Evaluation of a University-Based Outreach Laboratory Program in Electrical Engineering," *IEEE Transactions on Education*, vol. 53, no. 1, pp. 12-17, Feb. 2010.
- [21] S. López, A. Carpeño, J. Arriaga, M. Ruiz and A. Martín, "Experiencias para el Fomento de las Vocaciones Tecnológicas entre Estudiantes de EEMM," in *Proc. XII Congreso TAAE (TAAE 2016)*, Sevilla, pp.122-129, 2016.
- [22] J. Osborne and J. Dillon, "Science Education in Europe: Critical Reflections", Nuffield Foundation, 2008.
- [23] P. Paderewski, M. García-Arenas, R. Gil-Iranzo, C. González-González, E. M. Ortigosa y N. Padilla-Zea, "Iniciativas y Estrategias para Acercar a las Mujeres a las Ingenierías TICs," *VAEP-RITA*, vol. 4, no. 3, pp. 141-149, Sep. 2016.
- [24] *Encuesta de Inserción Laboral de Titulados Universitarios 2014*, Instituto Nacional de Estadística, 2016. Available: <http://www.ine.es/prensa/np957.pdf>
- [25] S. López, A. Carpeño and J. Arriaga, "Remote Laboratory eLab3D: A Complementary Resource in Engineering Education," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol.10, no.3, pp.160-167, Aug. 2015.

Sergio López Gregorio. Ingeniero Técnico de Telecomunicación (1992) y Doctor (2015) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Profesor hasta 2014 del departamento Sistemas Electrónicos y de Control de la UPM. Actualmente profesor del departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica de la UPM. Miembro del Grupo de innovación educativa GIMAE (Grupo de innovación en Metodologías para el Aprendizaje de la Electrónica) de la UPM. Vocal de la Asociación TAAE (Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica). Líneas de interés educativo e investigación: laboratorios virtuales y remotos, aprendizaje online en el área de la ingeniería electrónica, sistemas automáticos de medida.

Antonio Carpeño Ruiz. Ingeniero Técnico de Telecomunicación (1991) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Complutense de Madrid (2008). Profesor hasta 2014 del departamento Sistemas Electrónicos y de Control de la UPM. Actualmente profesor del departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica de la UPM. Coordinador del Grupo de innovación educativa GIMAE (Grupo de innovación en Metodologías para el Aprendizaje de la Electrónica) de la UPM. Miembro del grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada de la UPM. Líneas de interés: laboratorios remotos, microprocesadores, aplicaciones basadas en SoC y Linux embebido, aprendizaje online.

Jesús Arriaga García de Andoain. Ingeniero de Telecomunicación (1980) y Doctor (1996) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Profesor hasta el año 2015 de los departamentos de Sistemas Electrónicos y de Control e Ingeniería Telemática y Electrónica de la UPM. Ha sido adjunto al Vicerrector de Planificación Académica y Estratégica de la UPM durante ocho años. Ha sido Presidente de la Asociación TAAE (Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica). Líneas de interés: TICs en el proceso educativo, evaluación de la calidad de enseñanza en la educación superior y aprendizaje online.

Mariano Ruiz González. Ingeniero Técnico de Telecomunicación (1989) e Ingeniero de Telecomunicación (1997) por la Universidad Politécnica de Madrid. Doctor por la misma universidad 2002. Desde 1989 hasta 2014 ha sido profesor del departamento de sistemas electrónicos y de control. Actualmente forma parte del departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica. Imparte asignaturas relacionadas con electrónica analógica y digital, los microprocesadores, DSPs, FPGAs, SOC y los sistemas de instrumentación avanzados. En cuanto a la investigación es miembro del grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada y desarrollador del grupo de CODAC (Control and Data Acquisition) del proyecto internacional que construye el reactor de fusión termonuclear ITER.

Alejandro Martín Lozano Graduado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones (2016) por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), realizando un año académico en la Universidad Akademia Górniczo-Hutnicza de Cracovia (Polonia). Becado desde el 2015 por la UPM para colaborar en el proyecto de Laboratorios Virtuales de la UPM.

Aprendizaje Práctico de Sistemas Electrónicos Digitales a través de Proyectos Semiguidados

Camilo Quintáns, José Fariña, *Member, IEEE*, y Juan J. Rodríguez-Andina, *Senior Member, IEEE*

Title—Hands-on Learning of Digital Systems through Semi-Guided Projects

Abstract—This article presents the application of Project-Based Learning to the course “Digital Electronic Systems”, taught in the fourth year of the Industrial Electronics and Automation Engineering Degree (B.Eng.) at Universidad de Vigo, Spain. The lab assignments and the working methodology are based on two semi-guided projects developed through an incremental process, in which the target systems are progressively provided with additional functionalities. To do that, students must combine predefined circuits with others designed by them, until a final prototype is obtained. To address timing and materials constraints, students are provided at the beginning of the course with all required hardware components, as well as with detailed information regarding the tasks to be performed before, during and after each of the laboratory sessions. Tasks evolve from fully guided to mostly autonomous ones. Assessment results are also presented and discussed.

Index Terms—Digital circuits, Digital systems, Electronics engineering education, Field Programmable Gate Arrays, Microcontrollers, Project-based learning.

I. INTRODUCCIÓN

ESTE artículo es una versión mejorada del presentado en ETAAE 2016 [1], sobre la aplicación de PBL (*Project Based Learning*) [2]-[4] a las prácticas de la asignatura Sistemas Electrónicos Digitales (SED) en la Universidad de Vigo. En esta versión se ha mejorado la contextualización del trabajo y la descripción de la metodología, y se han ampliado los resultados con los del curso 16/17.

La asignatura de SED se sitúa en cuarto curso del Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, y es continuación de la asignatura Electrónica Digital y Microcontroladores de tercer curso. En la parte práctica de SED se realizan dos proyectos semiguidados: un regulador de velocidad angular basado en μC (microcontrolador), y un sistema de procesamiento digital en tiempo real basado en FPGA (*Field Programmable Gate Array*).

La principal contribución del trabajo es la adecuación de las actividades de SED para que se alcancen los objetivos de aprendizaje con una baja presencialidad de laboratorio. Los aspectos más importantes tenidos en cuenta son:

- Aprovechar las ventajas de la metodología PBL y la orientación multidisciplinar para aprender contenidos de electrónica aplicados al control de procesos.
- La disponibilidad de recursos materiales y de tiempo.
- El tamaño de los grupos de laboratorio, el reparto de horas entre sesiones teóricas y prácticas, y la coordinación entre ellas.
- El grado en que debe ser guiado el trabajo del alumno y el grado en que los recursos utilizados deben ser facilitados por el docente o desarrollados por el alumno.
- El reparto de tareas a realizar de forma presencial en el laboratorio o de forma autónoma por el alumno.
- La definición de las especificaciones, y la planificación y secuenciación de los objetivos y las tareas.
- El método de la evaluación, que debe ser tanto sumativa como formativa, para seguir el progreso del alumno.
- La opinión de los alumnos, para evaluar el plan de prácticas.

A. Contexto del Plan de Prácticas de SED

Como asignatura terminal, SED tiene por objetivo completar las competencias y habilidades del alumno para el diseño, análisis, simulación, depuración, prueba y mantenimiento de sistemas basados en μC y dispositivos reconfigurables (FPGAs).

Como objetivos generales de la titulación relacionados con SED se destaca la formación de profesionales de perfil técnico con conocimientos globales de la rama industrial y de la tecnología específica de Electrónica Industrial y Automática, con capacidad para liderar el desarrollo de proyectos y capacidad de adaptación. Además, el titulado debe poder aplicar sus conocimientos al diseño, desarrollo y mantenimiento de circuitos electrónicos y sistemas automáticos en procesos y productos industriales, y, además, en otros ámbitos no industriales.

Los principales contenidos que se estudian son [5], [6]: los periféricos de comunicación serie y de captura y comparación; los modos de funcionamiento de bajo consumo; los formatos numéricos y operadores matemáticos; las FPGAs y los lenguajes de descripción de hardware (HDLs); y aplicaciones para el control industrial.

Los principales resultados de aprendizaje son:

- Dominar los recursos especializados de un μC para tareas de control de procesos.
- Adquirir habilidades para el modelado y síntesis de circuitos electrónicos digitales con HDLs.
- Dominar las técnicas de implementación de sistemas digitales complejos con FPGAs.

C. Quintáns, J. Fariña, y J.J. Rodríguez-Andina son miembros del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Vigo, impartiendo docencia en la Escuela de Ingeniería Industrial de Vigo, Galicia, España (e-mail: {quintans, jfarina, jjrdguez}@uvigo.es, ORCID: 0000-0001-7254-6107, 0000-0002-7425-7541, 0000-0002-0919-1793).

Este artículo es la versión en español del publicado con DOI <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2735498>

El peso que tiene la asignatura en el currículo es de 5 créditos ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*), de los cuales un total de 18 horas corresponden a la docencia práctica presencial (horas de laboratorio) y 32,5 horas a clases magistrales. Las prácticas se distribuyen en 9 sesiones de 2 horas (5 para el Proyecto #1 y 4 para el #2).

B. La Metodología de las Prácticas de SED

El aprendizaje basado en proyectos o PBL es un caso particular del método basado en problemas, más adecuado para la enseñanza de la técnica. Se produce como resultado del esfuerzo que hacen los alumnos para desarrollar un proyecto en grupos con la guía del profesor [7]. Este método combina temas de distintas disciplinas y tiene una realización física. Se basa en el dicho de que “aprender de verdad se aprende haciendo”.

Por ello, en SED los alumnos se organizan en grupos de dos, y deben trabajar cooperativamente para alcanzar los objetivos [8]. Aprenden estrategias para resolver problemas reales a partir de los recursos disponibles: componentes hardware y software, que debe estudiar (hojas de datos y subrutinas de programa ya probadas), y herramientas de test y medida: osciloscopio, sonda lógica y AL (analizador lógico).

Los proyectos se denominan semiguidados porque el grado en que se guía al alumno en su trabajo se ha situado en un punto intermedio entre unas actividades totalmente controladas (estructuradas) y unas libres (abiertas) [9].

En las prácticas controladas, el alumno sigue de forma “automática” una guía con un proceso preestablecido, donde las dificultades y sus soluciones son predecibles. En las prácticas libres, menos formales, sólo se marcan objetivos, se establecen especificaciones y se delimitan recursos [10].

Los proyectos semiguidados responden a la idea de que en ingeniería es necesaria cierta rigidez para que los alumnos desarrollen capacidad de adaptación y, al mismo tiempo, cierta libertad para que desarrollen capacidad de innovación.

Otro aspecto importante es delimitar qué trabajo debe ser realizado totalmente por el alumno y cuál facilitado por el profesor. Para ello, es muy importante tener en cuenta la distribución de las tareas de cada práctica en los proyectos. Estas tareas constituyen un conjunto de actividades posibilitadoras o capacitadoras, ya que están integradas dentro de una unidad (práctica) del programa y se enfocan como fases preparatorias de la tarea final (el prototipo acabado).

Las tareas son de tres tipos: previas (de preparación de las prácticas), a realizar en el laboratorio y posteriores. Este reparto tiene que ver con el seguimiento del profesor, en el que se debe integrar la evaluación formativa, que influye en la calificación, además de servir para que el alumno aprenda de sus errores. Para ello, el profesor debe proporcionarle una retroalimentación.

En las metodologías PBL el sistema físico suele estar constituido por *kits* de desarrollo para soldar los componentes sobre una PCB [11], por una sola placa con todos los componentes ya instalados [12], o por una de estas placas combinada con otra de prototipos donde los alumnos prueban sus propios diseños [13].

La solución adoptada en las prácticas de SED combina el uso de placas de desarrollo comerciales con una placa de prototipos, en la que se insertan tanto componentes electrónicos como mecánicos. Para facilitar el trabajo autónomo de los alumnos y mejorar su autogestión, al inicio de cada proyecto se proporciona a cada grupo a modo de *kit* de desarrollo todo el material necesario, que queda a su disposición para poder avanzar sin restricciones de horario.

El objetivo global es que el alumno aprenda a realizar sistemas complejos utilizando módulos hardware y/o software ya probados, que debe combinar con otros que él mismo desarrolle. Para seguir esta metodología es importante utilizar un proceso de desarrollo incremental del proyecto, basado en componentes. Así, el alumno debe entender las especificaciones generales y las de cada componente, tanto si lo debe desarrollar como si lo va a reutilizar. Se trata de que comprenda tanto el funcionamiento interno de los módulos como su interfaz y especificaciones. Por ejemplo, en el caso de los módulos de programa facilitados, si se proporciona el código, se evalúa la realización del diagrama de flujo correspondiente. Y, si se pretende reforzar el conocimiento del lenguaje de programación, se facilita el diagrama de flujo y se evalúa su codificación.

El resto del artículo se estructura como sigue. Los dos proyectos del programa de prácticas de SED se describen en los apartados II y III, respectivamente. En el apartado IV se analizan los resultados de las valoraciones de los alumnos. Finalmente, en el apartado V se resumen las conclusiones.

II. PROYECTO #1: IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CC BASADO EN μC

En este proyecto se estudian los periféricos del μC utilizados para la realización de un regulador de velocidad de un motor de cc. En la Fig. 1 se muestra el hardware, que consta de una placa de prototipos y de una placa 44-Pin *Demo Board* (en adelante placa PICKit3) de Microchip, junto con el programador PICKit3 del mismo fabricante.

Los componentes principales en la placa de prototipos son (Fig. 2):

- Visualizador LCD alfanumérico modelo NHD-C0220BiZ, con bus I2C (*Inter-Integrated Circuit*).
- Condensadores de filtro para las alimentaciones.

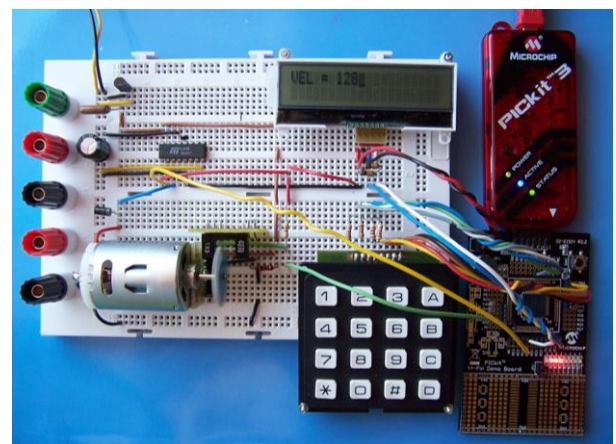


Fig. 1. Disposición de los componentes hardware del Proyecto #1

- Teclado matricial de 16 teclas modelo TC1440.
- Motor de cc de 12 V modelo RE-385, con diodos de libre circulación.
- Amplificador L293, para adaptar la salida PWM del μC al rango de corriente requerido por el motor.
- Sensor de velocidad optoelectrónico SX4070.
- Regulador lineal de tres terminales 78L05, para alimentar el amplificador y el sensor de velocidad.

Por su parte, los componentes en la placa PICKit3 son:

- Microcontrolador PIC18F45k20.
- Barra de 8 LEDs, utilizados para visualizar variables de 8 bits como, por ejemplo, velocidad del motor, consigna, etc.
- Resistencia ajustable, para generar la consigna.
- Pulsador, para generar eventos de control externos.
- Las especificaciones generales de funcionamiento son:
- El motor debe girar en un solo sentido y se alimenta con un regulador PWM.
- Las variables del programa se codifican con 8 bits.
- La consigna de velocidad la marca la posición del potenciómetro que está en la placa PICKit3.
- La velocidad y el estado (en marcha / parado) se deben mostrar en el visualizador.
- El controlador debe ser del tipo PI y la acción se debe saturar a 0 o 255.
- El tiempo de ciclo de programa del regulador debe ser de 0.5 s y coincidir con el periodo de muestreo del ADC del μC y con el tiempo de conteo de los pulsos del sensor de velocidad.
- En la versión final se debe utilizar el teclado para introducir las órdenes de marcha y de paro. Al conectar la alimentación, el sistema debe estar en el estado “parado” hasta que se pulse la tecla *. Si se pulsa la tecla #, se debe dejar de actuar sobre el motor y pasar al estado “parado”.
- En las pruebas finales se debe provocar una perturbación variando la tensión de alimentación VCC2 (Fig. 2) para comprobar cómo varía la actuación para corregir el error.

En la guía de cada práctica se proporciona toda la información necesaria para que el alumno avance de forma más o menos controlada. Se indican las tareas previas, las presenciales y las posteriores. Las tareas comienzan con un alto grado de guiado y terminan con un alto grado de libertad. Como mínimo, en las tareas posteriores los alumnos deben contestar a las cuestiones planteadas y realizar el diagrama de flujo de los módulos de código que se les proporcionan.

En cuanto a los objetivos de aprendizaje, los dos siguientes son comunes a todas las prácticas del Proyecto #1:

- Saber interpretar esquemas electrónicos y tener capacidad para montarlos físicamente en una placa de prototipos.
- Saber documentar programas mediante diagramas de flujo y comentarios en línea.

A continuación se describen las distintas prácticas en las que se estructura el Proyecto #1.

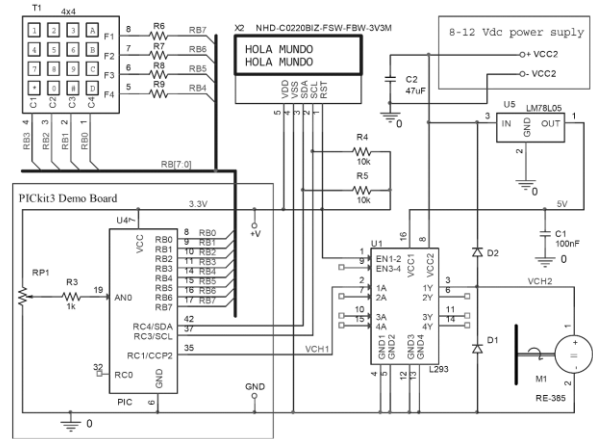


Fig. 2. Esquema eléctrico del Proyecto #1 facilitado a los alumnos.

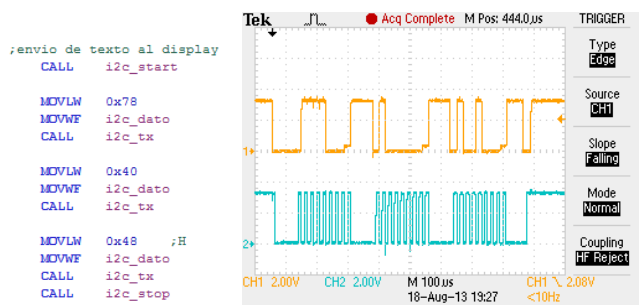
A. Práctica 1: Comunicación Serie con el μC . Conexión de un Visualizador a través del Bus I2C.

Los objetivos específicos de aprendizaje son:

- Conocer el funcionamiento de la comunicación serie síncrona.
- Saber programar el módulo de comunicación del μC en modo máster I2C.
- Saber programar un visualizador alfanumérico, tanto para inicializarlo como para enviar datos para su representación.
- Conocer las técnicas de depuración utilizando el osciloscopio digital y el analizador lógico.

La distribución general de las tareas (T) es la siguiente:

- T1.1: Estudio de la unidad de acoplamiento serie del μC .
- T1.2: Programación de una subrutina que envíe datos a través del bus I2C. Se proporcionan al alumno subrutinas para el control de la comunicación.
- T1.3: Conexión serie I2C de un visualizador alfanumérico al μC . Se estudian los comandos de control del visualizador, se conecta éste al μC y se prueba con un ejemplo facilitado por el profesor.
- T1.4: Monitorización del bus I2C con el osciloscopio. El alumno debe capturar una trama correspondiente al envío de un carácter (Fig. 3).
- T1.5: Repetición de la tarea anterior utilizando el analizador lógico.
- T1.6: Prueba de un programa que escriba un mensaje de bienvenida en el visualizador. A continuación, el alumno debe realizar una tarea libre para demostrar que ha trabajado las anteriores: crear un programa que escriba los números del 0 al 9 con una cadencia de 0.5 s.



(a) (b)

Fig. 3. Envío de un carácter al visualizador: (a) Código ensamblador. (b) Captura de la trama I2C con el osciloscopio: CH1 datos y CH2 reloj.

En las tareas posteriores se debe incluir la entrega de la captura del analizador lógico de la T1.5, así como el código comentado y el diagrama de flujo del programa realizado en la T1.6.

B. Práctica 2: Control de Entrada y Salida de Usuario por medio de un Teclado y un Visualizador.

En esta práctica se estudia el modo de acoplamiento del teclado matricial al μC . Se debe integrar con el uso del visualizador de la Práctica 1 haciendo uso del diseño modular incluyendo en el programa los módulos ya probados. Los objetivos específicos de aprendizaje son: comprender el funcionamiento de un teclado matricial, y saber integrar en un nuevo programa subrutinas ya probadas.

El reparto de las tareas es el siguiente:

T2.1: Estudiar la conexión de un teclado matricial.

T2.2: Diseñar e implementar un algoritmo de exploración del teclado y un decodificador de las teclas pulsadas.

T2.3: Hacer un programa para el μC que escriba en el visualizador las teclas que se pulsan en el teclado.

C. Práctica 3: Regulación de Velocidad en Bucle Abierto de un Motor de cc con un Control PWM

En esta práctica se estudia el funcionamiento del periférico de captura y comparación del μC en modo PWM. Como ejemplo, se muestra un oscilograma con las señales que debe monitorizar el alumno (Fig. 4).

El programa principal debe estar en una rutina de interrupción que se ejecuta con el periodo de trabajo del regulador (0.5 s). Esta rutina la deben codificar los alumnos a partir de un diagrama de flujo proporcionado por el profesor.

Los objetivos específicos de aprendizaje son:

- Comprender el funcionamiento del módulo de captura y comparación del μC en modo PWM.
- Asentar conocimientos de programación de temporizadores/contadores, ADCs y rutinas de interrupción.

El reparto de las tareas es el siguiente:

T3.1: Estudio de la unidad de captura y comparación del μC en modo PWM.

T3.2: Programación de una subrutina de inicialización de la unidad de captura y comparación.

T3.3: Control del motor en bucle abierto. Programación del ADC para convertir la señal analógica del potenciómetro en una señal digital de consigna de velocidad.

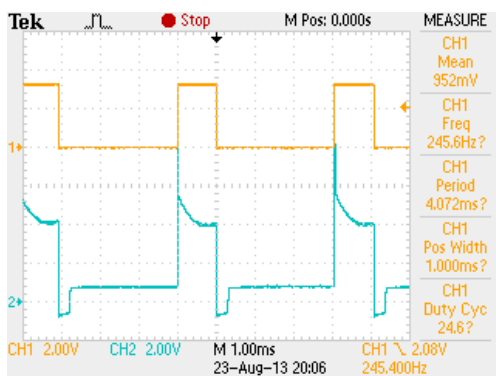


Fig. 4. Oscilogramas de las salidas del PWM del μC y del amplificador.

T3.4: Realización de las conexiones de la salida del modulador PWM, del amplificador de corriente y del motor, visualización de la señal PWM y medida de su valor medio.

D. Práctica 4: Medida de Velocidad mediante un Sensor que Genera Impulsos de Frecuencia Variable

Esta práctica complementa la anterior, introduciendo la medida de velocidad en el sistema de control del motor. Para ello, se realizan las conexiones de los nuevos elementos en la placa de prototipos, se programa una rutina de inicialización del temporizador 1 como contador y se amplía la funcionalidad de la rutina de interrupción. Los objetivos específicos de aprendizaje son:

- Comprender el funcionamiento de un sensor optoelectrónico de barrera y saber acoplarlo a un μC .
- Saber medir una velocidad en base al contaje de impulsos.
- Saber programar un periférico del μC como contador de eventos externos.

El reparto de las tareas es el siguiente:

T4.1: Estudio de la medida de la velocidad del motor por medio de una señal de impulsos que proporciona un sensor optoelectrónico de barrera.

T4.2: Programación de una subrutina que implemente un convertidor frecuencia a tensión que utilice los temporizadores del μC para convertir la frecuencia de los impulsos a un valor binario.

E. Práctica 5: Regulación de Velocidad en Bucle Cerrado

El principal avance de esta práctica consiste en cerrar el bucle de control mediante una realimentación negativa de la velocidad (Fig. 5). Los alumnos deben codificar los diagramas de flujo del regulador (Fig. 6) y de la versión final del programa principal que les son proporcionados por el profesor.

Los objetivos específicos de aprendizaje son:

- Tener capacidad para desarrollar un sistema hardware y software de complejidad media combinando módulos ya probados e integrando otros de nuevo diseño.
- Saber convertir datos en formato binario a BCD.
- Saber implementar un regulador básico de tipo PI que controle un proceso real con un μC .

El reparto de las tareas es el siguiente:

T5.1: Codificación de un regulador en bucle cerrado del tipo PI a partir de un diagrama de flujo. Integración en el proyecto de las subrutinas desarrolladas en las tareas anteriores.

T5.2: Conexión del visualizador para mostrar, por ejemplo, la consigna, la velocidad, el error y la señal de salida del regulador (la entrada del actuador).

T5.3: Conexión del teclado para introducir la consigna de velocidad y las órdenes de marcha y paro.

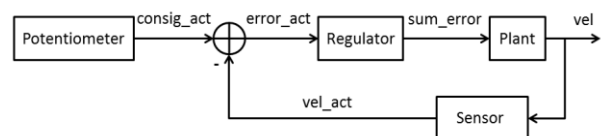


Fig. 5. Esquema funcional del regulador digital.

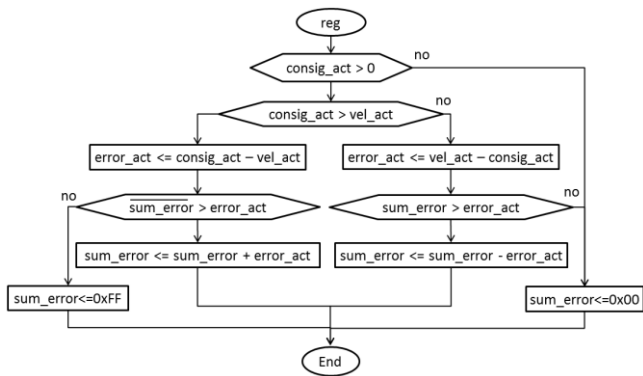


Fig. 6. Diagrama de flujo del regulador.

III. PROYECTO #2: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, PROCESADO Y GENERACIÓN DE DATOS BASADO EN FPGA

En este proyecto se implementa un sistema basado en FPGA con capacidad para procesar digitalmente una señal analógica. Como objetivo de aprendizaje, se debe adquirir un conocimiento práctico sobre el desarrollo de sistemas digitales de complejidad media implementados en FPGA y circuitos auxiliares externos. La FPGA utilizada es una Cyclone III, incluida en la placa de desarrollo DE0, y como periféricos se utilizan un ADC (MCP3001) y un DAC (MCP4911) insertados en la placa de prototipos (Fig. 7).

Con el fin de complementar el tema de comunicación serie síncrona tras estudiar el bus I2C en el Proyecto #1, en el Proyecto #2 se utiliza la comunicación serie SPI (*Serial Peripheral Interface*) para acoplar los periféricos.

Otro objetivo que complementa el Proyecto #1 es que los alumnos deben dibujar los esquemas de los montajes, que en el Proyecto #1 se proporciona como elemento de partida. Por tanto, además de describir en VHDL los circuitos que se implementan en la FPGA, deben dibujar esquemas eléctricos de los sistemas completos.

Al igual que en el caso anterior, las prácticas siguen un proceso incremental en el que se va dotando de funcionalidades nuevas al sistema. Los objetivos comunes a todas las prácticas son:

- Saber extraer información de las hojas de características de los circuitos para poder integrarlos en un sistema.
- Realizar sistemas con diseños jerárquicos.
- Saber simular y comprobar componentes y sistemas.

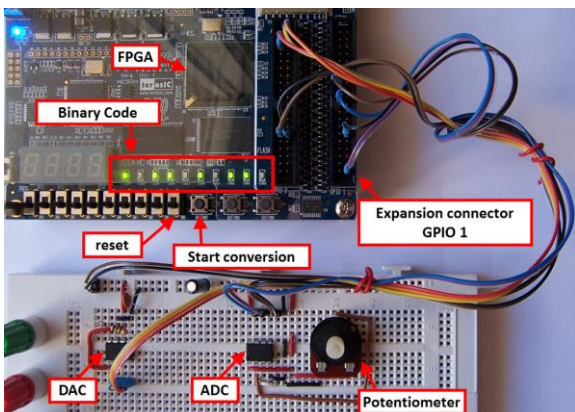


Fig. 7. Placas DE0 y de prototipos.

- Asignar terminales y utilizar circuitos externos conectados a la FPGA.
- Resolver problemas de sistemas digitales complejos reutilizando módulos ya probados.
- Saber realizar prototipos de sistemas digitales.

A. Práctica 6: Diseño e Implementación de una Unidad de Acoplamiento Serie SPI para un ADC

En esta práctica, se acopla a la FPGA mediante un ADC de 10 bits una señal analógica, obtenida con un potenciómetro, y la combinación digital resultante se visualiza en los LEDs de la placa DE0. Cada vez que se presiona el pulsador de inicio de conversión se debe realizar una adquisición.

Los objetivos específicos de aprendizaje son:

- Repasar el proceso de implementación de sistemas digitales en una FPGA.
- Comprender el funcionamiento y los parámetros de funcionamiento de un ADC.
- Comprender el funcionamiento de un controlador de un circuito externo conectado a la FPGA mediante SPI.
- Saber conectar un circuito ADC a un procesador digital en un prototipo de sistema digital.

El reparto de las tareas es el siguiente:

T6.1: Estudio de un módulo de control de la comunicación SPI y del formato de datos.

T6.2: Estudio del diseño e implementación de un módulo de control SPI para conexión a un ADC.

T6.3: Captura de una entrada analógica con un circuito ADC con interfaz SPI.

T6.4: Monitorización del puerto SPI con el analizador lógico (Fig. 8).

En la T6.2, se proporciona a los alumnos una descripción algorítmica en VHDL del módulo de control SPI y se les pide que realicen un diagrama de flujo. Una parte importante de la práctica se dedica a la configuración del módulo IP PLL para generar la señal de sincronismo.

B. Práctica 7: Diseño e Implementación de una Unidad de Acoplamiento Serie para un DAC.

En esta práctica se reconstruye una señal analógica a partir de una digital establecida con los 10 interruptores disponibles en la placa DE0. Un botón de la placa debe inicializar el sistema y otro debe dar la orden de inicio de conversión (transmisión del dato en formato serie al DAC). Cuando se finaliza una conversión, se debe indicar activando una señal de fin de conversión. En la Fig. 9 se muestra un ejemplo de captura de las señales SPI.

Como en la práctica anterior se utilizó una descripción algorítmica, en ésta se utiliza una descripción estructural.

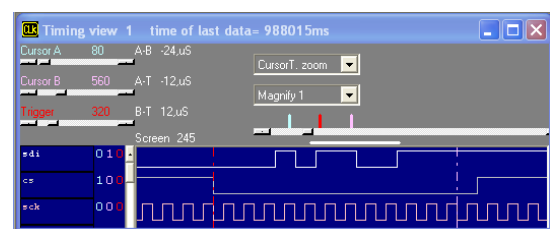


Fig. 8. Captura de una trama SPI de lectura de un dato discreto.

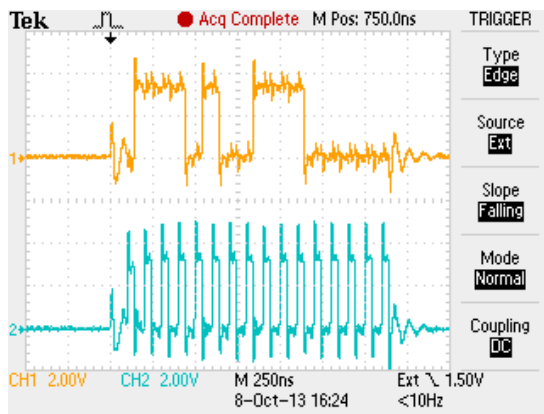


Fig. 9. Oscilograma de las señales SPI del DAC.

Las descripciones de los componentes se les facilitan a los alumnos, que deben simularlas y obtener una descripción estructural del circuito.

Los objetivos específicos de aprendizaje son:

- Saber implementar circuitos secuenciales síncronos.
- Realizar descripciones estructurales y funcionales en VHDL de circuitos secuenciales sencillos.
- Conocer el funcionamiento del bus SPI.
- Conocer el funcionamiento de los circuitos DAC.

El reparto de las tareas es el siguiente:

- T7.1: Diseño e implementación de un módulo de control SPI para conexión a un DAC.
- T7.2: Generación de una señal analógica a partir de un dato digital establecido con los interruptores externos conectados a la FPGA.
- T7.3: Utilización del osciloscopio y del analizador lógico para monitorizar el puerto SPI.

C. Práctica 8: Diseño y Modelado de una Memoria en FPGA para Implementar una Tabla de Búsqueda.

En esta práctica se sintetiza una señal analógica de salida. Para ello se debe implementar una tabla de búsqueda (LUT: *Look Up Table*) utilizando una memoria ROM que se genera utilizando las herramientas de creación de componentes que proporciona el software de desarrollo Quartus II. Para inicializar el contenido de la memoria ROM se debe generar un fichero con el formato adecuado, que contenga los datos a almacenar en cada posición de la memoria. En este caso estos datos corresponden a una señal sinusoidal.

En esta práctica el reloj se sintetiza con un divisor de frecuencia que utiliza recursos lógicos, en vez de utilizar un módulo PLL.

Los objetivos específicos de aprendizaje son:

- Saber crear un componente nuevo a partir de la biblioteca del fabricante de FPGAs.
- Realizar descripciones estructurales y funcionales en VHDL reutilizando componentes ya creados.
- Saber implementar un sistema digital que reconstruya una señal en tiempo real.
- Saber generar señales periódicas con una LUT.

El reparto de las tareas es el siguiente:

T8.1: Implementación de una LUT con los datos de una señal a reconstruir (Fig. 10).

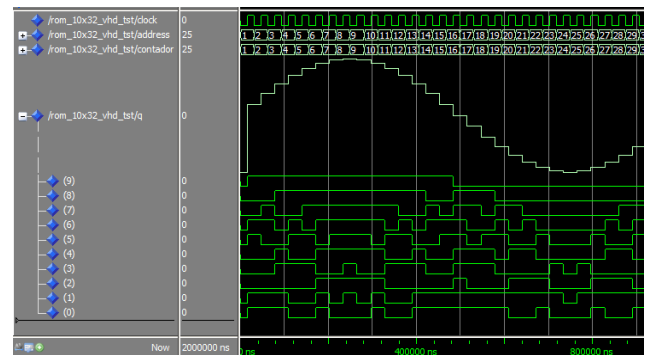


Fig. 10. Detalle de la simulación de la LUT para generar una sinusoida.

T8.2: Generación de una señal analógica utilizando la LUT y el controlador SPI del DAC.

T8.3: Monitorización de la señal generada con el osciloscopio.

D. Práctica 9: Implementación de un Sistema de Procesado Digital de una Señal Analógica en Tiempo Real.

En esta práctica se integran los módulos desarrollados en las prácticas anteriores junto con uno nuevo que implementa un filtro de promediado. Previamente, el alumno debe probar la respuesta impulsional del filtro, configurando la descripción facilitada por el profesor con 8 bits de datos y 4 etapas. La salida debe valer 63 durante cuatro ciclos cuando se le introduce un impulso de 255 durante un ciclo de reloj. Además, en las tareas previas se debe realizar un esquema eléctrico del hardware y la descripción estructural de jerarquía superior en la que se integran los distintos componentes VHDL. El reparto de las tareas es el siguiente:

T9.1: Con los recursos hardware de las prácticas anteriores, se realiza un *bypass* con una señal analógica de entrada, obtenida del generador, que se reconstruye para mostrarla en el osciloscopio.

T9.2: Implementación de un filtro digital de promediado para intercalar en el circuito de la tarea anterior: entrada analógica – filtro digital – salida analógica.

Finalmente, cada grupo debe realizar una tabla con la respuesta en frecuencia del filtro de promediado.

IV. RESULTADOS

El plan de prácticas se ha evaluado a través de encuestas realizadas a los alumnos en los cursos 2015/16 y 2016/17. En la Tabla I se muestran los resultados de las encuestas referidas a las prácticas en general.

Cuando se comparan con las de las otras asignaturas, los alumnos consideran que las prácticas de SED tienen un nivel de dificultad medio-alto y que son más interesantes.

Si se compara la carga de trabajo de las prácticas con la asignatura en su conjunto, los alumnos opinan que está repartida por igual o, quizás, un poco más de carga en las prácticas.

Donde hay más diversidad de opinión es en la pregunta 4, respecto a la medida en que la preparación de las prácticas les ayuda a fijar los conceptos de teoría.

TABLA I.
RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS GENERALES DE LAS ENCUESTAS.

Nº	Pregunta/opción/respuesta	15/16	16/17	MEDIA
1	Las prácticas de SED, comparadas con las prácticas de las demás asignaturas de 4º curso,...			
	son mucho más difíciles	14%	20%	17%
	son algo más difíciles	57%	47%	52%
	en promedio tienen la misma dificultad	29%	33%	31%
	son más fáciles	0%	0%	0%
2	Las prácticas de SED, comparadas con las prácticas de las demás asignaturas de 4º curso, son...			
	poco interesantes	7%	0%	7%
	igual de interesantes	7%	20%	13%
	algo más interesantes	29%	0%	29%
	más interesantes	36%	67%	51%
3	¿Cuál es el peso que crees que tiene la carga de trabajo de las prácticas de SED en relación con la asignatura en su conjunto?			
	0-20%	7%	0%	7%
	20-40%	14%	27%	20%
	40-60%	43%	47%	45%
	60-80%	36%	20%	28%
4	¿En qué medida crees que las prácticas te han servido para aprender los temas de la asignatura?			
	He aprendido poco o nada, creo que no son necesarias.	0%	0%	0%
	He aprendido poco.	21%	13%	34%
	He aprendido bastante.	29%	40%	34%
	He aprendido mucho	29%	33%	31%
5	¿Te han motivado en tu trabajo de preparación de la asignatura las prácticas?			
	Nada	0%	0%	0%
	Muy poco	0%	0%	0%
	Poco	21%	20%	20%
	Bastante	64%	73%	68%
6	¿Consideras apropiada la metodología de las prácticas orientadas a la realización de proyectos de sistemas complejos en relación con las prácticas centradas en tareas más simples e independientes entre sí?			
	Nada	0%	0%	0%
	Muy poco	0%	7%	3%
	Poco	7%	0%	3%
	Bastante	50%	67%	58%
7	¿Consideras que los proyectos realizados en las prácticas son realistas, es decir, tienen aplicación práctica real?			
	Nada	0%	0%	0%
	Muy poco	0%	0%	0%
	Poco	21%	13%	17%
	Bastante	57%	67%	62%
8	¿Consideras que los proyectos realizados en las prácticas son realistas, es decir, tienen aplicación práctica real?			
	Nada	0%	0%	0%
	Muy poco	0%	0%	0%
	Poco	21%	13%	17%
	Bastante	57%	67%	62%
9	¿Consideras que los proyectos realizados en las prácticas son realistas, es decir, tienen aplicación práctica real?			
	Nada	0%	0%	0%
	Muy poco	0%	0%	0%
	Poco	21%	13%	17%
	Bastante	57%	67%	62%

Sin embargo, un alto porcentaje (78%) opinan que las prácticas les han motivado, lo cual cumple con las expectativas del trabajo presentado, aunque un 20% de los alumnos considera que las prácticas les han motivado poco en la preparación de la asignatura.

Como otros de los aspectos más positivos, cabe resaltar que la mayoría de los alumnos (82%) opinan que las

prácticas son realistas y que la metodología es apropiada (un 93%).

En la Tabla II se muestran los resultados de las encuestas referidas al Proyecto #1. La encuesta revela que la mayoría considera que el proyecto es adecuado para desarrollar el contenido de la asignatura (89%) y solo un 10% lo considera poco adecuado.

En las preguntas 2 y 3 también hay bastante unanimidad. La mayoría consideran que es bastante o muy bueno construir su propio prototipo y están satisfechos con el resultado global.

La mayoría opinan que es adecuado el grado en el que está guiado el proyecto, aunque algunos alumnos han planteado que les gustaría un proyecto más libre o poder elegir la aplicación. La mayoría, un 86%, consideran que el grado de complejidad es adecuado. Es más contundente la respuesta relativa a la idoneidad del tema, todos consideran que es bastante o muy adecuado.

En cuanto a los equipamientos y materiales, aunque la mayoría considera que son bastante o muy adecuados, hay un 29% que no los ve suficientes. Al igual que en la pregunta relativa a las guías de las prácticas, en la que hay un pequeño porcentaje que considera que son poco adecuadas. En general, estos dos aspectos se pueden mejorar. Por último, resaltar que una amplia mayoría manifiesta que la metodología les facilita su trabajo autónomo, lo cual es muy positivo, pues es uno de sus principales objetivos.

TABLA II.
RESPUESTAS DE LOS ALUMNOS EN RELACIÓN CON EL PROYECTO #1.

Nº	Pregunta/curso	15/16	16/17	MEDIA	Muy poco o nada	Poco	Bastante	Mucho
1	¿Consideras que es adecuado para desarrollar los contenidos de la asignatura?	15/16	16/17	Media	0%	0%	43%	36%
		0%	0%	0%	21%	67%	33%	
		0%	10%	55%	34%			
2	¿Crees que es bueno construir tu propio prototipo del sistema de control electrónico?	15/16	16/17	Media	0%	0%	64%	36%
		0%	7%	47%	47%			
		0%	3%	55%	41%			
3	¿Estas satisfecho con el resultado global del prototipo que has realizado?	15/16	16/17	Media	0%	14%	53%	20%
		14%	13%	55%	31%			
		7%	6%	55%	31%			
4	¿Es adecuado el grado en que esta guiado o debiera ser más libre?	15/16	16/17	Media	7%	14%	71%	7%
		14%	13%	53%	20%			
		10%	13%	62%	13%			
5	¿Es adecuado el grado de complejidad?	15/16	16/17	Media	0%	14%	79%	7%
		14%	0%	80%	7%			
		7%	7%	79%	7%			
6	¿Consideras que el tema elegido (control electrónico de velocidad) es adecuado a tu perfil de graduado?	15/16	16/17	Media	0%	0%	71%	29%
		0%	0%	60%	40%			
		0%	0%	65%	34%			
7	¿Consideras que los equipamientos y materiales de trabajo en el laboratorio son buenos?	15/16	16/17	Media	0%	29%	29%	43%
		7%	7%	60%	27%			
		3%	18%	44%	35%			
8	¿Consideras que las guías de las prácticas son útiles y están bien organizadas y redactadas?	15/16	16/17	Media	0%	14%	64%	21%
		0%	7%	53%	40%			
		0%	10%	58%	30%			
9	¿Consideras que facilita tu trabajo autónomo?	15/16	16/17	Media	0%	14%	71%	14%
		0%	7%	60%	33%			
		0%	10%	65%	23%			

V. CONCLUSIONES

Se ha presentado la aplicación de PBL a la asignatura SED de cuarto curso del Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática de la Universidad de Vigo y la experiencia obtenida de dicha aplicación. Las prácticas se agrupan en dos proyectos semiguados. Uno, basado en microcontrolador, implementa un control digital de velocidad. Y el otro, basado en FPGA, implementa un sistema de procesado en tiempo real de una señal analógica. Se destaca la importancia de la evaluación continua y del papel del profesor como guía del trabajo del alumno.

Se ha alcanzado un compromiso equilibrado entre la realización de prácticas con actividades controladas y libres. Los alumnos han valorado positivamente la metodología seguida, así como el grado de dificultad, los resultados que han obtenido y la adecuación a su perfil.

REFERENCIAS

- [1] C.Quintáns, J.Fariña y J.J.Rodríguez Andina, “Experiencia de prácticas basadas en proyectos semiguados para el aprendizaje de sistemas electrónicos digitales”, *Actas del XII Congreso en Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica*, pp. 336-345, Sevilla, Jun. 2016.
- [2] M.A.Perales, F.Barrero y S.L.Toral, “Learning achievements using a PBL-based methodology in an introductory electronics course”, *IEEE RITA*, vol. 10, no. 4, pp. 296–301, Nov. 2015.
- [3] J.Alberto Naves, T.D'Angelo y P.Marcos de Barros, “Experiência de aprendizagem baseada em projetos no ensino de robótica”, *VAEP-RITA*, vol. 2, no. 4, pp. 183–190, Dic. 2014 (en portugués).
- [4] J.J.Rodríguez Andina, L.Gomes y S.Bogosyan, “Current trends in industrial electronics education”, *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol. 57, no. 10, pp. 3245-3252, Oct. 2010.
- [5] J.F.Wakerly, *Digital Design: Principles and Practices*. New Jersey, Prentice Hall, 2007.
- [6] F.E.Valdes, R.Pallás, *Microcontroladores. Fundamentos y aplicaciones con PIC*. Barcelona, Marcombo, 2007.
- [7] A. Pardo, “Problem-based learning combined with project-based learning: a pilot application in Digital Signal Processing”, *Actas del XI Congreso en Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica*, pp. 36-40, Bilbao, Jun., 2014.
- [8] E.Goikoetxea y G.Pascual, “Aprendizaje cooperativo: Bases teóricas y hallazgos empíricos que explican su eficacia”. *Educación XXI*. UNED, vol. 5, pp. 227–247. 2002.
- [9] Centro Virtual Cervantes. *Diccionario de términos clave de ELE*. [En línea]. Disponible: http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/indice.htm
- [10] Jungkuk Kim, “An ill-structured PBL-based microprocessor course without formal laboratory,” *IEEE Trans. Educ.*, vol. 55, no. 1, pp. 145–153, Feb. 2012.
- [11] A.Vázquez, A.Rodríguez, M.Arias, P.F.Miája, D.G.Lamar, M.Hernando y J.Sebastián, “Aprendizaje basado en proyectos mediante el montaje de un kit de comunicaciones”, *Actas del XI Congreso en Tecnologías, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica*, pp. 41-45, Bilbao, Jun. 2014.
- [12] P.Debiec y M.Byczuk, “Teaching discrete and programmable logic design techniques using a single laboratory board”, *IEEE Trans. Educ.*, vol. 54, no. 4, pp. 652–656, Nov. 2011.
- [13] L.Gil-Sánchez, R.Masot y M.Alcañiz, “Enseñanza de la electrónica a ingenieros aeronáuticos mediante el desarrollo de proyectos”, *VAEP-RITA*, vol. 2, no. 4, pp. 159–166, Dic. 2014.

Camilo Quintáns Graña es Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de Vigo (1997), y es Ingeniero Industrial (2005) y Doctor (2008) por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid. Desde 1997 a 2001 trabajó en la industria dentro del campo de la generación eléctrica. Ha trabajado como Profesor Asociado (2000-2010) en el Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Vigo y en la actualidad es Profesor Contratado Doctor. Sus líneas de trabajo se enmarcan, en primer lugar, en el modelado y simulación de sistema y en los circuitos mixtos analógico-digitales aplicados a la instrumentación y control. Y, en segundo lugar, en la mejora de la docencia de la electrónica. Fue miembro del equipo directivo del Centro Asociado de la UNED en Pontevedra (2008-2009). Es socio fundador y miembro de la directiva de la Asociación TAEE, Secretario (2012-2016) y actual Tesorero.

José Fariña Rodríguez (M'04) es Ingeniero Industrial (1984) y Doctor Ingeniero Industrial (1989) por la Universidad de Santiago de Compostela. Es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Vigo. Es autor de más de 90 artículos en revista y congresos e inventor de varias patentes en España, Europa y USA. Sus áreas de interés incluyen dos líneas de trabajo relacionadas con el diseño de sensores inteligentes para medida indirecta de variables en procesos industriales y la implementación en dispositivos reconfigurables de algoritmos complejos para el control de procesos industriales en tiempo real.

Juan J. Rodríguez Andina (M'00–SM'04) es Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid (1990) y Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad de Vigo (1996). Es Profesor Titular del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Vigo. En 2010-2011 fue Visiting Professor en el Advanced Diagnosis, Automation, and Control Laboratory, Electrical and Computer Engineering Department, North Carolina State University, Raleigh. Sus líneas de investigación incluyen la implementación en FPGAs de algoritmos complejos de control y procesado y el test concurrente de sistemas complejos, en los ámbitos de la Electrónica Digital y la Electrónica Industrial. Es autor de más de 130 artículos en revistas y congresos, e inventor de diversas patentes en España, Portugal y EEUU. Es Past Editor-in-Chief de IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS MAGAZINE (revista de la que fue Editor Jefe en 2013-2015) y Editor Asociado de IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS e IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS.

Explorando la Eficacia de las Prácticas con Wiris-Quizzes en Asignaturas de Matemáticas de Estudios de Ingeniería en Línea

Josep Figuerola-Cañas y Teresa Sancho-Vinuesa

Title— Exploring the efficacy of practices with Wiris-Quizzes in online engineering mathematics.

Abstract— The use of online self-assessed questionnaires Wiris-Quizzes as formative assessment tool is an increasingly widespread practice in a variety of subjects in higher education. Some previous studies have examined the impact of such questionnaires on learning outcomes in classroom environments or hybrid teaching. Our work presents an exploratory study that proves that in a course of Mathematical Analysis in a completely online environment, practices with Wiris-Quizzes improve learning outcomes. We have conducted an ex post facto research from the results of the Practice Tests and Continuous Assessment Tests carrying out an analysis using the trimmed means Yuen's test.

Index Terms— Formative assessment, Online Engineering Mathematics, Learning, Wiris-Quizzes

I. INTRODUCCIÓN

LOS estudiantes de matemáticas de las ingenierías de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), añaden a la falta de motivación y de conocimientos básicos del área características personales específicas de una universidad en línea: responsabilidades familiares y/o profesionales que se traducen en un tiempo reducido de dedicación semanal al estudio, y las dificultades propias del aprendizaje de las matemáticas en línea [1], [2].

En dos asignaturas de esta área se ha implantado una metodología docente basada en la actividad continua del estudiante a través de una herramienta de evaluación y feedback automático, con la finalidad de mejorar la calidad docente [1]: el primer semestre del curso 2010-11, en la asignatura optativa de Iniciación a las Matemáticas del grado de ingeniería informática, y en el primer semestre del curso 2011-12, en la asignatura obligatoria de Análisis Matemático de los grados de ingeniería informática y de ingeniería en telecomunicaciones. En esta última, la implantación se ha llevado a cabo de manera progresiva hasta ser completada en el primer semestre del curso 2015-16, periodo en el cual se ha realizado este trabajo. Más de 10 años de experiencia en este contexto nos condujo a definir

una metodología que ayudase al estudiante a realizar una actividad regular durante el curso obteniendo retroalimentación inmediata. El recurso de aprendizaje que dio respuesta a nuestras necesidades fueron los Wiris-quizzes. Son cuestionarios diseñados en el entorno Moodle, que cuentan con el soporte del programa de cálculo simbólico Wiris y su editor de fórmulas matemáticas. Cuatro de sus características principales justificaron su elección en la fase inicial de proyecto: a) son autoevaluables y proporcionan respuesta automática; b) la respuesta y el feedback son inmediatos; c) sus enunciados tienen parámetros; y d) existe la posibilidad de introducir números y expresiones matemáticas que serán interpretados por el sistema. De esta manera cada vez que se abre un cuestionario, el enunciado es diferente en tanto que los valores de dichos parámetros son distintos, y por lo tanto hay un elevado número de variantes [2]. La posibilidad de introducir expresiones matemáticas de manera ágil reduce el tiempo empleado por los estudiantes en la redacción de las respuestas y favorece que el tipo de preguntas planteadas tengan un grado de complejidad superior. En cuanto a la respuesta del sistema, el estudiante recibe un feedback correctivo [3] mediante la provisión de la respuesta correcta con la resolución detallada del ejercicio, así como una referencia al contenido de los materiales didácticos de la asignatura. Además, se le proporciona la calificación obtenida.

En el presente artículo exploramos las características del aprendizaje de la asignatura de Análisis Matemático del grado de ingeniería informática a través de la realización de cuestionarios con feedback automático. Concretamente, el objetivo principal de este trabajo es determinar, en primera aproximación dado que se trata de un estudio exploratorio, si resulta eficaz la realización de Cuestionarios de Prácticas para superar la evaluación continua de la asignatura Análisis Matemático del grado en ingeniería informática de la UOC. Estudiamos dicha eficacia a través del análisis de los resultados de los estudiantes en los Cuestionarios de Evaluación Continua. Concretamente, pretendemos comprobar la existencia o no de diferencias de resultados entre los estudiantes que optan por la entrega de Cuestionarios de Prácticas, estudiantes *activos*, respecto de aquellos que optan por no hacerlo, estudiantes *no-activos*, tomando como referencia la clasificación de estudiantes *activos* de [5].

Hasta donde llega nuestro conocimiento, el contexto de nuestro estudio, una asignatura de matemáticas en estudios de ingeniería en un entorno completamente en línea, así como el análisis de datos utilizado, basado en contraste de medias truncadas, no han sido empleados en otros trabajos publicados.

Josep Figuerola-Cañas es estudiante de la Universitat Oberta de Catalunya, España. (e-mail: jfiguerola@uoc.edu, ORCID ID: 0000-0002-6790-9142)

Teresa Sancho-Vinuesa es profesora de los Estudios de Informática, Multimedia y telecomunicaciones de la Universitat Oberta de Catalunya, España (e-mail: tsancho@uoc.edu, ORCID ID: 0000-0002-0642-2912)

Este artículo es la versión en español del publicado con DOI <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2735499>

II. ANTECEDENTES

El uso de cuestionarios en línea con finalidad formativa ha sido empleado en la enseñanza superior en línea en ámbitos como el de matemáticas en ingeniería [2] o en ciencias sociales [6]; pero, también, en enseñanza superior presencial, en metodologías llamadas híbridas, en áreas de conocimiento como matemáticas en estudios de economía [5], [7], [8], matemáticas en ingenierías [9], biología [10] o economía [11].

Diversos son los trabajos de investigación dedicados a determinar la incidencia de los cuestionarios de prácticas en línea sobre el aprendizaje. Estos trabajos coinciden en afirmar que la realización de dichos cuestionarios mejora el aprendizaje. Existen diferencias entre ellos, tanto en la forma de elegir la variable encargada de cuantificar el aprendizaje, como en la metodología empleada para llevar a cabo la investigación, principalmente en cómo efectúan el análisis de datos. A continuación presentaremos sus principales características.

Por lo que se refiere a la variable que mide el aprendizaje, la calificación del examen final es empleada como variable dependiente en [5], [7], [8], [9], [10]. El trabajo de [11], en cambio, utiliza la calificación de exámenes parciales correspondientes a unidades didácticas y el de [2], la nota de la asignatura en su conjunto.

En cuanto a la metodología y resultados, la referencia [11] implementa un test de diferencias entre medias en las calificaciones de exámenes de unidades didácticas entre dos grupos de estudiantes, según si han realizado cuestionarios de prácticas o no. La pertenencia a los grupos es decidida por los estudiantes, tratándose por tanto de un diseño no-experimental. Establece que la realización de los cuestionarios de prácticas mejora el aprendizaje, en tanto que la media de los cuestionarios de evaluación de los estudiantes que realizan cuestionarios de prácticas es superior, con una significación estadística inferior al 5%, a la de los estudiantes que optan por no realizarlos. La referencia [6] también utiliza un test de diferencias entre medias, en su caso en las calificaciones del examen final, entre dos grupos de estudiantes. En este caso, se trata de un diseño cuasi-experimental con un *grupo de control* formado por estudiantes sin la posibilidad de realizar cuestionarios de prácticas, y un segundo grupo, *grupo de experimentación*, formado por estudiantes obligados a realizar cuestionarios de prácticas. El estudio concluye la mejora del aprendizaje ante la realización de cuestionarios de prácticas, teniendo en cuenta que la media del examen final de la asignatura es significativamente superior en los estudiantes de un grupo obligados a realizar cuestionarios de prácticas, grupo de *experimentación*, respecto a la del grupo que no disponía de cuestionarios, grupo de *control*. En la referencia [10], el análisis de datos consiste en comparar la media de los exámenes finales entre promociones que no disponían de cuestionarios de prácticas y aquellas que sí lo hacían. La conclusión para [10] difiere según la voluntariedad en la realización de cuestionarios de prácticas. Para una promoción con voluntariedad absoluta, no se aprecia mejora significativa en el aprendizaje, mientras que en otra promoción en que los cuestionarios de prácticas representan el 20% de la calificación total de la asignatura, se observa que la media del examen final de los estudiantes es superior a la de promociones sin el uso de cuestionarios. Un diseño *expost facto*, junto a una prueba de análisis de varianzas (ANOVA) es utilizada por [9], quien llega a la misma

conclusión que [10], en el sentido que únicamente al realizar cuestionarios con repercusión directa sobre la calificación final se aprecia mejora de aprendizaje, no así en el caso que los cuestionarios no contribuyen a la calificación final. La referencia [9] demuestra que los estudiantes que entregan mayor número de cuestionarios obtienen mejores calificaciones en el examen final. Mediante un estudio correlacional y una regresión logística, la referencia [7] prueba la mejora del aprendizaje, estableciendo, que existe asociación entre realizar cuestionarios de prácticas y la nota en el examen final. Otro estudio correlacional, en este caso mediante una regresión de cresta [8] concluye la eficacia de los cuestionarios, al probar la existencia de asociación positiva entre el número de cuestionarios realizados y la nota del examen final. Un diseño *expost facto* y un test de diferencia de medias [5] concluye la mejora del aprendizaje en los estudiantes que realizan cuestionarios de prácticas, estudiantes *activos*, observando que las medias de los exámenes finales son superiores respecto a sus compañeros *no-activos*

III. CONTEXTO EDUCACIONAL Y MÉTODO PEDAGÓGICO

La Universitat Oberta de Catalunya, UOC, establece de forma obligatoria la realización de un examen final presencial en todas las asignaturas de matemáticas del grado de ingeniería informática, así como la posibilidad, recomendada por el conjunto de profesores a los estudiantes, de participar, en la Evaluación Continua. Cada asignatura determina cómo concreta la Evaluación Continua, cuya finalidad es tanto formativa como sumativa. El sistema de calificación de la asignatura bajo estudio integra de forma ponderada la calificación de la Evaluación Continua, EC, y la calificación del Examen Final presencial, EF. Así, la nota final de la asignatura, NF, se obtiene según (1)

$$NF = \max(EF; 0,65 \cdot EF + 0,35 \cdot EC) \quad (1)$$

Este sistema garantiza el carácter de voluntariedad en la Evaluación Continua para aquellos estudiantes que, o bien optan por ser evaluados exclusivamente mediante el Examen Final (EC=0), o bien, para aquellos cuya calificación de la Evaluación Continua, obtenida a lo largo del proceso de aprendizaje, supondría empeorar la calificación del Examen Final, mediante su incorporación en la media ponderada con un peso del 35%. En definitiva, la Evaluación Continua únicamente constituirá un elemento de la evaluación sumativa, al contribuir cuantitativamente a la calificación final [4], siempre que favorezca al estudiante, mientras que en todo momento mantiene su carácter formativo, dado que la información que se le facilita al estudiante pretende contribuir a su aprendizaje.

La Evaluación Continua consta de siete Cuestionarios de Evaluación Continua (CEC), en donde los estudiantes disponen de un único intento para responder. Los cinco primeros, planificados para ser realizados semanalmente, se centran en aspectos básicos de Análisis Matemático, buena parte de los cuales ya han sido estudiados con anterioridad en enseñanzas medias o en la asignatura Iniciación a las Matemáticas para la Ingeniería del propio grado. Se trata de cuestionarios Wiris-quizzes de seis preguntas, donde las cinco primeras son del tipo elección múltiple o bien, respuesta corta. La corrección se efectúa automáticamente y de forma instantánea, ofreciendo al estudiante feedback

inmediato. La sexta pregunta pertenece al tipo de respuesta abierta en que el estudiante debe responder de manera razonada. La corrección corresponde al profesor y el tiempo de respuesta puede llegar a ser de hasta una semana. Los dos últimos Cuestionarios de Evaluación Continua, programados para ser realizados mensualmente, se centran en aspectos avanzados de Análisis Matemático, no trabajados anteriormente en otras asignaturas.

Previamente al inicio de cada Cuestionario de Evaluación Continua, los estudiantes disponen de la posibilidad de responder uno o más Cuestionarios de Prácticas (CP), formados por 10 preguntas parametrizadas del tipo elección múltiple o respuesta corta, véase como ejemplo la mostrada en la Fig.1. Una vez enviadas las respuestas, como en el caso de la Fig.2 mediante la introducción de expresiones matemáticas en el programa Wiris, el sistema proporciona automática e inmediatamente un feedback correctivo informando de la respuesta correcta, ofreciendo una ayuda para su comprensión (Fig.3), valorando numérica la respuesta (Fig.1), así como el conjunto de las diez. La finalidad de estos cuestionarios es familiarizar al estudiante en este tipo de actividad y permitirles total flexibilidad en su realización. El número de modelos de Cuestionarios de Prácticas difiere según el Cuestionario de Evaluación Continua.

IV MÉTODO

La aproximación metodológica de este trabajo es cuantitativa. Se trata de un diseño *ex post facto* retrospectivo, en tanto que la entrega de Cuestionarios de Prácticas es una decisión voluntaria de cada estudiante, sobre la que los autores de la investigación no han tenido ninguna capacidad de control. La fuente de datos se encuentra en el registro de actividades del Moodle de la asignatura ya finalizada que contiene, principalmente, las calificaciones de Cuestionarios de Prácticas y de Cuestionarios de Evaluación Continua. En cuanto al tipo de análisis, se ha efectuado un análisis mediante contraste de medias truncadas.

A. Participantes

Participan en este estudio los 131 estudiantes de la asignatura de análisis matemático del primer semestre del curso 2015-16 del grado en ingeniería informática de la UOC. No se ha contemplado ningún diseño muestral, dado que el estudio incluye toda la población de estudiantes que entregan Cuestionarios de Evaluación Continua.

B. Instrumentos

Las calificaciones de los Cuestionarios de Prácticas y de los Cuestionarios de Evaluación Continua constituyen la principal fuente de datos del presente estudio. El registro de actividades del Moodle de la asignatura de análisis matemático permite disponer de las calificaciones globales y separadas por preguntas.

Pregunta 5	Determina la recta tangente a la función $f(x) = -x^3 - 3x^2 - 3x - 1$ en $x = 0$.
Correcta	
Puntua 1,00	Escribe la respuesta de la forma $m \cdot x + n$ donde m es la pendiente de la recta y n su ordenada al origen. Es decir, de manera que la ecuación explícita de la recta sea $y = m \cdot x + n$
sobre 1,00	

Fig. 1. Ejemplo de pregunta de respuesta corta en un Cuestionario de Prácticas y de valoración numérica

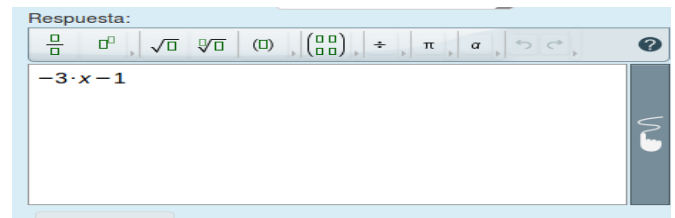


Fig. 2. Ejemplo de respuesta introducida mediante el programa Wiris

C. Procedimiento

Con el fin de mantener la confidencialidad de los datos, las referencias personales han sido codificadas convenientemente. Además, se ha efectuado un filtrado de los datos con el programa Calc de Libreoffice, de manera que de cada Cuestionario de Evaluación Continua se conserva el código de cada estudiante y sus calificaciones (por pregunta y total). La información que se almacena de los Cuestionarios de Prácticas es el código de estudiante y la calificación total de cada entrega. Los 17 archivos, correspondientes al total de cuestionarios, una vez efectuado el filtrado descrito anteriormente, son la base para tratamiento estadístico posterior.

D. Preprocesamiento de Datos

De acuerdo con [5], para cada Cuestionario de Evaluación continua separamos los estudiantes en dos grupos según su nivel de actividad: estudiantes *activos* y estudiantes *no-activos*. Consideramos un estudiante activo en un Cuestionario de Evaluación Continua si ha demostrado un comportamiento activo en la realización de los Cuestionarios de Prácticas asociados a dicho cuestionario, que se evidencia con su envío y posterior registro en la plataforma Moodle de la asignatura. La pertenencia a cada grupo es decidida por el propio estudiante y puede ser distinta entre diferentes Cuestionarios. En el caso de Cuestionarios de Evaluación Continua con un único modelo de Cuestionario de Prácticas asociado, entendemos por comportamiento activo el hecho de haber entregado al menos uno. En el caso de los Cuestionarios de Evaluación con más de un modelo de Cuestionario de Prácticas asociado, entendemos comportamiento activo haber entregado al menos un Cuestionario de Prácticas de cada uno de los distintos modelos de Cuestionarios de Prácticas asociados.

En los cinco primeros Cuestionarios de Evaluación Continua, las variables dependientes estudiadas son tres: la calificación global, la calificación del total de preguntas de corrección automática y la calificación de la pregunta de exposición razonada. En los dos últimos Cuestionarios de

Muy bien.
En la gráfica siguiente se representa la función y la recta tangente a determinar en rojo:

Recuerda que la pendiente de la recta tangente en $x = 0$ es igual a $f'(0)$ y que la ecuación de la recta tangente es $y - f(0) = f'(0)(x - (0))$.
Simplifica la expresión para obtener la ecuación explícita.

La respuesta correcta es: $-3 \cdot x - 1$

Fig.3 Ejemplo de respuesta correcta y ayuda para su comprensión.

Evaluación Continua, la variable dependiente estudiada es, únicamente, la calificación global.

E. Análisis de datos

Los diagramas de caja y bigotes de las variables definidas para cada uno de los siete Cuestionarios de Evaluación Continua muestran asimetría. Sirva como ejemplo el mostrado en Fig.4. Aplicando el test de Brown-Forsythe no podemos suponer la homogeneidad de varianzas entre los dos grupos, por otro lado, hecho bastante frecuente en estudios del ámbito de la educación. El uso de medias truncadas para realizar comparaciones entre grupos, y en particular la prueba de Yuen, es sugerido por [12] para conseguir robustez ante la existencia de no-normalidad y heteroscedasticidad como en la situación en que nos encontramos. Diversos autores citados por [12] consideran distintos porcentajes de truncamiento que oscilan entre el 10% y el 25%, tanto para valores superiores como inferiores. En nuestro estudio consideraremos un 25% de truncamiento. De esta forma, estamos calculando la media de los datos que constituyen el rango intercuartílico, es decir, la media del 50% de las calificaciones centrales. Para la prueba de Yuen establecemos un nivel de confianza del 95%.

La hipótesis nula considera que las medias truncadas son iguales para el grupo de estudiantes activos que para el de no-activos, y la hipótesis alternativa, que las medias truncadas son diferentes para los dos grupos. Los cálculos se han realizado con el programa R mediante el uso de la función *yuen()*, que efectúa la prueba de Yuen para determinar la existencia de diferencias significativas entre dos grupos; y de la función *yuen.effect.ci()*, que proporciona la medida explicativa del tamaño del efecto, ξ [13]. Si bien, dado que no se trata de un diseño ni experimental ni cuasiexperimental, por lo que no se puede establecer ninguna relación *causa-efecto*, nos parece oportuno mostrar el tamaño del efecto como información complementaria.

V. RESULTADOS

En general, para cada Cuestionario de Evaluación Continua, los estudiantes activos obtienen, mejores resultados, en la calificación global y en la calificación de las preguntas de corrección automática, pero no en las preguntas de exposición razonada.

A. Los Estudiantes Activos Obtienen Calificaciones Globales Superiores

La media truncada de las calificaciones globales de los estudiantes activos es significativamente superior, según los resultados mostrados en la Tabla I, en cuatro de los siete Cuestionarios de Evaluación Continua, dado que el p-valor es inferior a 0,05. De acuerdo con ello, podemos afirmar que las calificaciones globales de los estudiantes activos son superiores, en más del 50% (4 sobre 7) de los Cuestionarios de Evaluación Continua. En tres de los Cuestionarios en que se observa diferencia, ésta es superior a 1 punto sobre 10, y en el número 6 la diferencia supera los 2 puntos. El tamaño del efecto en todos los casos se mueve en valores próximos a 0,5, que es considerado como alto en una escala de bajo, medio, alto [13]. Se observa, además, que es en los Cuestionarios extremos (números 1, 2 y 7) donde no se aprecian diferencias significativas en las calificaciones globales.

Distribución de calificaciones globales del C.E.C. número 5

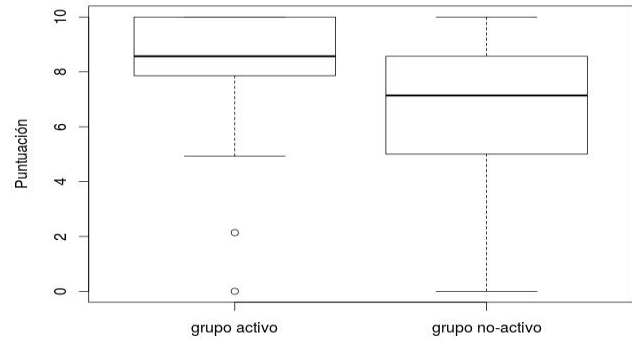


Fig. 4. Diagrama de caja y bigotes de la distribución de calificaciones globales del Cuestionario de Evaluación Continua número 5.

TABLA I
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE YUEN (A)

CEC	Diferencia de Medias Truncadas al 25% (B)	p-valor	Tamaño del efecto
Núm. 1	+0,30	0,2721	-----
Núm. 2	+0,29	0,4282	-----
Núm. 3	+1,64 (0,92 ; 2,35)	0,0000*	0,53
Núm. 4	+0,84 (0,03 ; 1,64)	0,0430	0,44
Núm. 5	+1,95 (0,98 ; 2,92)	0,0003	0,56
Núm. 6	+2,08 (0,63 ; 3,53)	0,0057	0,53
Núm. 7	+0,58	0,1690	-----

* inferior a 0,0001

(A) Sobre las **calificaciones globales** de los Cuestionarios de Evaluación Continua (CEC)

(B) Diferencia entre estudiantes activos respecto no-activos. Entre paréntesis, el intervalo de confianza de la diferencia de medias truncadas al 95% de nivel de confianza.

Hipótesis alternativa: la media truncada es diferente en el grupo de estudiantes activos

B. Los Estudiantes Activos Obtienen Mejores Resultados en las Preguntas de Corrección Automática.

Únicamente en aquellos Cuestionarios de Evaluación Continua en que la media truncada de la calificación global de los estudiantes activos es superior, la media truncada de la calificación de las preguntas de corrección automática de los estudiantes activos es superior. Ello continúa suponiendo que en más del 50% de los Cuestionarios (3 sobre 5) los resultados son mejores para los estudiantes activos. La Tabla II muestra que en los Cuestionarios 3, 4 y 5 existe diferencia en la calificación de las preguntas de corrección automática, tal como mostraba la Tabla I para la calificación global. En los tres casos el incremento de la media en las preguntas de corrección automática es superior al mostrado en el global. El más destacado corresponde al número 5 con una

TABLA II
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE YUEN (A)

CEC	Diferencia de Medias Truncadas al 25% (B)	p-valor	Tamaño del efecto
Núm. 1	+0,21	0,5124	-----
Núm. 2	+0,17	0,6482	-----
Núm. 3	+2,11 (1,14 ; 3,07)	0,0000*	0,66
Núm. 4	+1,30 (0,55 ; 2,05)	0,0011	0,49
Núm. 5	+2,72 (1,53 ; 3,92)	0,0000*	0,61

* inferior a 0,0001

(A) Sobre las **calificaciones de las preguntas de corrección automática** de los Cuestionarios de Evaluación Continua (CEC)

(B) Diferencia entre estudiantes activos respecto no-activos. Entre paréntesis, el intervalo de confianza de la diferencia de medias truncadas al 95% de nivel de confianza

Hipótesis alternativa: la media truncada es diferente en el grupo de estudiantes activos

diferencia de 2,72 puntos sobre 10 (Tabla II) en las preguntas de corrección automática, que también mostraba una diferencia máxima de 2,08 en el global (Tabla I). Por lo que se refiere al tamaño del efecto, los valores son algo superiores a los obtenidos en las calificaciones globales, por lo que continúan siendo, igualmente altos.

C. Los Estudiantes Activos no Obtienen Mejores Resultados en las Preguntas de Exposición Razonada.

En ninguno de los cinco Cuestionarios de Evaluación Continua con calificación de preguntas de exposición razonada se observa diferencia entre los estudiantes activos y los no-activos (Tabla III). En tres Cuestionarios la diferencia entre las medias truncadas no supera los 0,15 puntos sobre 10, e incluso en el número 4 la diferencia es 0. Esta unanimidad entre los Cuestionarios contrasta con lo expuesto en los apartados anteriores.

D. El Número de Estudiantes Activos se Reduce Notablemente en la Fase Final del Curso.

En la Tabla IV se observa que el número de estudiantes que entregan todos los modelos de Cuestionarios de Prácticas, estudiantes activos, es superior a los no-activos en los Cuestionarios de Evaluación Continua números 2, 4 y 5. Aquellos con un único modelo y de frecuencia semanal. En los números 1 y 3, con más de un modelo y, también, de frecuencia semanal, se invierte la dominancia, pasando a ser el número de estudiantes activos inferior al de no-activos. En los dos últimos Cuestionarios de Evaluación Continua la proporción de estudiantes no-activos respecto a activos resulta cercana a 3:1.

VI. DISCUSIÓN

La participación de los estudiantes, calculada sobre el total de estudiantes matriculados, en la entrega de Cuestionarios de Prácticas, correspondientes a los cinco primeros Cuestionarios de Evaluación Continua, presenta unos valores entre el 49% y el 54%, en los de modelo único, y entre 34% y 41%, en los de modelo múltiple. Recordemos que estos últimos valores corresponden a estudiantes que han entregado, como mínimo, un Cuestionario de Práctica de cada modelo. Todas estas cifras se encuentran entre el 33% de participación del estudio presentado por [10] y el 68% del trabajo de [11]. En cambio, en los dos últimos CEC, el porcentaje cae hasta el 20%.

Se pueden apuntar diversas posibles explicaciones para la alta participación en los cinco primeros CEC. En primer lugar, el nivel de conocimiento, básico tal como indica el propio plan docente, favorece que el estudiante se sienta capaz de responder a las preguntas que se le plantean. En

TABLA III
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE YUEN (A)

CEC	Diferencia de Medias Truncadas al 25% (B)	p-valor	Tamaño del efecto
Núm. 1	+0,14	0,3096	-----
Núm. 2	+0,75	0,3017	-----
Núm. 3	+0,31	0,4656	-----
Núm. 4	0	-----	-----
Núm. 5	+0,07	0,8815	-----

* inferior a 0,0001

(A) Sobre las calificaciones de las preguntas de respuesta razonada de los Cuestionarios de Evaluación Continua (CEC)

(B) Diferencia entre estudiantes activos respecto no-activos.

Hipótesis alternativa: la media truncada es diferente en el grupo de estudiantes activos

TABLA IV
NÚMERO DE ESTUDIANTES SEGÚN LA ACTIVIDAD

Cuestionarios de Evaluación Continua	Estudiantes activos	Estudiantes no-activos
Número 1	44	69
Número 2	71	43
Número 3	53	61
Número 4	64	42
Número 5	65	46
Número 6	27	74
Número 7	25	69

segundo lugar, el hecho que la frecuencia de CEC sea semanal hace que ayude al estudiante a ser regular en su dedicación. Y en tercer lugar, dado el estudiante dispone de dos días para responder el CEC, prefiere practicar con los CP y obtener *feedback*, que le permita reducir la distancia entre su nivel de conocimiento y el exigido para superar el CEC, encarando así con más garantías de éxito el CEC, que en definitiva repercute de forma directa en su calificación final. La reducción en la participación disminuye en los casos de múltiples CP asociados a CEC (números 1 y 3). Ello puede ser debido al aumento de carga de trabajo semanal que les comporta entregar más de un Cuestionario de Práctica distinto.

El descenso de participación en dos últimos Cuestionarios de Evaluación Continua podría atender a diversas explicaciones. En primer lugar, el nivel avanzado de los contenidos y/o la dificultad de las preguntas. Se constata un aumento muy significativo del número de estudiantes que no entregan el CP, a pesar de haberlo descargado, lo que puede ser debido a la dificultad que encuentran los estudiantes a la hora de resolverlos. En segundo lugar, el aumento del tiempo permitido para la realización del CEC, que pasa a ser de hasta dos semanas, puede hacer que algunos estudiantes consideren que es tiempo suficiente para preparar y revisar el CEC con garantías, y prefieran concentrar su esfuerzo únicamente en la realización de ese tipo de cuestionarios, dado que son los únicos que tienen incidencia directa sobre la calificación final de la asignatura. En los trabajos de [5] y [9] a la entrega de cuestionarios en línea corresponde un porcentaje del 10% y 25%, respectivamente, en la calificación final de la asignatura. Finalmente, es posible, también, que los estudiantes no contrapesen suficientemente el beneficio del posible *feedback* que recibirían ante el coste que les supone entregar el CP.

Desde el punto de vista de los posibles beneficios que obtienen los estudiantes activos gracias a la entrega de CP podríamos indicar que el *feedback* que reciben aporta conocimiento de posibles preguntas similares en contenido y tipología. Ello podría incidir en la asociación observada entre calificaciones globales de CEC y la entrega CP asociados. La referencia [9] prueba que en las preguntas del examen final, el contenido del cual había sido cubierto previamente en los cuestionarios en línea, se obtenían calificaciones más elevadas. El hecho de que los resultados en cuanto a la asociación de calificaciones globales se extiendan a la de asociación de calificaciones de preguntas de corrección automática puede ser debido a la tipología de los CP, constituidos únicamente por ese tipo de preguntas. Esto último podría ser también el motivo por el cual no se aprecia asociación entre la realización de CP y las calificaciones de las preguntas de respuesta razonada. Así, tal como están planteados los CP, su realización no parece

que ayude a establecer diferencias entre estudiantes en cuanto a exposición razonada de contenidos matemáticos.

Otras justificaciones alternativas en relación a la realización de Cuestionarios de Prácticas podrían ser que los estudiantes activos provengan de un nivel de conocimiento previo superior y/o que la motivación sea un elemento diferencial respecto al resto de estudiantes. La referencia [5], sin embargo, descarta la motivación como factor explicativo. Dado que se aprecia diferencia según el tipo de preguntas (de corrección automática y de exposición razonada) pensamos que no se pueden atribuir exclusivamente al nivel de estudios previos las diferencias observadas en las calificaciones globales entre estudiantes activos y no-activos. De un modo u otro pues, la realización del CP influye en la existencia de esas diferencias.

En los CEC del inicio y del final del curso no se establecen las mismas asociaciones que en los CEC del medio. Podría ser que en el último, los estudiantes con buenos resultados previos ya piensen más en concentrar esfuerzos en la evaluación y renuncien a la práctica. Por lo que respecta al segundo cuestionario de evaluación podría ser que la similitud entre las preguntas de su CP sea inferior a la del resto, que las preguntas tengan un nivel de dificultad superior y/o que el feedback proporcionado no haya resultado de tanta utilidad como en otros CP. Finalmente, el CEC número 1 dispone de tres modelos de CP entregados en una sola semana, lo que hace más complejo las interacciones entre ellos y las calificaciones globales.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo del presente trabajo, podemos concluir, en primera aproximación, que el aprendizaje adquirido por los estudiantes que entregan Cuestionarios de Práctica tipo Wiris-quizzes es superior al de los estudiantes que optan por no entregarlos. Nuestra conclusión establece una asociación, estadísticamente significativa mediante la prueba de Yuen, entre calificaciones de Cuestionarios de Evaluación Continua como indicador de aprendizaje y la entrega de Cuestionarios de Prácticas. Esta misma relación coincide con la presentada por [11] en un entorno presencial y tan solo con un Cuestionario de Prácticas y uno de Evaluación continuada. En nuestro caso se ha comprobado en cuatro de los siete Cuestionarios de Evaluación Continua. Con calificaciones de examen final como indicador de aprendizaje, [5] y [9] en un contexto de enseñanza presencial complementada con la utilización de cuestionarios en línea también concluyen, igualmente, que existen diferencias, estadísticamente significativas, entre el aprendizaje de los estudiantes que entregan Cuestionarios de Prácticas y aquellos que no lo hacen. La mejora del aprendizaje se constata en las preguntas de respuesta corta o elección múltiple, a las que corresponde una corrección automática. En cambio, el análisis específico de la pregunta de exposición razonada de los Cuestionarios de Evaluación Continua nos indica que la entrega de Cuestionarios de Prácticas no se traduce en una diferencia significativa en la calificación de este tipo de preguntas.

La realización de Cuestionarios de Prácticas es recomendable porque permite mantener una constancia regular en el trabajo, y sobre todo porque permite disponer de feedback que facilita el proceso de autoregulación del estudiante, de gran importancia en estudios en línea. Por contra, no resulta suficiente para mejorar la capacidad de expresar razonamientos matemáticos.

El presente trabajo contribuye a ampliar estudios previos en entornos presenciales a entornos completamente en línea en el ámbito de la enseñanza de matemáticas superiores. Además, utiliza la comparación entre grupos mediante el contraste de medias truncadas como estrategia analítica de los datos. El diseño *ex post facto* retrospectivo lleva consigo limitaciones en las conclusiones de relaciones causa-efecto, que en cierto modo pueden ser corregidas siempre que se introduzcan mecanismos que controlen las variables de confusión, como por ejemplo estableciendo subgrupos homogéneos [12]. En este sentido, y con el propósito de profundizar en la problemática planteada, se podrían introducir nuevas variables que recojan aspectos emocionales, como la motivación; o variables que informen sobre uso efectivo del feedback recibido, o que establezcan niveles de dificultades de los cuestionarios. Además, resultaría de interés ampliar la comparación de resultados a las calificaciones de los exámenes finales agrupando a los estudiantes según su comportamiento respecto los Cuestionarios de Prácticas y/o Cuestionarios de Evaluación Continua. También sería interesante avanzar hacia diseños correlacionales que permitan establecer asociaciones más estrechas entre variables como los planteados por [7] y hacia diseños cuasiexperimentales que permitan definir grupos equivalentes en cuanto a conocimientos de la materia con el objetivo que las diferencias encontradas sean debidas exclusivamente a la intervención: realización de Cuestionarios de Práctica. En nuestro caso, no podemos asegurar la equivalencia entre los dos grupos de estudiantes, dado que éstos se han autoseleccionado. Por último, debe destacarse la relevancia del análisis que aquí se presenta como prueba de la eficacia de la práctica continuada en el aprendizaje de matemáticas a través de una herramienta de evaluación automática. Éste podría ser un elemento clave en nuevas propuestas de metodologías docentes mixtas que incluyan la presencialidad y la virtualidad.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Gobierno de España a través del proyecto “ICT-FLAG” Enhancing ICT education through Formative assessment, Learning Analytics and Gamification (TIN2013-45303-P).

REFERENCIAS

- [1] T. Sancho-Vinuesa y N. Escudero Viladoms, “¿Por qué una propuesta de evaluación formativa con feedback automático en una asignatura de matemáticas en línea?,” *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento*, vol. 9, nº. 2, pp. 59–79, 2012.
- [2] R. Calm, R. Masià, C. Olivé, N. Parés, F. Pozo, J. Ripoll, y T. Sancho-Vinuesa, “Wiris Quizzes: un sistema de evaluación continua con feedback automático para el aprendizaje de matemáticas en línea,” *Teoría de la Educación; Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 14, nº 14, pp 452-472, 2013
- [3] J. Hattie y H. Timperley, “The power of feedback,” *Review of Educational Research*, vol. 77, nº. 1, pp. 81-112, 2007.
- [4] M. Yorke, “Formative Assessment in Higher Education: Moves Towards Theory and the Enhancement of Pedagogic Practice,” *Higher Education*, vol. 45, nº. 4, pp. 477–501, 2003.
- [5] R. Huisman y H. E. Reedijk, “The Impact of Individual Online Tests in Addition to Group Assignments on Student Learning,” *Iciete 2012*, pp. 1–16, 2012.
- [6] B. M. Klecker, “The Impact of Formative Feedback on Student Learning in an Online Classroom,” *Journal of Instructional Psychology*, vol. 34, no. 3, pp. 161–165, 2007.
- [7] S. D. Angus y J. Watson, “Does regular online testing enhance student learning in the numerical sciences? Robust evidence from a large data set,” *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, nº. 2, pp. 255–272, 2009.

- [8] E. Fitkov-Norris y B. Lees, "Online formative assessment: Does it add up to better performance in Quantitative modules?," en *Proceedings of the 11th ECRM*, 2012, pp. 115–121
- [9] L. Chirwa, "A case study on the impact of automated assessment in engineering mathematics," *Engineering Education*, vol. 3, n.º. 1, pp. 13–20, 2008.
- [10] S. Voelkel, "Combining the formative with the summative: The development of a two stage online test to encourage engagement and provide personal feedback in large classes," *Research in Learning Technology*, vol. 21, n.º. 1063519, pp. 1–18, 2013.
- [11] L. Sly, "Practice Tests as Formative Assessment Improve Student Performance on Computer Managed Learning Assessments," *Assessment & Evaluation in Higher Education*, vol. 24, no. 3, pp. 339–343, 1999.
- [12] H.J. Keselman, A.R. Othman, R.R. Wilcox, y K. Fradette, "The new and improved two-sample T test", *Psychological Science*, vol 15, no. 1, pp. 47-51, 2004.
- [13] R.R. Wilcox y T.S. Tian, "Measuring effect size: a robust heteroscedastic approach for two or more groups", *Journal of Applied Statistics*, vol 38, no. 7, pp. 1359-1368, 2011.
- [14] Brewer, Khun, y N. J. Salkind, "Encyclopedia of Research Design Volume 1," in *SAGE Publications*, 2010, pp. 124–130.

Josep Figuerola-Cañas, nacido en Manresa (España), es estudiante de doctorado de Educación y TIC de la Universitat Oberta de Catalunya y licenciado en ciencias físicas por la Universitat Autònoma de Barcelona (España, 1988).

Teresa Sancho-Vinuesa, nacida en Barcelona (España), es doctora en ingeniería electrónica por la universitat Ramon Llull (España, 1995) y licenciada en matemáticas por la Universitat de Barcelona (España, 1990).

Actualmente es profesora agregada de la Universitat Oberta de Catalunya (España) y dirige el grupo de investigación Learning Analytics for Innovation and Knowledge Application in Higher Education (LAIKA) y ha sido investigadora visitante en la Open UK. Durante el período 1990-1996, ha sido docente e investigadora en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura, la Salle (España). Ha sido miembro del equipo pedagógico y editorial de TEXT de la Enciclopedia catalana (España). En la Universitat Oberta ha ocupado diversos cargos de responsabilidad: directora del programa de doctorado en Sociedad de la información y el conocimiento, Directora de investigación y vicerrectora de investigación e innovación. Aunque desde su ingreso en la Oberta de Catalunya ha trabajado en temas relacionados con la educación superior e Intenet, actualmente concentra su actividad investigadora en el uso de learning analytics para la mejora de la enseñanza y aprendizaje en línea, en particular, en los procesos de evaluación y feedback.

La profesora Sancho-Vinuesa ha participado en más de 10 comités técnicos y científicos y es revisora de distintas revistas académicas de reconocido prestigio en el ámbito educativo. Ha participado en las dos redes internacionales REMIC y JEM.

Revisores

- Adán Vega Sáenz, Universidad Tecnológica de Panamá y LACCEI, Panamá
- Addison Salazar Afanador, Universidad Politécnica de Valencia, España
- Agustín C. Caminero, UNED, España
- Ainhoa Álvarez, EHU-UPV, España
- Aitor Almeida, Univ. Deusto, España
- Alberto Jorge Lebre Cardoso, Universidad de Coimbra, Portugal
- Alex Rayón, Univ. Deusto, España
- Alejandra Martínez, Univ. Valladolid, España
- Alfredo Ortiz Fernández, Universidad de Cantabria, España
- Alfredo Rosado Muñoz, Universidad de Valencia, España
- Amaia Méndez Zorrilla, Universidad de Deusto, España
- Ana Arruarte Lasa, Universidad del País Vasco, España
- Ana Fernández-Pampillón Cesteros, Universidad Complutense de Madrid, España
- André Luís Alice Raabe, Universidade do Vale do Itajaí, Brasil
- Angel García Beltrán, Universidad Politécnica de Madrid, España
- Angel Mora Bonilla, Universidad de Málaga, España
- Angélica de Antonio Jiménez, Universidad Politécnica de Madrid, España
- Antonio Barrientos Cruz, Universidad Politécnica de Madrid, España
- Antonio Navarro Martín, Universidad Complutense de Madrid, España
- Antonio Robles, UNED, España
- Antonio Sarasa Cabezuelo, Universidad Complutense de Madrid, España
- Basil M. Al-Hadithi, Universidad Alfonso X El Sabio, España
- Basilio Pueo Ortega, Universidad de Alicante, España
- Beatriz Pérez Sánchez, Universidad de A Coruña, España
- Begoña García Zapirain, Universidad de Deusto, España
- Belén Curto Diego, Universidad de Salamanca, España
- Carina González, Universidad de la Laguna, España
- Carlos Alario Hoyos, Universidad Carlos III, España
- Carmen Fernández Chamizo, Universidad Complutense de Madrid, España
- Cecilio Angulo Bahón, Universidad Politécnica de Catalunya, España
- César Alberto Collazos Ordóñez, Universidad del Cauca, Colombia
- Crescencio Bravo Santos, Universidad de Castilla-La Mancha, España
- Cristian Olivares, Univ. Andrés Bello, Chile
- Daniel Montesinos i Miracle, Universidad Politécnica de Catalunya, España
- Daniel Mozos Muñoz, Universidad Complutense de Madrid, España
- David Benito Pertusa, Universidad Pública de Navarra, España
- David Pyniol, Institut Obert de Catalunya, España
- Dorindo Elam Cardenas Estrada, Universidad Tecnológica de Panamá y LACCEI, Panamá
- Elio San Cristobal Ruiz, UNED, España
- Eric Roberto Jeltsch Figueroa, Universidad La Serena y LACCEI, Chile
- Faraón Llorens Largo, Universidad de Alicante, España
- Francesc Martori, IQS-Ramón Llull, España
- Francisco Javier Faulin Fajardo, Universidad Pública de Navarra, España
- Gabriel Díaz Orueta, UNED, España
- Gerardo Aranguren Aramendía, Universidad del País Vasco, España
- Gloria Zaballa Pérez, Universidad de Deusto, España
- Gracia Ester Martín Garzón, Universidad de Almería, España
- Gregorio Robles, Universidad Rey Juan Carlos, España
- Gustavo Alves, Instit. Superior de Ingeniería de Oporto, Portugal
- Ilich Imbaquingo C., Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador
- Ismar Frango Silveira, Universidad de Cruzeiro do Sul, Brasil
- Iván Darío Claros, Univ. Autónoma de Madrid, España
- Jaime Urquiza Fuentes, Universidad Rey Juan Carlos, España
- Javier Alfonso Cendón, Universidad de León, España
- Javier Areitio Bertolin, Universidad de Deusto, España
- Javier E. Sanchez Galán, Universidad Tecnológica de Panamá y LACCEI, Panamá
- Javier González Castaño, Universidad de Vigo, España
- Javier Sanz Rodríguez, Universidad Carlos III de Madrid, España
- Jhon Edgar Amaya, Universidad Nacional Experimental del Táchira y LACCEI, Venezuela
- Joaquín Roca Dorda, Universidad Politécnica de Cartagena, España
- Joaquín Roca González, Universidad Politécnica de Cartagena, España
- Jordi Cuadros, IQS-Ramón Llull, España
- Jordi Pallacín, Universidad de Lleida, España
- Jorge A. Tito Izquierdo, University of Houston-Downtown y LACCEI, USA
- Jorge Alberto Fonseca e Trindade, Escola Superior de Tecnologia y Gestão, Portugal
- Jorge Munilla Fajardo, Universidad de Málaga, España
- José Alexandre Carvalho Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
- Jose Ángel Irastorza Teja, Universidad de Cantabria, España
- José Angel Martí Arias, Universidad de la Habana, Cuba
- José Angel Vadillo Zorita, Universidad del País Vasco, España
- José Ignacio García Quintanilla, Universidad del País Vasco, España
- José Javier López Monfort, Universidad Politécnica de Valencia, España
- José Luis Guzmán Sánchez, Universidad de Almería, España
- José Luis Sánchez Romero, Universidad de Alicante, España
- José Luis Villa Ramírez, Universidad Tecnológica de Bolívar y LACCEI, Colombia
- José Ramón Fernández Bernárdez, Universidad de Vigo, España
- Jose Ramón Hilerá González, Universidad de Alcalá de Henares, España
- José V. Benlloch-Dualde, Universidad Politécnica de Valencia, España
- Juan Carlos Soto Merino, Universidad del País Vasco, España
- Juan Carlos Yelmo García, UPM, España
- Juan I. Asensio Pérez, Universidad de Valladolid, España
- Juan Meléndez, Universidad Pública de Navarra, España
- Juan Suardiá Muro, Universidad Politécnica de Cartagena, España
- Juan Vicente Capella Hernández, Universidad Politécnica de Valencia, España
- Laura Eugenia Romero Robles, Tecnológico de Monterrey y LACCEI, México
- Lluís Vicent Safont, Universidad Ramón Llull, España
- Luis Benigno Corrales Barrios, Universidad de Camagüey, Cuba
- Luis de la Fuente Valentín, Universidad Carlos III, España
- Luis Fernando Mantilla Peñalba, Universidad de Cantabria, España
- Luis Gomes, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
- Luis Gómez Déniz, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España
- Luis Zorzano Martínez, Universidad de La Rioja, España

VAEP-RITA (<http://webs.uvigo.es/cese/VAEP-RITA>)

Luisa Aleyda Garcia González,
Universidade de São Paulo, Brasil
Manuel Benito Gómez,
Universidad del País Vasco, España
Manuel Domínguez Dorado,
Universidad de Extremadura, España
Manuel Gromaz Campos,
Centro de Supercomputación de Galicia,
España
Manuel Ortega Cantero,
Universidad de Castilla-La Mancha,
España
Manuel Pérez Cota,
Universidad de Vigo, España
Margarita Cabrera Bean,
Universidad Politécnica de Catalunya,
España
María Antonia Martínez Carreras,
Universidad de Murcia, España
María Eugenia Solís,
Universidad Nacional de Chimborazo,
Riobamba, Ecuador
María Luisa Sein-Echaluce Lacleta,
Universidad de Zaragoza, España
Mario Muñoz Organero,
Universidad de Carlos III, España
María Soledad Ramírez Montoya,
Tecnológico de Monterrey, México
Marta Costa Rosatelli,
Universidad Católica de Santos, Brasil
Mercedes Caridad Sebastián,
Universidad Carlos III, España
Mercedes Marqués Andrés,
Universitat Jaume I, España
Maximiliano Paredes Velasco,
Universidad Carlos III de Madrid, España

Mercedes Ruiz Carreira,
Universidad de Cádiz, España
Miguel Ángel Conde González,
Universidad de León, España
Miguel Angel Gómez Laso,
Universidad Pública de Navarra, España
Miguel Ángel Redondo Duque,
Universidad de Castilla-La Mancha,
España
Miguel Gea Megías,
Universidad de Granada, España
Miguel Rodríguez Artacho,
UNED, España
Miguel Angel Salido,
Universidad Politécnica de Valencia,
España
Miguel Romá Romero,
Universidad de Alicante, España
Nouridine Aliane,
Universidad Europea de Madrid, España
Oriol Gomis Bellmunt,
Universidad Politécnica de Catalunya,
España
Pablo Orduña,
Univ. Deusto, España
Pedro J. Muñoz-Merino,
UC3M, España
Rafael Pastor Vargas, UNED, España
Raúl Alves Santos,
Universidad de Salamanca, España
Raúl Antonio Aguilar Vera,
Universidad Autónoma de Yucatán,
México
Ricardo Colomo,
Østfold University College, Norway

Robert Piqué López,
Universidad Politécnica de Catalunya,
España
Rocael Hernández,
Universidad Galileo, Guatemala
Sergio Martín Gutiérrez,
UNED, España
Silvia Sanz Santamaría,
Universidad de Málaga, España
Susana Nieto Isidro,
Universidad de Salamanca, España
Telmo Zarraonandia,
Universidad Carlos III de Madrid, España
Teresa Restribo,
Univ. Oporto, Portugal
Timothy Read,
UNED, España
Unai Hernández,
Universidad de Deusto, España
Víctor González Barbone,
Universidad de la República, Uruguay
Victor Hugo Medina García, Universidad
Distrital y LACCEI, Colombia
Víctor Hugo Menéndez Domínguez,
Universidad Autónoma de Yucatán,
México
Víctor Manuel Moreno Sáiz,
Universidad de Cantabria, España
Victoria Abreu Sernández,
Universidad de Vigo, España
Xavier Antonio Ochoa Chehab, Escuela
Superior Politécnica del Litoral y LACCEI,
Ecuador
Yaimí Trujillo Casañola, Universidad de
las Ciencias Informáticas y LACCEI, Cuba
Yod Samuel Martín García,
Universidad Politécnica de Madrid, España

Equipo Técnico: Diego Estévez González,
Universidad de Vigo, España

VAEP-RITA es una publicación lanzada por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE (CESEI). Nuestro agradecimiento a los apoyos recibidos desde el año 2006 por el Ministerio Español de Educación y Ciencia a través de la acción complementaria TSI2005-24068-E y del Ministerio Español de Ciencia e Innovación a través de las TSI2007-30679-E y TIN2009-07333-E/TSI. Gracias también a la Universidade de Vigo y a FEUGA por el apoyo en esta nueva etapa.

VAEP-RITA es una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE, gestionada por su Capítulo Español y apoyada por la Universidade de Vigo, España.

VAEP-RITA é uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE, gerida pelo Capítulo Espanhol e apoiada pela Universidade de Vigo, España.

VAEP-RITA is a publication of the IEEE Education Society, managed by its Spanish Chapter, and supported by the Universidade de Vigo, Spain.