

TICAI 2018

TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería

Editores

André Vaz Fidalgo
Oscar Martínez Bonastre

TICAI 2018

**TICs para el
Aprendizaje
de la Ingeniería**

I.S.B.N.: 978-84-8158-838-5

Índice

<i>Unas palabras de los editores</i>	<i>i</i>
<i>Uma palavra dos editores</i>	<i>ii</i>
Capítulo 1	1
Um programa de promoção de conhecimentos matemáticos para integração dos alunos nas licenciaturas em Engenharia: CeAMatE.....	1
<i>M. E. B. de Almeida, J. R. Branco</i>	<i>1</i>
Capítulo 2	9
Implementação de trabalhos em ambiente empresarial no 1o ciclo de estudos em Engenharia Civil (dezembro 2018)	9
<i>D. Ribeiro, T. Neto, R. Santos e M. Portela</i>	<i>9</i>
Capítulo 3	17
Utilizando atilhos para ensinar Resistência dos Materiais: Aprendizagem baseada em problemas	17
<i>L. Andreatta-da-Costa</i>	<i>17</i>
Capítulo 4	23
Tutorización entre iguales: una nueva propuesta de la Escuela Politécnica Superior de Jaén	23
<i>A. Medina-Quesada, J. R. Balsas-Almagro, D. Eliche-Quesada, E. Estévez, F. J. Gallego,</i>	<i>23</i>
Cápítulo 5	31
A contribuição do uso de metodologias ativas de aprendizagem no desenvolvimento de competências para o engenheiro.....	31
<i>Carmen S.G. Lopes, Edson W. Cazarini, Dyjalma A. Bassoli, Alessandra F. Perez.</i>	<i>31</i>
Capítulo 6	39
MOOC estructurado diseñado para la optimización del aprendizaje de Electricidad en la etapa de Secundaria	39
<i>Blazquez-Merino Manuel, Macho-Aroca Alejandro, Baizán-Álvarez Pablo, García-Loro Félix, San Cristobal Elio, Diaz Gabriel, Castro Manuel</i>	<i>39</i>
Capítulo 7	49
SUCRE4Kids: tres años de experiencia en la incentivación del pensamiento computacional en edades preuniversitarias.....	49
<i>Sergio Trilles, Carlos Granell y Estefanía Aguilar-Moreno</i>	<i>49</i>
Capítulo 8	57
Análisis de la Motivación, la Satisfacción y el Esfuerzo en la Implantación de un Grado Bilingüe.....	57
<i>Juan A. Rico-Gallego, Roberto Rodríguez-Echeverría, Fernando Sánchez-Figueroa, Jaime Galán-Jiménez, Juan C. Preciado</i>	<i>57</i>

Capítulo 9	65
Enseñando circuitos eléctricos a estudiantes de secundaria a través de una aplicación para dispositivos móviles	65
<i>Roberto F. García Mena, Milagros Huerta Gómez de Merodio</i>	65
Capítulo 10	71
Una Nueva Herramienta CAD para Asistir a Estudiantes de Diseño Industrial en la Realización de Esquemas Eléctricos -- CADDI	71
<i>Patricia Ruiz and Bernabé Dorronsoro</i>	71
Capítulo 11	77
Entrenador de comunicaciones digitales basado en FPGA controlado mediante LabVIEW.....	77
<i>Oswaldo González, Manuel Rodríguez, Alejandro Ayala, Silvestre Rodríguez, Beatriz R. Mendoza</i>	77
Capítulo 12	83
¿Pueden los exámenes impulsar el aprendizaje activo en la Educación en Ingeniería?	83
<i>Carlos Efrén Mora, Javier Machado-Toledo, Peña Fabiani-Bendicho, Jorge Martín-Gutiérrez y Sara González-Pérez, Universidad de La Laguna</i>	83
Capítulo 13	91
Ecosistemas Software: Análisis de revisiones sistemáticas de literatura	91
<i>Alicia García-Holgado y Francisco J. García-Peñalvo,</i>	91
Capítulo 14	99
Uma solução sustentável para os alunos fazerem mais experimentos com circuitos eléctricos e electrónicos	99
<i>Gustavo R. Alves, Manuel C. Felgueiras, Maria C. Viegas, André V. Fidalgo, Maria A. Marques, Ricardo J. Costa, Natércia M. Lima, Manuel Castro, Javier García-Zubía, Andreas Pester, Wlodek Kulesza, Juarez B. Silva, Ana Pavani, María I. Pozzo, Susana Marchisio, Ruben A. Fernández, Vanderli F. de Oliveira, y Luis C. Schlichting</i>	99

Unas palabras de los editores

TICAI 2018 es el duodécimo volumen de una serie editada por los Capítulos Español y Portugués de la Sociedad de Educación del IEEE, que tuvo su inicio en 2006. Esta serie está dirigida principalmente a presentar los mejores trabajos en lengua española y portuguesa en el campo de la enseñanza de la ingeniería en áreas cubiertas por el IEEE, y presentados en los más reconocidos foros internacionales donde estos temas son discutidos.

Este volumen integra 14 artículos presentados en 7 conferencias nacionales e internacionales, cubriendo temas de alto interés como son los laboratorios remotos y la enseñanza a distancia. También se incluyen diversos temas como son el desarrollo de marcos de aprendizaje de las diferentes tecnologías, prácticas formativas en un entorno profesional, estudio de retos y tendencias de innovación en el aprendizaje con el objetivo de mejorar la enseñanza en la ingeniería.

Agradecemos a todos los autores la colaboración en la edición de un volumen más de esta colección, que permite compartir experiencias innovadoras, al mismo tiempo que difundir los idiomas castellano y portugués. A cada lector le deseamos una lectura provechosa e inspiradora, que pueda contribuir a que, conociendo lo más reciente en términos de aplicación de la tecnología y de la creación de metodologías pedagógicas innovadoras en la enseñanza/aprendizaje de la ingeniería, en este espacio geográfico que son los países iberoamericanos, se sienta motivado no sólo para usar la tecnología y sus prácticas asociadas, sino para desarrollar su propio trabajo en esta área.

Los editores

Oscar M Bonastre (Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE)

André Fidalgo (Capítulo Portugués de la Sociedad de Educación del IEEE)

Uma palavra dos editores

TICAI 2018 é o décimo segundo volume de uma série editada pelos Capítulos Espanhol e Português da Sociedade de Educação do IEEE, que teve início em 2006. Esta série tem como objetivo central divulgar os melhores trabalhos em língua espanhola e portuguesa no domínio do ensino da engenharia nas áreas abrangidas pelo IEEE, apresentados nos mais reconhecidos fóruns internacionais, onde estes temas são discutidos.

Este volume integra 14 artigos apresentados em 7 conferências nacionais e internacionais, cobrindo diversos temas em elevado crescimento como os laboratórios remotos e o ensino à distância- Também são apresentadas um vasto leque de propostas e ferramentas para aplicação ao ensino e aprendizagem em diferentes níveis em ambientes, incluindo em particular o ensino universitário de engenharia mas também o ensino aos níveis secundário ou profissional.

Agradecemos a todos os autores a colaboração na edição de mais um volume desta coleção que permite partilhar novas experiências inovadoras e ao mesmo tempo difundir os idiomas português e castelhano. A cada leitor desejamos uma leitura profícua e inspiradora, que possa contribuir para que, conhecendo o que de mais recente se produziu em termos de aplicação da tecnologia e da criação de metodologias pedagógicas inovadoras no ensino/aprendizagem da engenharia, neste espaço geográfico que são os países ibero-americanos, se sinta motivado não só para usar essa tecnologia sua aplicação prática, mas igualmente para desenvolver o seu próprio trabalho nesta área.

Os editores

Oscar M. Bonastre (Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação do IEEE)

André Fidalgo (Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE)

Capítulo 1

Um programa de promoção de conhecimentos matemáticos para integração dos alunos nas licenciaturas em Engenharia: CeAMatE

M. E. B. de Almeida, J. R. Branco, Polytechnic Institute of Coimbra, ISEC, Coimbra, Portugal

Title — A program to promote mathematical knowledge for students' integration in Engineering degrees: CeAMatE.

Abstract — Lack of elementary mathematical knowledge by students who take engineering degrees at Coimbra Institute of Engineering (ISEC – *Instituto Superior de Engenharia de Coimbra*) explain part of the failure and absence to evaluations on Differential and Integral Calculus (CDI – *Cálculo Diferencial e Integral*) curricular units. In this article, we present the results of two working years of Math Support Centre in Engineering (CeAMatE – *Centro de Apoio à Matemática na Engenharia*), a Centre that supports ISEC student's to overcome their difficulties and to prepare them to a full integration on CDI curricular units.

Keywords — Differential and integral calculus, Mathematical knowledge, Teaching, Learning.

Abstract — A falta de conhecimentos básicos e elementares em Matemática, por parte dos alunos que ingressaram em licenciaturas de Engenharia, explicam parte do insucesso e abstenção dos alunos às unidades curriculares de Cálculo Diferencial e Integral (CDI). Neste artigo apresentamos os resultados dos dois anos de trabalho realizado no âmbito do Centro de Apoio à Matemática na Engenharia (CeAMatE), no apoio aos alunos que ingressam nas licenciaturas em Engenharia do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, preparando-os para uma plena integração das Unidades Curriculares de CDI (UC-CDI).

Keywords — *Cálculo diferencial e integral, Conhecimentos matemáticos, Ensino, Aprendizagem.*

I. ENQUADRAMENTO

As políticas de ingresso no Ensino Superior e a atual relação entre a oferta formativa e a procura, com claro défice na procura, tentam democratizar o acesso ao mesmo. No entanto, essa democratização revela assimetrias na procura dos cursos constatando-se que, nos anos mais recentes, as áreas da Engenharia têm sido preteridas, [1]. No que respeita aos cursos de Engenharia, uma das razões para esse défice na procura é a dupla exigência de nota positiva a Matemática e a Física. Reconhecendo a fundamentação desta medida, uma vez que se tratam de áreas nucleares para esses cursos, os resultados obtidos nas provas específicas de Matemática fazem com que os alunos procurem alternativas

noutras áreas, [2]. Concomitantemente, as instituições de Ensino Superior tentam colmatar este decréscimo recorrendo a outras modalidades de acesso considerados na lei (Maiores de 23 anos, Titulares de Cursos Superiores ou Médios, Diplomas de Especialização Tecnológica, Regimes Especiais, etc.), [3], com a consequente heterogeneidade ao nível dos conhecimentos básicos e elementares, nomeadamente na área da Matemática. Torna-se, por isso, inevitável uma atenção redobrada na definição de meios alternativos para complementar a formação de alguns dos perfis admitidos, [4].

A passagem do aluno a elemento central do processo de ensino-aprendizagem é definida pela Declaração de Bolonha (1999), na medida em que o mesmo é incentivado a desenvolver um trabalho mais autónomo que implica um aumento do seu investimento e do seu grau de esforço ao longo do percurso académico e, consequentemente, uma diminuição nos tempos de contacto professor versus aluno, limitando a capacidade de intervenção direta dos docentes.

Neste contexto, torna-se prioritário que os docentes de Matemática que trabalham em licenciaturas de Engenharia, sobretudo os que lecionam unidades curriculares no primeiro ano, procurem mudanças nas suas práticas pedagógicas que permitam a adequação das estratégias educativas às características dos alunos, aos seus modos de comunicação, dificuldades, motivações e estilos de aprendizagem. Esta prática torna-se um desafio permanente para os professores do Ensino Superior e lança para debate algumas questões importantes, nomeadamente no que respeita à motivação, ao sucesso do aluno e ao seu modo de aprender.

O ensino das UC-CDI tem sido evidenciado em muitos estudos, [5], [6], [7], [8], [9], e o sucesso na integração dos alunos está dependente da compatibilidade entre os conhecimentos de base em Matemática, adquiridos durante o percurso no Ensino Secundário, com os conhecimentos considerados essenciais para a frequência do primeiro ano da licenciatura em Engenharia.

II. O GRUPO DE INVESTIGAÇÃO EM DIDÁTICA DA MATEMÁTICA (GIDiMatE)

O Grupo de Investigação em Didática da Matemática na Engenharia (GIDiMatE) é um grupo de investigação que tenta compreender e descrever o fenómeno do insucesso escolar da Matemática no ensino da Engenharia, nomeadamente das UC-CDI. Nesse sentido, desenvolve estudos que permitam

analisar como, onde e porque os alunos aprendem ou não aprendem Matemática, estabelecer relações entre os métodos de ensino e a forma como os alunos aprendem, e construir ambientes de aprendizagem que responsabilizem os intervenientes no processo educativo.

Uma das faces visíveis do GIDiMatE é o Teste Diagnóstico (TD), que foi definido com o objetivo de avaliar o nível de conhecimentos básicos e elementares em Matemática dos alunos do ISEC aquando da sua entrada no Instituto. Foi elaborado pelo GIDiMatE no ano letivo 2011/2012 e sucessivamente adaptado até ao ano letivo 2013/2014, em cooperação com o *Dublin Institut of Technology* (DIT) e tendo em conta o relatório *Mathematics for the European Engineer - A Curriculum for the Twenty-First Century*, [10], levado a cabo pela *European Society for Engineering Education* (SEFI). Tendo como referências o documento da SEFI e o programa do Ensino Básico e Secundário português, a versão final é constituída por 20 questões de Álgebra, Análise e Cálculo, Geometria e Trigonometria, 9 das quais são comuns ao teste de diagnóstico realizado no *Dublin Institute of Technology* (DIT), o que reforça a transversalidade do problema da educação, [11].

Os resultados, entretanto obtidos mostram que, independentemente da forma de ingresso, o nível de conhecimentos é baixo, mas não exclusivo dos alunos do ISEC ou sequer do sistema de ensino português. Essas conclusões são reforçadas por outros estudos, como o do grupo de trabalho da SEFI, que já em 1999 descreveu o declínio de competências dos alunos à entrada, agravada pela heterogeneidade da formação dos candidatos às licenciaturas de Engenharia, [12].

III. O CENTRO DE APOIO À MATEMÁTICA NA ENGENHARIA - CeAMatE

A. O CeAMatE

Foi neste contexto que Bigotte e Fidalgo encetaram, em 2013, um processo de consciencialização da comunidade educativa do ISEC, para implementação do CeAMatE, [13]. Esta iniciativa foi apoiada pela Presidência do ISEC, em fevereiro de 2014, quando autorizou a realização do projeto para candidatura, entretanto não aprovada, ao programa “Projetos Inovadores no Domínio Educativo” promovido pela Fundação Calouste Gulbenkian.

O CeAMatE é uma estrutura destinada ao apoio personalizado dos alunos na aprendizagem da Matemática na Engenharia e tem duas componentes: o CeAMatE-in e o CeAMatE-on.

O CeAMatE-in é um espaço físico dedicado ao apoio da aprendizagem da Matemática, localizado no Departamento de Física e Matemática do ISEC, onde se disponibilizam recursos e se desenvolvem atividades, paralelas e suplementares às desenvolvidas em sala de aula, com caráter não obrigatório, que tem por objetivo ajudar os alunos na superação das dificuldades matemáticas. Pretende-se, deste modo, disponibilizar um serviço de qualidade e um conjunto de recursos de aprendizagem, que permitam aos alunos ultrapassarem as suas dificuldades, através de estudo autónomo e com o auxílio de professores.

O CeAMatE-on é uma plataforma de e-learning, com ferramentas que vão ao encontro dos interesses e motivações

dos alunos, [14]. Esta plataforma assenta numa organização que tem por base as preferências individuais dos estudantes e o respetivo nível cognitivo. O desenvolvimento da plataforma decorre de um projeto no âmbito da licenciatura em Engenharia Informática do ISEC e os seus conteúdos ainda estão em construção.

B. Organização

Este projeto tem implícitas algumas particularidades importantes, como a associação entre Ensino Superior, a Sociedade Civil e a comunidade educativa onde está inserido. A implementação do CeAMatE-in resulta de uma parceria entre o GIDiMatE e a instituição particular de solidariedade social Centro de Apoio Social de Pais e Amigos da Escola (CASPAE). Esta parceria passa pela prestação de serviço na contratação de um docente afeto à estrutura, por forma a garantir o funcionamento do Centro. Outro dos pilares de sustentabilidade do CeAMatE-in é a integração de alunos com sucesso comprovado em UC-CDI, no âmbito do programa de Voluntariado existente no Instituto Politécnico de Coimbra, cujo trabalho reverte em suplemento ao diploma, [15].

Este projeto iniciou-se no ano letivo 2015/2016 e é dirigido, em primeira instância, aos alunos do ISEC, especialmente os que frequentam as UC-CDI e não têm os conhecimentos básicos necessários. Recentemente, passou também a ser possível a frequência a alunos externos ao ISEC e que se auto propõem para a frequência no Centro, como é o caso dos candidatos ao ensino superior através do concurso para Maiores de 23 anos. Esta abertura do CeAMatE-in a alunos externos permite a prestação de um serviço à comunidade, que servirá de apoio financeiro para suportar os custos de funcionamento da estrutura.

C. Metodologia

É utilizada uma metodologia de diagnóstico, encaminhamento e avaliação. O apoio personalizado e corresponsável oferecido, pretende induzir comportamentos de autoeficácia, evitar desmotivação associada ao estudo autónomo e abandono às aulas. O instrumento de base na metodologia de acompanhamento aplicada no CeAMatE-in é o TD, que fornece informação relativa aos conhecimentos de base que o aluno possui e serve de pré teste (ou de sinalizador, no fim do processo), facultando informação específica sobre o conteúdo matemático que deverá ser trabalhado com o aluno no período de acompanhamento e no qual incidirá um maior nível de esforço. Para o efeito é construído um Plano Individual de Trabalho (PIT) elaborado segundo o referencial *Mathematics for the European Engineer – A Curriculum for the Twenty-First Century*, [16], no que se adapta ao ensino português e aos conhecimentos mínimos aconselhados à entrada do Ensino Superior para um curso de Engenharia. Este documento, além dos dados (pessoais e académicos) do aluno, inclui um plano de trabalho, constituído por um conjunto selecionado de fichas de estudo e exercícios retirados do *MathCentre*, [17], e por um conjunto de textos, em português, produzidos pelo Centro. O plano é avaliado e reformulado, se necessário, à medida que o aluno frequenta o apoio no CeAMatE-in. Promove-se o acompanhamento contínuo do aluno, a definição de uma formação sólida e estruturada e a autoproposta de tarefas. Ao longo de todo o processo, os alunos são acompanhados por um professor de

Matemática que colabora no esclarecimento de dúvidas e na orientação dos momentos de estudo autónomo, no sentido de rentabilizar o processo de aprendizagem.

D. Estrutura

Na Tabela 1 apresentamos uma descrição resumida da estrutura (física, recursos humanos e operacionais) do CeAMatE, desde a sua génese.

IV. RESULTADOS

Neste trabalho efetua-se a análise dos dados recolhidos nos primeiros quatro semestres letivos de implementação, desde a abertura do CeAMatE, a 14 de outubro de 2015.

A. Teste Diagnóstico

O TD foi realizado na primeira semana de aulas nas UC-CDI das diversas licenciaturas de Engenharia do ISEC, exceto no 1º semestre de 2016/2017, em que foi realizado no ato da matrícula no ensino superior na instituição de ensino. Na Figura 1 apresentamos os resultados relativos ao número de estudantes que realizaram o TD em cada um dos semestres. O número de alunos que realizou o TD no 1º semestre é, em ambos os anos, superior ao do 2º semestre. Isso deve-se ao facto de a maioria das UC-CDI dos cursos do ISEC serem ministradas no 1º semestre e também ao método de realização do TD (no momento da matrícula no ISEC). Realça-se que a maioria dos alunos abrangidos na análise relativa aos segundos semestres são provenientes da unidade curricular de Análise Matemática I ministrada na Licenciatura em Engenharia Informática e que funciona em regime deslizando. Este regime, implementado em algumas unidades curriculares do ISEC, permite a frequência da

TABELA 1.

CeAMatE: INFRAESTRUTURA, RECURSOS HUMANOS E OPERACIONAIS.

		Descrição
2014/2015	2º semestre	- período experimental - CeAMatE-in - PIT: ficheiros do <i>MathCentre</i> - suporte por parte de um professor do ensino secundário contratado (professor A) - apoio por parte da equipa coordenadora
	1º semestre	- manutenção do plano do ano anterior - preparação do CeAMatE-on - horário de funcionamento: 17 horas no 1º semestre e 18 horas no 2º semestre, definidas em função da disponibilidade manifestada pelos alunos - suporte por parte de estudantes com sucesso comprovado a CDI, em regime de voluntariado
2016/2017	1º semestre	- manutenção do plano do ano anterior - PIT: inclusão de ficheiros próprios do Centro, elaborados tendo em conta o conteúdo programático fundamental para integração nas UC-CDI - horário de funcionamento: 9 horas, fixo durante todo o ano letivo, definido tendo em conta os períodos de maior procura do ano anterior - acesso a alunos externos (Maiores de 23 anos)
	2º semestre	- manutenção do plano do ano anterior - suporte por parte de um professor do ensino secundário contratado (professor B)

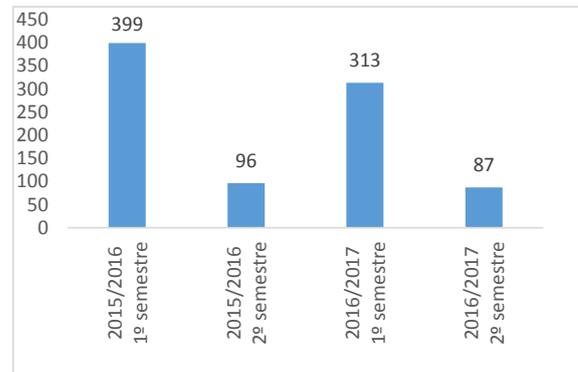


Figura 1. Número de estudantes que realizaram o TD em cada semestre.

respetiva unidade curricular no semestre alternativo e em complemento do programa curricular da licenciatura. Esta medida foi adotada pelo ISEC, em unidades curriculares estratégicas, como resposta às dificuldades manifestadas pelos alunos, conseqüente insucesso nas avaliações e elevado número de alunos inscritos nas mesmas.

De acordo com a metodologia definida, são aconselhados a procederem à inscrição no CeAMatE todos os alunos que não acertam a pelo menos 60% das perguntas do TD. A definição deste nível de respostas certas não equivale ao aluno possuir os conhecimentos básicos e complementares essenciais à plena integração nas UC-CDI, mas tão somente à definição de um limite mínimo considerado de alerta para a eventual necessidade de um apoio complementar, de modo a proceder à uniformização dos conhecimentos à entrada no Ensino Superior. Da análise dos resultados verifica-se que a maioria dos alunos não possui esses requisitos mínimos, conforme apresentado na Figura 2, o que reforça a necessidade de encontrar estratégias que permitam colmatar esses constrangimentos.

B. Frequência ao Centro

Na Tabela 2 apresentamos o número de estudantes que frequentaram o CeAMatE-in nos 4 semestres em análise.

A redução, em termos absolutos, do primeiro para o segundo ano está enviesada pela redução do número de horas de funcionamento do Centro, de 17 para 9 horas semanais, conforme apresentado na Tabela 1 e em [18]. Esse ajustamento foi estratégico, uma vez que no primeiro ano o horário de funcionamento foi definido de acordo com as disponibilidades manifestadas pelos alunos (o que deu

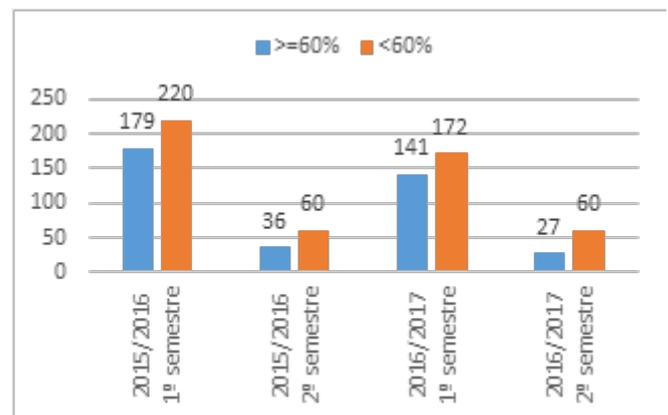


Figura 2. Resultados do TD em cada semestre.

TABELA 2.
TOTAL DE ALUNOS QUE FREQUENTARAM O CeAMatE-IN EM CADA SEMESTRE

	2015/2016 1º semestre	2015/2016 2º semestre	2016/2017 1º semestre	2016/2017 2º semestre
Número de estudantes	52	21	31	13

origem a um período de 17 horas semanais) e no segundo ano foi definido tendo em conta a frequência efetiva do primeiro ano (tendo sido reduzido para 9 horas semanais, uma vez que alguns períodos tinham reduzida afluência). No segundo ano o horário manteve-se fixo durante os dois semestres, uma vez que o Centro esteve disponível para alunos externos ao ISEC.

Dada a diferença de horas de atendimento do Centro do primeiro para o segundo ano, a comparação do número de alunos que o frequentou deve ser feita em termos relativos. Assim, se tivermos em conta a taxa de inscrição no Centro,

Número de alunos que frequentou o Centro
Total de horas de atendimento do Centro

verificamos que o número de inscritos por hora, no 1º semestre aumentou de 0.22 para 0.25, do primeiro para o segundo ano, enquanto no 2º semestre aumentou de 0.09 para 0.10, conforme apresentado na Figura 3.

Na Tabela 3 apresentamos o número de visitas ao Centro e o tempo total das mesmas, nos 4 semestres em análise.

Mais uma vez, estes números devem ser analisados de forma relativa. Assim, se tivermos em conta o rácio que determina a densidade de ocupação do Centro,

Duração total das visitas ao Centro
Total de horas de atendimento do Centro

notamos que o número médio de alunos no Centro por hora, no 1º semestre aumentou de 2.46 para 3.09, do primeiro

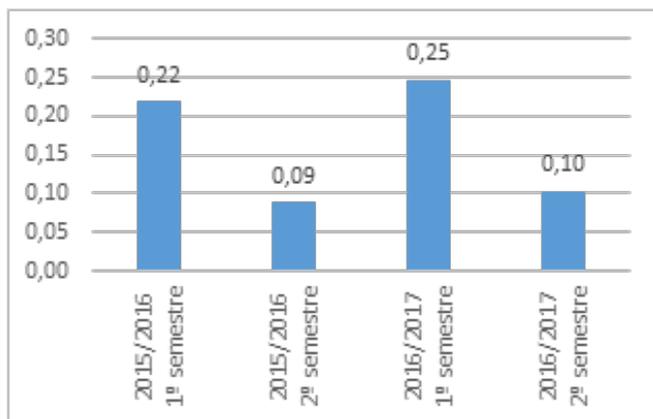


Figura 3. Número de alunos inscritos por hora de atendimento do Centro.

TABELA 3.
FREQUÊNCIA AO CeAMatE-IN EM CADA SEMESTRE.

	2015/2016 1º semestre	2015/2016 2º semestre	2016/2017 1º semestre	2016/2017 2º semestre
Tempo total das visitas	585h	276m	389h	266h
Número de visitas	304	140	212	110

para o segundo ano, enquanto no 2º semestre aumentou de 1.16 para 2.11, conforme apresentado na Figura 4.

Se analisarmos o número médio de visitas ao Centro,

Número total de visitas ao Centro
Total de horas de atendimento do Centro

notamos que o número de visitas ao Centro por hora, no 1º semestre aumentou de 1.28 para 1.68, do primeiro para o segundo ano, enquanto no 2º semestre aumentou de 0.59 para 0.87, conforme apresentado na Figura 5.

Dos dois últimos rácios concluímos que, em termos médios, no ano letivo 2016/2017 os estudantes que frequentaram o Centro mais vezes e durante mais tempo. Se tivermos em conta os dados individuais por aluno verificamos que a duração média de cada visita, no 1º semestre decresceu de 1.92 para 1.83 horas, do primeiro para o segundo ano, mas no 2º semestre aumentou de 1.99 para 2.41 horas. Este aumento deve-se, principalmente, aos alunos externos, como evidenciaremos mais à frente.

Deve notar-se que a frequência no CeAMatE-in é voluntária e facultativa. Os dados observados revelam grande disparidade, o que sugere a definição de estratégias envolvam e responsabilizem os alunos no seu processo de aprendizagem.

C. Avaliação em UC-CDI

A análise do impacto do Centro no sucesso escolar dos alunos, especialmente nas UC-CDI, carece de reflexão mais

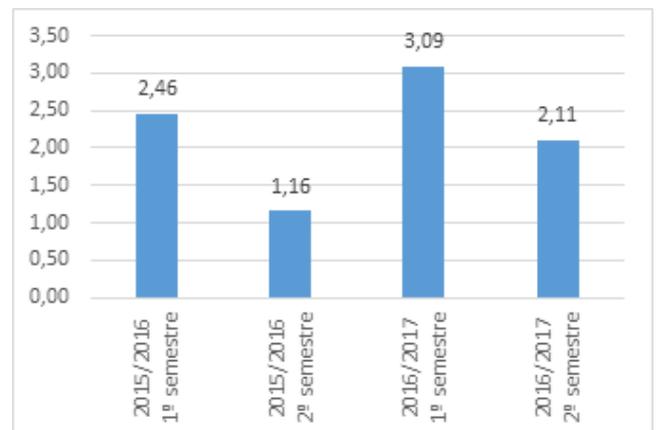


Figura 4. Número médio de alunos no CeAMatE-in, por hora.

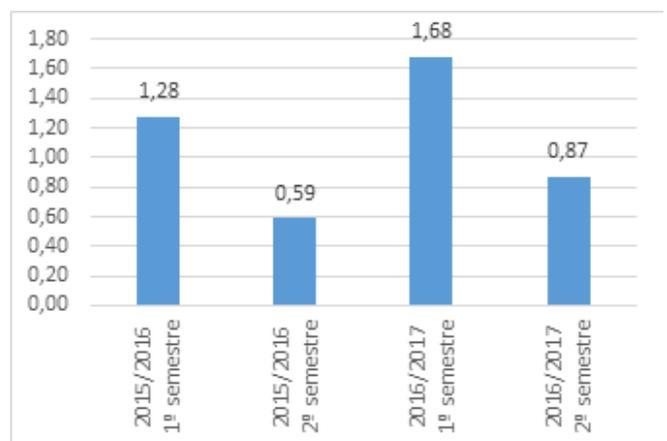


Figura 5. Número médio de visitas ao CeAMatE-in, por hora.

profunda, uma vez que a frequência ao Centro foi muito variável e falta informação dos resultados dessas avaliações por parte de muitos dos alunos que frequentaram o Centro. Assim, no futuro, pretendemos recolher, no final de cada semestre, depoimentos dos estudantes que frequentaram o Centro, bem como informação dos seus resultados às avaliações, de modo a perceber as razões do insucesso e a definir novas estratégias de aprendizagem.

Na Figura 6 apresentamos os resultados do 1º semestre de 2015/2016 da avaliação a CDI (eixo vertical) em função do tempo de frequência ao Centro (eixo horizontal). Os resultados da avaliação são dados numa escala de 0 a 20 valores, sendo aprovado todo o aluno com nota igual ou superior a 10 valores. Os 17 estudantes que não se submeteram a avaliação estão identificados com resultado “-5” (trata-se de um marcador e não de um resultado efetivo). Não temos informação sobre os resultados de 24 dos estudantes que frequentaram o Centro (pelo menos uma vez) e que, por isso, não estão representados.

Os resultados mostram que os alunos têm frequência ao Centro muito diversa e sugerem que o tempo passado no Centro e o resultado na avaliação a CDI têm uma relação positiva. Os resultados parecem ainda evidenciar que os estudantes têm noção das suas limitações e, por isso, tendem a submeter-se a avaliação apenas quando se sentem mais preparados. Por outro lado, muitos estudantes revelam resiliência em investir na superação das suas dificuldades. Deve ainda notar-se que os alunos com frequência mais regular ao Centro (entre 21 a 28

horas durante o semestre, que correspondem a uma frequência média entre 1.5 a 2 horas semanais), revelaram resultados satisfatórios na avaliação a CDI, já que dos 11 estudantes nessas condições, 6 realizaram avaliação e 4 obtiveram aprovação.

Na Figura 7 apresentamos os resultados do 2º semestre de 2015/2016. Verificamos que frequentaram o Centro 21 estudantes, 10 dos quais em continuação do 1º semestre. Submeteram-se à avaliação a CDI 8 estudantes e 5 deles obtiveram aprovação. Adicionalmente, dos 8 estudantes que se submeteram a avaliação, 5 já tinham frequentado o Centro durante o 1º semestre e 4 deles obtiveram aprovação. Estes resultados reforçam a importância do trabalho contínuo e corretamente planificado, sem saltar etapas. Observamos que 8 estudantes não se submeteram a avaliação e que não temos informação sobre 5 estudantes que frequentaram o Centro durante este semestre (e que, por isso, não estão representados).

Na Figura 8 apresentamos os resultados às avaliações de CDI no 1º semestre de 2016/2017. Submeteram-se à avaliação 10 estudantes, tendo 4 deles obtido aprovação. 17 estudantes não se submeteram a qualquer avaliação e não temos informação sobre 4 estudantes que frequentaram o Centro durante esse semestre (e que, por isso, não estão representados). Estes resultados são difíceis de analisar, dada a dispersão verificada.

Na Figura 9 apresentamos os resultados do 2º semestre de 2016/2017. Submeteram-se a avaliação a CDI 7 estudantes,

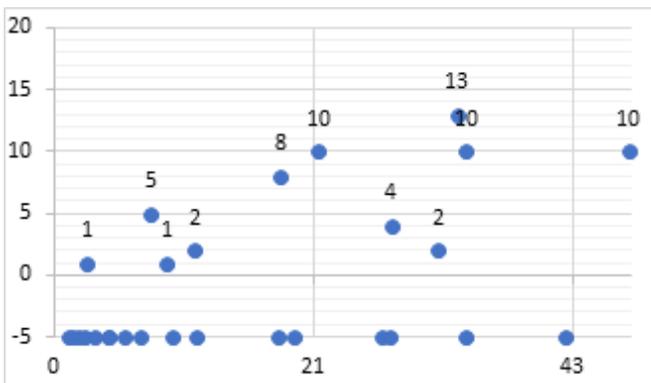


Figura 6. Resultados da avaliação às UC-CDI, em função do número de horas de frequência ao CeAMatE-in (1º semestre de 2015/2016).

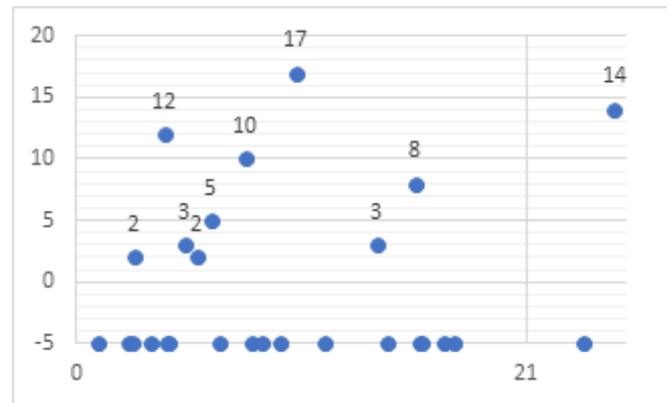


Figura 8. Resultados da avaliação às UC-CDI, em função do número de horas de frequência ao CeAMatE-in (1º semestre de 2016/2017).

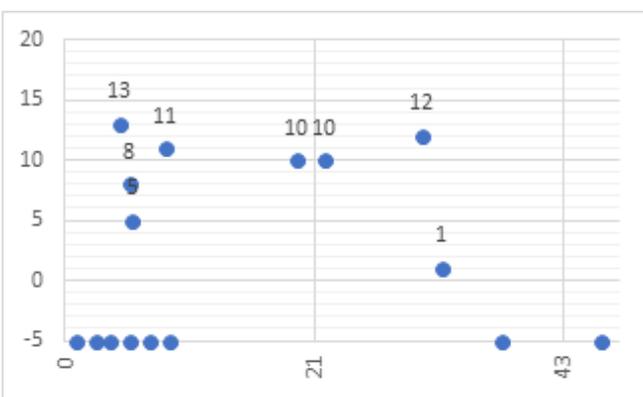


Figura 7. Resultados da avaliação às UC-CDI, em função do número de horas de frequência ao CeAMatE-in (2º semestre de 2015/2016).

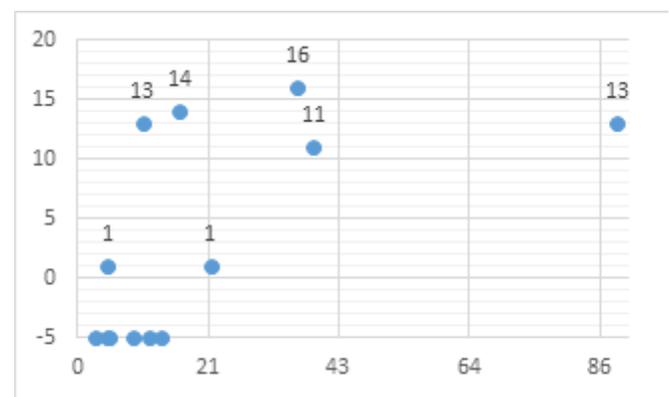


Figura 9. Resultados da avaliação às UC-CDI, em função do número de horas de frequência ao CeAMatE-in (2º semestre de 2016/2017).

tendo 5 deles obtido aprovação. Neste caso temos informação de todos os alunos que frequentaram o Centro e verificamos que existem 6 estudantes que não se submeteram a avaliação.

D. Alunos externos

Durante o ano letivo 2016/2017 o Centro teve a frequência, pela primeira vez, de estudantes candidatos ao ensino superior por via do concurso 2017/2018 para Maiores de 23 anos. Foram 3 os estudantes nestas condições, 2 dos quais começaram a frequentar o Centro ainda durante o 1º semestre. Os resultados obtidos nas provas de Acesso são os apresentados na Figura 10. Todos obtiveram aprovação e os resultados mostram a relação, natural, entre o tempo de estudo despendido e o resultado na prova específica de Matemática realizada. Deve notar-se que estes candidatos complementaram a frequência no Centro com a frequência no Curso Livre de Matemática, um curso de curta duração, oferecido pelo Departamento de Física e Matemática a todos os candidatos a Licenciaturas do ISEC, através do concurso para Maiores de 23 anos.

V. CONCLUSÕES

Os resultados e conclusões apresentadas são maioritariamente de diagnóstico e mostram que o apoio suplementar pode ajudar os estudantes a ultrapassar as suas dificuldades nos conhecimentos básicos e elementares em Matemática, no que respeita aos conhecimentos tidos como essenciais para a frequência de cursos de Engenharia.

Os resultados da participação no CeAMatE-in são heterogêneos, mas induzem a necessidade de definição de estratégias que motivem e envolvam os estudantes no seu processo de aprendizagem. Também é importante assegurar que todos os estudantes do ISEC têm conhecimento da existência do Centro e que possam beneficiar dos seus serviços, que o ISEC lhes disponibiliza gratuitamente, no sentido de os ajudar a ultrapassar as suas dificuldades e falta de conhecimentos básicos em Matemática, tidos como essenciais para uma adequada integração nas UC-CDI e do próprio curso.

É nossa intenção aprofundar a investigação e análise dos resultados, de modo a analisar a influência do percurso académico dos estudantes no ensino secundário e também a comparar os seus conhecimentos matemáticos antes e

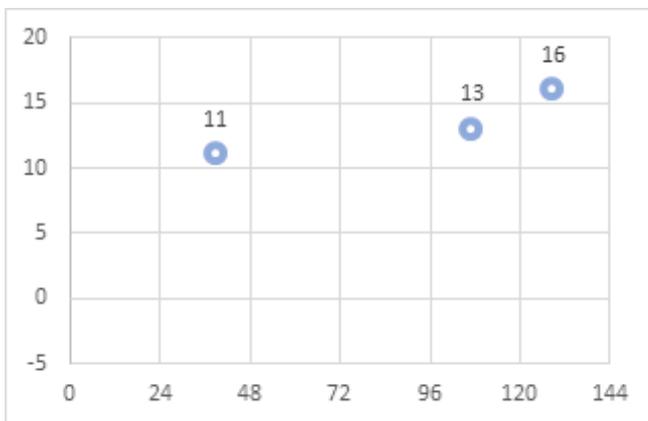


Figura 10. Resultados da avaliação à prova específica de Matemática, em função do número de horas de frequência ao CeAMatE-in, por parte dos estudantes que concorreram ao ensino ISEC através do programa Maiores de 23 anos para o ano letivo 2017/2018.

depois da frequência no Centro. Para isso, necessitaremos melhorar o processo de recolha de informação dos alunos que o frequentam, nomeadamente no que respeita à obtenção dos seus resultados nas avaliações às UC-CDI.

REFERÊNCIAS

- [1] DGES (2018), Regime Geral: Ensino Superior Público Concurso Nacional de Acesso, Estatísticas 1997 a 2017. <http://www.dges.gov.pt/pagina/regime-geral-ensino-superior-publico-concurso-nacional-de-acesso?plid=593>
- [2] IAVE (2017), Relatório Nacional 2010-2016, Exames Finais Nacionais, Ensino Secundário. http://www.iave.pt/images/FicheirosPDF/Docs_Avalia%C3%A7%C3%A3o_Alunos/Relat%C3%B3rios/Relat_ES_2010_2016_LV.PDF
- [3] DGES (2018), Formas de acesso ao ensino superior português. https://www.dges.gov.pt/formas_de_acesso?plid=593
- [4] Bigotte, M.E., Branco, J.R. & Fidalgo, C. (2015). Matemática e sucesso académico no ensino da Engenharia. Pedagogia no Ensino Superior, Coleção Estratégias de Ensino e Sucesso Académico: Boas Práticas no Ensino Superior, 1(4), 77-91.
- [5] Barbosa, M.A. (2004). O insucesso no ensino e aprendizagem na disciplina de cálculo diferencial e integral. Dissertação de Mestrado: PU-CPR. http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=291
- [6] Cardella, M. (2008). Which mathematics should we teach engineering students? An empirically grounded case for a broad notion of mathematical thinking, Teaching Mathematics and its Applications, 27(3), 150-159
- [7] Gill, O. & O'Donoghue, J. (2007). The mathematical deficiencies of students entering third level: An item by item analysis of student diagnostic tests. Proceedings of 2nd National Conference on Research in Mathematics Education-MEI 2.
- [8] Rezende, W.M. (2003). O ensino de Cálculo: Dificuldades de Natureza Epistemológica. São Paulo, Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, USP. <http://www.nilsonjosemachado.net/lca19.pdf>
- [9] Rosa, O.S. (2011). Aspectos Motivacionais do Cálculo Diferencial e Integral. Universidade de Severino Sombra, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Educação Matemática. <http://www.lematec.net.br/CDS/XIIICIAEM/artigos/1235.pdf>
- [10] SEFI (2002). Mathematics for the European Engineer – A Curriculum for the Twenty-First Century. Mathematics Working Group. <http://sefi.htw-aalen.de/Curriculum/sefimarch2002.pdf>
- [11] Bigotte, M.E., Fidalgo, C., Branco, J.R. & Santos, V. (2014). ACAM – Competency Assessment / Improvement Actions: Diagnose to guide. Proceedings of the 17th SEFI MWG Seminar Mathematical Education of Engineers, SEFI 2014.
- [12] SEFI (1999). The Newsletter of the SEFI Working Group on Mathematics in Engineering Education. Spring Edition. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.197.292&rep=rep1&type=pdf>
- [13] Bigotte, M.E. & Fidalgo, C. (2014). O ensino da Matemática nas licenciaturas de Engenharia: Centro de Apoio à Matemática. Cadernos de pedagogia no ensino superior, CINEP, nº 29, 1-25.
- [14] Bigotte, M.E. & Gomes, A. (2015). The CeAMatE-on project: an online Mathematical Support Centre in Engineering. Atas do XVII Simpósio Internacional de Informática Educativa, Lisboa, 169-175.
- [15] IPCSer (2014), Voluntariado do IPC. <http://voluntariado.ipc.pt/index.htm>
- [16] SEFI (2013). A framework for Mathematics Curricula in Engineer Education. Mathematics Working Group. https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/14747/3/Competency%20based%20curriculum_v18_08072013.pdf
- [17] MathCentre (2014). <http://www.mathcentre.ac.uk/students/courses>
- [18] Bigotte, M.E., Gomes, A., Branco, J.R. & Pessoa, T. (2016). The Influence of Educational Learning Paths in Academic Success of Mathematics in Engineering Undergraduate, 2016 IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings. https://www.researchgate.net/publication/311316799_The_influence_of_educational_learning_paths_in_academic_success_of_mathematics_in_engineering_undergraduate



Maria Emília Bigotte de Almeida é professora de Matemática no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, do Instituto Politécnico de Coimbra. Licenciada em Matemática e Mestre em Ciências da Computação. A sua investigação é especialmente dedicada à Educação Matemática na Engenharia, Tecnologias Educativas e Organização do Sistema de Ensino.



João Ricardo Branco é professor de Matemática no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, do Instituto Politécnico de Coimbra. Doutorado em Matemática Aplicada, tem também formação transversal em áreas como as Ciências da Engenharia Civil e a Análise Financeira. A sua investigação é especialmente dedicada à educação da Matemática na Engenharia e ao estudo de modelos matemáticos para o desenvolvimento de gliomas.

Página en Blanco

Capítulo 2

Implementação de trabalhos em ambiente empresarial no 1º ciclo de estudos em Engenharia Civil (dezembro 2018)

D. Ribeiro, T. Neto, R. Santos e M. Portela

Title— Implementing trainee works in business environment in a bachelor's degree in Civil Engineering.

Abstract— This article describes the experience in implementing trainee works in business environment of ISEP's first cycle degree in Civil Engineering (LEC-ISEP). The initiative began in the academic year of 2015/16, with 3 students, and was extended to 8 and 15 students in 2016/17 and 2017/18, respectively. The proposed approach has ensured a significant mobilization of all parties involved. Assessment of the initiative's success was conducted by monitoring the degree of satisfaction of all stakeholders through online surveys and by analysis of the students' classifications. All participants gave positive appraisals of the initiative and its relevance for the formation of students.

Keywords— Civil Engineering, bachelor's degree, trainee work in business environment, pilot experience

Resumo— Este artigo descreve a experiência na implementação de trabalhos em ambiente empresarial, na Licenciatura em Engenharia Civil do ISEP (LEC-ISEP). A iniciativa iniciou-se no ano letivo 2015/16 com 3 estudantes, estendendo-se a 8 e 15 estudantes em 2016/17 e 2017/18 respetivamente. A abordagem proposta garantiu a mobilização de todos os intervenientes. O sucesso da iniciativa foi avaliado pela monitorização do grau de satisfação recorrendo a inquéritos *online* e pela análise das classificações obtidas pelos estudantes. Todos os intervenientes fizeram uma apreciação muito positiva da iniciativa e da sua importância para a formação dos estudantes.

Palavras-chave— Engenharia Civil, 1º ciclo estudos, trabalhos em ambiente empresarial, experiência piloto.

I. INTRODUÇÃO

A promoção de estágios de natureza profissional e a sua inclusão nos planos curriculares dos cursos conferentes de grau tem sido uma aposta crescente por parte das instituições de ensino superior em Portugal sobretudo as que se inserem no Ensino Superior Politécnico.

Esta estratégia tem permitido dar resposta a alguns dos desígnios daquele subsistema do ensino superior que estão consignados pelo Decreto-Lei nº74 de 2006 [7] que estabelece o regime jurídico dos graus e diplomas do ensino superior em Portugal, onde se evidencia uma clara diferença em relação aos pressupostos do ensino universitário.

O parágrafo 3 do artigo 8º do Decreto-Lei nº74 [7] refere algumas especificidades do ciclo de estudos conducente ao grau de licenciado no ensino politécnico, salientando que "... deve valorizar especialmente a formação que visa o exercício de uma atividade de carácter profissional, assegurando aos estudantes uma componente de aplicação dos conhecimentos e saberes adquiridos às atividades concretas do respetivo perfil profissional".

Recentemente Dias et al. [1] realizaram um estudo, realçando que a promoção de estágios científicos em ambiente empresarial em cursos de licenciatura do ensino superior tem tido um forte impacto no aumento da empregabilidade dos estudantes. Segundo o estudo, o impacto dos estágios na diminuição das taxas de desemprego é especialmente relevante no ensino politécnico, onde a existência desta oferta possibilitou reduzir a taxa de desemprego dos licenciados em 27%. Segundo a mesma fonte, também a natureza e o formato dos estágios têm um impacto significativo nas taxas de desemprego dos licenciados. Nos casos de frequência obrigatória verifica-se uma redução de 28% na taxa de desemprego, percentagem que sobe para 37% quando existem experiências de estágio ao longo do plano de estudos e não apenas no final da licenciatura.

Um outro estudo conduzido por Silva et al. [2] permitiu chegar a conclusões semelhantes — embora com percentagens inferiores — acerca da importância da introdução de estágios facultativos nos currícula de cursos de primeiro ciclo, assim como da maior eficácia do modelo de estágios de curta duração distribuídos ao longo da formação académica no que respeita à empregabilidade a curto ou longo prazo. Conclusões semelhantes foram apresentadas por Saltikoff [3] que salientou ainda o contributo dos estágios na formação subsequente ao permitir identificar desde cedo, as subáreas específicas de cada curso com que cada estudante melhor se identifica.

Em 2013 era no ensino politécnico que se concentrava a maior oferta de estágios: das 556 licenciaturas com estágios integrados, 65% pertenciam àquele subsistema de ensino, sendo os restantes 28% pertencentes aos planos curriculares dos cursos do ensino universitário [1].

Importa também apontar os inúmeros casos de sucesso de instituições na área das ciências económicas e empresariais que têm adotado um modelo de ensino que privilegia uma aproximação ao mercado de trabalho antes

da conclusão da formação superior. Este modelo envolve um forte envolvimento por parte das empresas colocando os estudantes numa posição privilegiada para a entrada no mercado de trabalho. Em algumas instituições de ensino, os recémformados asseguram um emprego ainda antes de terminar a sua formação e a grande maioria fica colocada no mercado de trabalho em menos de 6 meses após a conclusão dos cursos [4].

De acordo com Cardoso et al. [4], na área da engenharia civil a promoção de estágios de natureza profissional ainda não está enraizada como em outras áreas da engenharia e das ciências. Por um lado, este facto pode ser explicado pela conjuntura económica que o país atravessou nos últimos anos, particularmente no sector da construção civil e das obras públicas [5]. Por outro lado, a explicação deve-se ao reduzido número de empresas do sector da construção que exerce a sua atividade em domínios nos quais as componentes de investigação, desenvolvimento e inovação se encontram desenvolvidas ou pelo menos implementadas.

Em Portugal existem duas universidades e 12 institutos politécnicos que, na sua oferta formativa, incluem uma licenciatura em engenharia civil, no entanto, no âmbito do presente estudo, não foram identificadas evidências concretas acerca da realização de estágios curriculares enquadrados nos respetivos planos de curso, pelo menos num formato organizado e sistematizado.

Num inquérito recente realizado aos estudantes de Engenharia Civil do ISEP, entre os motivos mais invocados para a escolha do curso, surge, na segunda posição, a boa empregabilidade dos seus diplomados. Outro indicador elucidativo é o facto de um em cada três estudantes pretenderem começar a exercer uma atividade profissional logo que terminem a sua licenciatura [6]. Estes dados reforçam a importância da implementação de estágios em ambiente empresarial na LEC-ISEP.

Neste artigo apresenta-se a experiência piloto da LEC-ISEP na promoção da realização de trabalhos em ambiente empresarial. A iniciativa iniciou-se no ano letivo 2015/16, com 3 estudantes, alargou-se a 8 estudantes no ano letivo 2016/17 e no ano letivo 2017/18 contou com a participação de 15 estudantes. A estratégia adotada pela direção da LEC para incentivar a participação dos estudantes, passou, sobretudo, por um contacto próximo e permanente entre todos os intervenientes, nomeadamente, os estudantes, os orientadores e os supervisores das empresas, além de monitorizar o seu grau de satisfação através de uma análise das classificações obtidas nos trabalhos pelos estudantes e por meio das respostas a inquéritos realizados *online*.

O plano curricular da LEC-ISEP e a unidade curricular de Projeto Integrado

O plano de curso da LEC tem a duração de 3 anos letivos (6 semestres) e foi concebido por forma a que os estudantes iniciem os seus estudos começando por consolidar e desenvolver conhecimentos nas áreas generalistas e propedéuticas, estabelecendo uma ligação com a formação do ensino secundário, desenvolvendo, em seguida, competências cada vez mais especializadas, com o objetivo de facilitar, por um lado, uma rápida inserção no mercado de trabalho após a conclusão deste ciclo, e, por outro lado, permitir preparar uma eventual continuação dos estudos para o segundo ciclo

de estudos, nomeadamente no Mestrado em Engenharia Civil (MEC-ISEP).

No âmbito do plano de estudos da LEC-ISEP e cumprindo os designios estabelecidos no Decreto-Lei nº74 [7] para o Ensino Superior Politécnico, o processo de formação dos estudantes culmina com a unidade curricular (UC) de Projeto Integrado (PROJI), que decorre no 2º semestre do 3º ano letivo, e onde os estudantes desenvolvem em grupo, sob orientação de um docente, um projeto de aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Em alternativa, os estudantes poderão optar por realizar um trabalho individual e inserido em ambiente empresarial. Esta UC tem atribuídos 7 ECTS e a sua carga letiva é de 3 horas semanais de aulas práticas-laboratoriais. Para a frequência desta UC integradora, o estudante deverá ter tido aprovação em disciplinas não só das ciências básicas transversais nas diferentes áreas da engenharia, como disciplinas da especialidade, para obter os conhecimentos necessários e as bases para o desenvolvimento do trabalho.

Na UC de Projeto Integrado são propostos temas em quatro subáreas da Engenharia Civil, nomeadamente estruturas, infraestruturas, construções e gestão da construção, onde se pretende proporcionar ao estudante o contacto com um problema concreto, tão semelhante aos que irá encontrar na sua futura atividade profissional e tão próximo da realidade quanto possível. Além disso, pretende-se que os estudantes desenvolvam outras competências em termos de iniciativa pessoal, capacidade de pesquisa, estudo autónomo, investigação, desenvolvimento de hábitos de trabalho individuais e em grupo, redação de documentos e capacidade de apresentação e argumentação de ideias perante pares. Este conjunto de competências transversal, fundamental no relacionamento com outros parceiros e no desenvolvimento da futura atividade profissional dos ainda estudantes, complementa e contextualiza o desenvolvimento das suas competências académicas, potenciando o lançamento no mercado de profissionais dotados de um conjunto de atributos de qualidade que ultrapassam as valências exclusivamente técnicas.

II. OS TRABALHOS EM AMBIENTE EMPRESARIAL DA LECISEP

A. Enquadramento

A implementação da realização de trabalhos em ambiente empresarial na UC PROJI da LEC-ISEP teve como base o enquadramento e especificidades seguintes:

- i. o designio da formação no Ensino Superior Politécnico consagrado nas disposições legislativas, que realçam a importância da "...aplicação dos conhecimentos e saberes adquiridos às atividades concretas do respetivo perfil profissional";
- ii. as indicações das comissões de avaliação da Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior (A3ES) e Ordem dos Engenheiros (num recente processo de certificação EUR-ACE), que reforçam a necessidade e importância da promoção de estágios na LEC-ISEP;
- iii. a experiência consolidada, e com uma avaliação muito positiva, em 11 das 13 licenciaturas do ISEP, que no âmbito das suas UC de Projeto/Estágio promovem a realização de estágios em empresas (Tabela I).

TABELA I
EXPERIÊNCIA DE TRABALHOS EM AMBIENTE EMPRESARIAL EM LICENCIATURAS DO ISEP

LICENCIATURAS - ISEP	DESIGNAÇÃO	ECTS	HORAS
Biorrecursos	Estágio	12	21
Engenharia Biomédica	Projeto ou Estágio	8	4
Engenharia de Computação e Instrumentação Médica	Projeto / Estágio	15	2
Engenharia de Sistemas	Projeto / Estágio	18	1
Engenharia e Gestão Industrial	Projeto Interdisciplinar III	10	1
Engenharia Eletrotécnica - Sist. Eléctricos de Energia	Projeto / Estágio	15	1
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	Projeto / Estágio	12	1
Engenharia Geotécnica e Geoambiente	Projeto	14	6
Engenharia Informática	Projeto / Estágio	18	6
Engenharia Mecânica	Projeto / Estágio	10	18
Engenharia Mecânica Automóvel	Projeto automóvel / Estágio	10	4
Engenharia Química	Projeto / Estágio	10	1
Engenharia Civil	Projeto integrado	7	3

Note-se, contudo, que, na maioria destas unidades curriculares, o correspondente número de ECTS é bastante superior ao existente na LEC-ISEP que prevê apenas 7 ECTS para a UC de PROJI. Também é de salientar que em inúmeras situações a implementação de estágios motivou a alteração do plano de estudos dos respetivos cursos, de modo a permitir um adequado tempo de permanência nas empresas compatível com a restante carga letiva do ano curricular;

- i. a bolsa de empresas associadas ao setor da engenharia civil e da qual resultou um conjunto alargado de protocolos assinados com o ISEP (cerca de 40), nomeadamente gabinetes de projetos, empresas de construção civil e promotores públicos e privados, e que naturalmente poderá reverter a favor da iniciativa dos trabalhos em ambiente empresarial da LECISEP. Esta parceria tem permitido a realização de estágios curriculares aos estudantes do MEC-ISEP e que têm sido considerados, pelos estudantes e pelas empresas, como muito positivos e como um elemento diferenciador e facilitador da integração no mercado de trabalho [8]. O Departamento de Engenharia Civil (DEC-ISEP) promove contactos regulares com estas entidades parceiras, por meio da dinamização de atividades conjuntas, tais como, palestras e seminários, formações de curta duração, visitas de estudo e iniciativas I&D;
- ii. o sucesso da iniciativa dos estágios em ambiente empresarial do MEC-ISEP junto dos estudantes, docentes e empresas [8];
- iii. a elevada motivação e interesse dos estudantes para este género de iniciativas.

B. Implementação

No ano letivo 2015/16, a direção da LEC-ISEP, e nomeadamente o responsável da UC de PROJI, iniciaram uma experiência piloto de implementação de trabalhos em ambiente empresarial, e que se repetiu nos anos letivos 2016/17 e 2017/18.

O enquadramento desta iniciativa enquanto experiência piloto possibilitou um período de transição gradual e consolidado, com uma monitorização e acompanhamento próximos assegurados pela Direção da LEC-ISEP, de modo

a, no futuro, se alargar esta iniciativa a um maior número de estudantes.

No ano letivo 2015/16 a iniciativa contou apenas com a participação de 3 estudantes, que representavam 4% do número total de estudantes da UC. No ano letivo 2016/17, e tendo em consideração os primeiros resultados desta experiência, foi decidido alargar a iniciativa a 8 estudantes, representando já cerca de 25% do número total de estudantes da UC, que nesse ano foi bastante reduzido (33 estudantes), em virtude do reduzido número de ingressos no 1º ano da LEC-ISEP registado no ano letivo 2014/15. No ano letivo 2017/18 aderiram 15 estudantes à modalidade de estágio, ou seja, cerca de 28% do número total de estudantes da UC.

A Figura 1 ilustra a evolução do número total de estudantes da UC PROJI, e a correspondente distribuição do número de projetos e estágios, para os anos letivos 2015/16, 2016/17 e 2017/18. São ainda indicados o número de estudantes com aprovação no final da UC nas modalidades de projeto e estágio, identificados entre parêntesis.

Os trabalhos desenvolvidos em ambiente empresarial são individuais, tendo cada estudante um orientador do ISEP e um supervisor da empresa. Os temas e as empresas acolhedoras são apresentados aos estudantes através da página do Moodle da UC.

No processo de candidatura aos trabalhos os estudantes indicam três estágios, por ordem de preferência, além das classificações obtidas em oito UCs de referência, do 2º e 3º anos, representativas das quatro subáreas da Engenharia Civil. A seriação dos estudantes é realizada com base na média das classificações das UCs de referência (peso de 50%), e da sua prestação numa entrevista conduzida por membros da equipa coordenadora da UC de PROJI (peso de 50%). A entrevista é um meio fundamental para aferir o perfil e a motivação do estudante para o estágio, além de permitir identificar eventuais condicionalismos, como sejam, a garantia de transporte ISEPempresa, a compatibilidade de horários com os propostos pela empresa, entre outros.

O estudante deverá assegurar 10h semanais de trabalho na empresa, geralmente distribuídas por 2 tardes, nas quais não terá atividades letivas no ISEP. Deste modo garante-se que o trabalho em ambiente empresarial não impede, nem dificulta, a frequência dos estudantes a outras unidades curriculares da LEC. O número total de horas de permanência do estudante na empresa ($15 \text{ sem} \times 10\text{h/sem} = 150\text{h}$), equivale, aproximadamente, ao número de horas de trabalho não presencial despendidas por um estudante que opta por um projeto académico. O estudante de estágio deverá ainda reunir

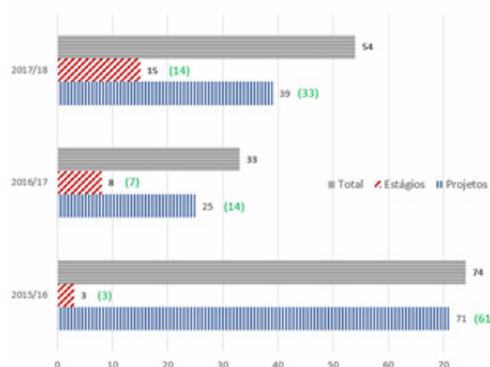


Fig. 1. Distribuição do número de projetos e estágios nos anos letivos 2015/16, 2016/17 e 2017/18

semanalmente com o seu orientador do ISEP, sendo o número total de horas de contacto com o orientador (15 sem × 3h/sem = 45h) exatamente igual ao número de horas de contacto despendidas por um estudante que opta por um projeto académico. Os trabalhos decorrem aproximadamente durante 4 meses, geralmente entre os meses de fevereiro e junho de cada ano.

A seleção do docente orientador tem em consideração a disponibilidade e a adequação da sua experiência profissional e académica ao tema do trabalho. Foi solicitado a todos os docentes do DEC-ISEP que indicassem a sua disponibilidade em participar nesta iniciativa. Desde o início desta iniciativa até ao corrente ano letivo, 15 docentes assumiram a orientação destes trabalhos.

C. As empresas parceiras

A seleção das empresas acolhedoras dos trabalhos teve em consideração os seguintes aspetos:

- possuir um corpo técnico e uma estrutura favorável à integração e acompanhamento de estudantes finalistas da LEC-ISEP.
- permitir a definição de propostas de trabalho interessantes, motivadoras e distribuídas pelas quatro subáreas científicas da Engenharia Civil.
- aceitar acolher estudantes em regime de tempo parcial.
- localização preferencial na região do Grande Porto para minorar custos e deslocações demoradas aos estudantes.
- ter experiência anterior e bem-sucedida no acolhimento de estágios, nomeadamente de estudantes do MEC-ISEP. Esta foi também a razão pela qual as empresas percursoras na implementação desta experiência, no ano letivo 2015/16, foram mantidas no ano letivo seguinte.

Na TABELA II são indicadas as empresas que integraram a experiência piloto dos estágios em ambiente empresarial que decorreu nos anos letivos 2015/16, 2016/17 e 2017/18. Da listagem de empresas constam 10 empresas, 3 públicas e 7 privadas. Alguns dos estágios foram realizados no ISEP enquadrados em trabalhos no âmbito da beneficiação das infraestruturas da Escola em curso.

Cada empresa sugere o supervisor que acompanha o estudante durante o período de permanência na empresa, em função dos seus recursos humanos e das características do trabalho, sendo esse supervisor posteriormente validado pela Direção da LEC-ISEP.

D. Avaliação dos estudantes

No final do período letivo, cada estudante submete via Portal do ISEP um Relatório de Estágio devidamente estruturado, explicitando os objetivos que se pretendia atingir, a metodologia e meios utilizados, os resultados obtidos e uma análise crítica, além da sistematização das principais conclusões.

Posteriormente, o estudante apresenta-se a uma prova pública onde são avaliados o Relatório de Estágio e o seu desempenho na exposição e defesa oral, perante um Júri e em sessão aberta.

O Júri será constituído pelos seguintes elementos:

- Presidente do Júri – coordenador de secção ou docente nomeado pelo Responsável da Unidade Curricular;

TABELA II

TRABALHOS EMPRESARIAIS REALIZADOS POR ÁREA CIENTÍFICA E EMPRESA ENTRE OS ANOS LETIVOS 2015/16 A 2017/18

Área Científica	Empresas	2015/16	2016/17	2017/18
Construções	EUROMODAL	●	●	●
	ISEP		●	●
	ASL			●
	TELHABEL			●
Infraestruturas	ISEP		●	
	CICCOPN		●	●
	ÁGUAS DO PORTO			●●●
Estruturas	ISEP		●	
	NEWTON	●	●	●
	CORE CONCEPT			●
Gestão da construção	Enescoord	●	●	
	Mota-Engil		●	●
	ISEP			●
	TELHABEL			●
	RECPsoluções			●
	Universidade Católica			●

- Arguente – Docente do DEC-ISEP sugerido pelo coordenador de secção;

- Docente orientador do trabalho.

O Júri poderá ainda integrar outros elementos externos à Escola, cujo currículo académico ou profissional seja relevante e cuja contribuição para a elaboração do trabalho ou para a sua discussão seja reconhecida. A constituição final do Júri está sujeita à aprovação do Responsável da Unidade Curricular.

Para esta prova pública, os estudantes preparam uma apresentação oral com a duração máxima de 20 minutos que deverá ser clara e concisa. A discussão, que se segue à apresentação, não deve exceder os 30 minutos.

No final da prova, os elementos do Júri reúnem para definir a classificação de cada estudante, atribuindo-se um peso de 50% à qualidade do relatório submetido e 50% ao desempenho na prova pública. No último ano letivo, foram introduzidos novos critérios, nomeadamente o grau de dificuldade do trabalho desenvolvido, a autonomia do estudante e o cumprimento dos objetivos propostos, por forma a procurar adequar a avaliação às competências adquiridas durante a realização do trabalho.

Na Figura 2 apresentam-se as classificações obtidas pelos estudantes, nos 26 estágios realizados nos 3 anos letivos, de 2015/16 a 2017/18. É de salientar que, no primeiro ano em que decorreram os trabalhos em ambiente empresarial, a taxa de sucesso foi de 100%, sendo a média das classificações obtidas (15.7/20) superior à média da UC (14.5/20). No ano letivo seguinte, a taxa de sucesso foi próxima de 85%, não se tendo apresentado a provas apenas um dos estudantes, sendo uma vez mais a média das classificações dos estágios (14.7/20) superior, embora próxima, da média da UC (14.4/20) e no último ano letivo a taxa de sucesso foi superior a 90%, pois foram aprovados 14 dos 15 alunos que realizaram os trabalhos em ambiente empresarial, e a média das classificações obtidas nestes trabalhos (15.2/20) foi superior à da UC (14.7/20).

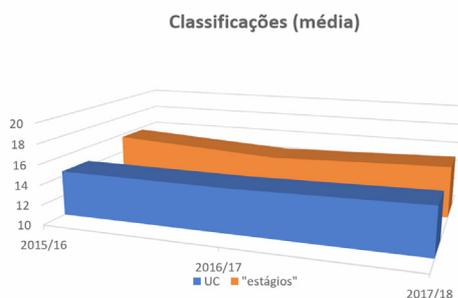


Fig. 2. Classificações dos estudantes que realizaram trabalhos em ambiente empresarial entre os anos letivos 2015/16 e 2017/18

III. MONITORIZAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DOS TRABALHOS EM AMBIENTE EMPRESARIAL

Para avaliar a experiência piloto dos trabalhos em ambiente empresarial, foram realizados inquéritos aos estudantes, aos docentes orientadores e aos supervisores das empresas, que visaram a resposta a um conjunto de questões rápidas por meio de cruzes e usando uma escala de satisfação: 1 (nada satisfeito) a 5 (totalmente satisfeito). Foi ainda solicitado que fossem descritos os eventuais aspetos a melhorar, sugestões e observações. Os resultados desses inquéritos foram analisados pela Direção da LEC-ISEP.

A. Inquérito aos estudantes

Foi enviado a todos os estudantes, por e-mail, o modelo de inquérito, que continha 17 questões, organizadas em 2 grupos, por forma a recolher a informação sobre a empresa e sobre o trabalho desenvolvido. Todos os estudantes colaboraram e responderam ao solicitado. Na TABELA III apresentam-se as questões e os resultados do inquérito aos estudantes do ISEP.

As respostas dos estudantes apresentam uma reduzida dispersão e são globalmente muito positivas. É de referir que mais de 85% dos estudantes estavam totalmente satisfeitos com a empresa acolhedora e que em apreciação global do estágio mais de 80% dos estudantes revelaram-se totalmente satisfeitos. Os itens mais valorados foram o da adequação do tema de estágio para a formação do estudante e o ambiente na empresa.

Os aspetos a melhorar apontados foram referentes à duração e número de horas de permanência na empresa serem considerados insuficientes.

B. Inquérito aos docentes

Foi enviado por e-mail aos docentes que participaram na orientação de estágios nos dois últimos anos letivos, um modelo de inquérito com 15 questões relacionadas com a empresa acolhedora e com o estudante. Na TABELA IV apresentam-se as questões e os resultados do inquérito aos docentes do ISEP.

Da análise dos resultados importa salientar que 85% dos docentes está totalmente satisfeito com a empresa onde foi desenvolvido o trabalho. Destaca-se uma elevada percentagem do grau de satisfação para o item "Adequação do tema de estágio", além da elevada classificação que os docentes atribuíram à importância deste trabalho para a formação dos estudantes.

No que respeita à apreciação global do desempenho do estudante esta vai ao encontro da avaliação da sua motivação

TABELA III
RESULTADOS DO INQUÉRITO AOS ESTUDANTES DO ISEP

Resposta ao inquérito - ESTUDANTES	Nível de Satisfação
A. EMPRESA	
<i>O a 100%</i>	
1. Ambiente de trabalho	92%
2. Integração do aluno na empresa	85%
3. Instalações e equipamentos	83%
4. Clareza na definição dos objetivos	77%
5. Clareza na definição do plano de trabalho	79%
6. Cumprimento do plano de trabalho	82%
7. Disponibilidade do supervisor	85%
8. Capacidade do supervisor para motivar o aluno	85%
9. Apreciação global da empresa	86%

Resposta ao inquérito - ESTUDANTES	Nível de Satisfação
B. ESTÁGIO	
<i>O a 100%</i>	
1. Adequação do tema do estágio para a formação	89%
2. Adequação da documentação de apoio	80%
3. Complexidade das matérias abordadas	82%
4. Duração do estágio	76%
5. Horário do estágio	79%
6. Compatibilização horário empresa / atividade letiva	80%
7. Organização e coordenação empresa / orientador	77%
8. Apreciação global do estágio	82%

TABELA IV
RESULTADOS DO INQUÉRITO AOS DOCENTES

Resposta ao inquérito - ORIENTADORES	Nível de Satisfação
A. EMPRESA	
<i>O a 100%</i>	
1. Adequação da ligação institucional Lec /Empresa	88%
2. Organização e coordenação supervisor / orientador	78%
3. Adequação do tema do estágio	89%
4. Adequação dos equipamentos e instalações	81%
5. Capacidade do supervisor para motivar o aluno	84%
6. Disponibilidade do supervisor	80%
7. Cumprimento do plano de trabalho	82%
8. Duração do estágio	82%
9. Horário do estágio	82%
10. Apreciação global da empresa	85%

Resposta ao inquérito - ORIENTADORES	Nível de Satisfação
B. ESTÁGIO	
<i>O a 100%</i>	
1. Integração do aluno na empresa	92%
2. Cumprimento do horário estabelecido	78%
3. Importância do estágio para a formação do aluno	95%
4. Motivação do aluno	90%
5. Apreciação global do aluno	90%

e foi considerada muito positiva, atendendo aos mais de 90% de opiniões de totalmente satisfeito.

C. Inquérito aos supervisores das empresas

Foi enviado por e-mail aos supervisores das empresas que participaram nos anos letivos 2016/17 e 2017/18, um modelo de inquérito contendo 15 questões, divididas em 2 grupos, por forma a recolher informações acerca do modo como decorreu o estágio e desempenho do estudante. Note-se que em 2016/17 o supervisor do ISEP, embora acolhesse 3 trabalhos diferentes, apenas respondeu uma única vez, tendo-se interpretado as respostas como sendo o valor médio dos três trabalhos. Os supervisores foram ainda questionados sobre a disponibilidade para orientar futuramente novos estágios da UC PROJI. Na TABELA V apresentam-se as questões e os resultados do inquérito aos supervisores das empresas.

TABELA V
RESULTADOS DO INQUÉRITO AOS SUPERVISORES DAS EMPRESAS

Resposta ao inquérito - EMPRESAS	Nível de Satisfação
A. EMPRESA	0 a 100%
1. Adequação da ligação institucional LEC / empresa	85%
2. Organização e coordenação empresa / orientador	85%
3. Adequação do tema do estágio	92%
4. Adequação dos equipamentos e instalações	78%
5. Clareza na definição dos objetivos do estágio	77%
6. Clareza na definição do plano de trabalho	77%
7. Cumprimento do plano de trabalho	80%
8. Duração do estágio	74%
9. Horário do estágio	74%
10. Apreciação global da empresa	66%

Resposta ao inquérito - EMPRESAS	Nível de Satisfação
B. ESTÁGIO	0 a 100%
1. Integração do aluno na empresa	92%
2. Cumprimento do horário estabelecido	91%
3. Cumprimento do plano de trabalho	89%
4. Motivação do aluno	88%
5. Apreciação global do aluno	88%

A maioria dos supervisores das empresas está muito satisfeito com esta iniciativa, com o desempenho dos estudantes e com a adequação da ligação institucional entre o orientador, a licenciatura e a empresa. É de salientar que os itens menos valorados são os da duração e horário do estágio. Também se destaca o facto de do nível de satisfação dos supervisores com a clareza da definição do plano de trabalho que é de cerca de 75%. Pode-se ainda constatar que os estudantes cumpriram o horário de trabalho estabelecido. Estas respostas estão em concordância com os comentários escritos que salientaram a importância da definição do tema e dos objetivos do trabalho serem definidos em parceria pelo supervisor e o docente orientador, além de referirem que o período de tempo de permanência na empresa deveria ser alargado.

Todos os supervisores responderam que no futuro estavam disponíveis para novamente orientar estágios, tendo considerado proveitosa a ligação entre os meios académico e empresarial, que têm promovido a integração de jovens nas suas empresas e potenciando novas áreas de estudo e, mesmo, de investigação.

IV. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Neste artigo foi descrita a experiência de implementação de trabalhos em ambiente empresarial no âmbito da UC de PROJI da Licenciatura em Engenharia Civil do ISEP.

Esta experiência encontra-se ainda numa fase de validação tendo sido aplicada com 26 trabalhos que decorreram em três anos letivos consecutivos e tem sido monitorizada através das classificações obtidas e das respostas aos inquéritos dirigidos



Diogo Rodrigo Ribeiro (Porto, jun/1979) licenciado em Engenharia Civil (FEUP, Porto, Portugal, 2002), Mestre em Estruturas de Engenharia Civil (FEUP, Porto, Portugal, 2005), e Doutor em Engenharia Civil (FEUP, Porto, Portugal, 2012). Professor Adjunto no ISEP (Porto, Portugal). Diretor da Licenciatura em Engenharia Civil do ISEP. Membro integrado da unidade de investigação CONSTRUCT. Interesses incluem o cálculo automático

aos estudantes, docentes orientadores do ISEP e supervisores das empresas.

Todos os intervenientes fazem uma apreciação muito positiva da iniciativa e sobretudo da sua importância para a formação dos estudantes. Destaca-se, no entanto, que todos foram unânimes em considerar que deveria ser alargado o tempo de permanência nas empresas.

Em termos de perspetivas futuras, a direção da licenciatura equaciona propor alterações ao plano de estudo da LEC-ISEP que valorizem a importância da UC de PROJI, conferindo-lhe um maior número de ECTS e permitindo dessa forma que os estudantes possam permanecer um maior número de horas nas empresas. Poderia também ser interessante ponderar a possibilidade de os estudantes realizarem as restantes UC, do último semestre da sua formação, de forma condensada no tempo para, assim, libertarem parte do período letivo para a realização dos trabalhos em ambiente empresarial.

Por último, importa realçar o contributo da Licenciatura em Engenharia Civil do ISEP para a implementação de novos e inovadores modelos de ensino no domínio da Engenharia Civil em Portugal, direcionados para um ensino em articulação próxima com as empresas e possibilitando aos estudantes finalistas do 1º ciclo uma experiência profissionalizante numa fase crucial da sua formação académica.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de deixar expresso o seu agradecimento a todos os estudantes, docentes e empresas que colaboraram nas respostas aos inquéritos. Reconhece-se ainda o contributo dos órgãos de gestão do ISEP na formalização dos protocolos de estágio com as empresas envolvidas.

REFERÊNCIAS

- [1] G. Dias, et al. "Os estágios curriculares e o seu impacto na empregabilidade dos licenciados". UA Editora. ISBN 978-972-789-443-7, 2015.
- [2] P. Silva, B. Lopes, M. Costa, A. Melo, D. Paiva, E. Brito & D. Seabra, "The million-dollar question: can internships boost employment?", *Studies in Higher Education*, 2018, 43:1, 2-21, DOI: 10.1080/03075079.2016.1144181.
- [3] N. Saltikoff, "The positive implications of internships on early career outcomes", *NACE Center for Career Development and Talent Acquisition*, Nace Journal, May 2017.
- [4] J. Cardoso, et al. ICS "Estudos e Relatórios", 2012.
- [5] FEPIOP – Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas. Quebra na Produção da Construção. *Revista Conjuntura da Construção*, v. 58, 2012.
- [6] A. Veja y de la Fuente, M. Oliveira, "Relatório de avaliação do processo ensino / aprendizagem: inquéritos aos novos estudantes". Conselho Pedagógico do Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2018.
- [7] Decreto-lei n.º 74. DL74: Graus e diplomas do ensino superior, (24 de Março 2006). Republicado no anexo ao Decreto-Lei n.º 115/2013, 2006.
- [8] D. Ribeiro, T. Abreu, R. Camposinhos, C. Félix, R. Gomes dos Santos, M. Portela, S. Azevedo, "Estágios de natureza profissional: a experiência do Mestrado em Engenharia Civil do ISEP". *Revista de Ensino de Engenharia*, ABENGE – Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, ISSN: 2236-0158, Volume 36 – Número 1, pp. 3-12, 2017.

de estruturas, BIM, dinâmica de pontes ferroviárias, fadiga, interação ponte-comboio, ensaios dinâmicos de estruturas, identificação modal, calibração de modelos numéricos, algoritmos genéticos, identificação de danos e otimização estrutural. O Prof. Diogo Ribeiro foi galardoado em 2016 com uma bolsa individual do Programa Fulbright para Professores e Investigadores Doutorados atribuída pela Fundação Luso-Americana/FCT no âmbito do estudo de pontes ferroviárias da linha de alta velocidade Los Angeles-São Francisco (EUA).



Teresa Carvalho Neto (Porto, set/1967) licenciada em engenharia civil (FEUP, Porto, Portugal, 1990), mestre em construção de edifícios (FEUP, Porto, Portugal, 1996). Professor Adjunto no ISEP (Porto, Portugal). Subdiretora da Licenciatura em Engenharia Civil. Interesses incluem o ensino da engenharia, desempenho **térmico e acústico dos edifícios e comportamento ao fogo**.

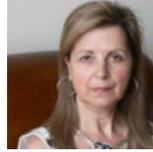


Ricardo Pereira Santos (Porto, jan/1963) licenciado em engenharia civil (FEUP, Porto, Portugal, 1987), mestre em estruturas de engenharia civil (FEUP, Porto, Portugal, 1995).

Professor Adjunto no ISEP (Porto, Portugal). Subdiretor da Licenciatura em Engenharia Civil e do Mestrado em Engenharia Civil do ISEP. Interesses incluem o ensino

da engenharia, estruturas de engenharia civil, pontes, história da engenharia civil, BIM.

Prof. Santos é membro do ISEP/BIM e da SPEHC.



Maria da Fátima Portela (Porto, mar/1958) licenciada em engenharia civil FEUP, Porto, Portugal, 1981), -mestre em construção de (FEUP, Porto, Portugal, 1991). Professor Adjunto no ISEP (Porto, Portugal). Subdiretora da Licenciatura em Engenharia Civil e do Mestrado em Engenharia Civil do ISEP. Interesses incluem além do ensino de engenharia, a gestão e organização dos cursos.

No âmbito do projeto, as estradas, via férrea e aeródromos. Ligação com as Infraestruturas de Portugal (IP).

Página en Blanco

Capítulo 3

Utilizando atilhos para ensinar Resistência dos Materiais: Aprendizagem baseada em problemas

L. Andreatta-da-Costa

Title—Using rubber bands to teach Strength of Material – Problem.

Abstract— The following paper presents the partial results of a research that used Problem-Based Learning (ABP) in conjunction with traditional classes, aiming at enhancing the ability of students to understand the initial concepts of the Materials Science discipline in engineering courses. The first data, when comparing the resolution of exercises with a group of students who used PBL and the experience with the rubber bands with another group, who worked on the traditional teaching, showed that there was a significant improvement in understanding of the main concepts.

Keywords—Problem Based Learning, Strength of Materials, Engineering Education

Resumo — O artigo apresentado a seguir traz os resultados parciais de um projeto de pesquisa que utilizou a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) em conjunto com aulas expositivas, visando potencializar a capacidade de compreensão de conceitos iniciais da disciplina de Ciência dos Materiais, por parte dos alunos dos mais diversos cursos de engenharia. Os primeiros dados obtidos, ao se comparar a resolução de exercícios com um grupo de alunos que utilizaram a ABP e a experiência com os atilhos com outro grupo, que trabalhou os conceitos a partir do ensino tradicional vigente, mostraram que houve uma significativa melhora na compreensão dos principais conceitos.

Keywords— Aprendizagem Baseada em Problemas, Resistência dos Materiais, Educação em Engenharia.

I. INTRODUÇÃO

ATUALMENTE, uma das grandes preocupações relacionada ao ensino na engenharia é a diminuição da atual taxa de evasão (próxima de 50% [1]) e o conseqüente aumento na formação de engenheiros, tão carente no Brasil. A saída para a redução da alta taxa de evasão pode ser encontrada a partir de alternativas pedagógicas e utilização das tecnologias de informação. No que tange as perspectivas para a Engenharia Nacional, torna-se necessária uma “melhoria de qualidade dos cursos de graduação em Engenharia, estimulando a permanência, diminuindo a evasão e aumentando o número de alunos” (p.77) [2]. Ao encontro dessa lacuna, a Aprendizagem

Baseada em Problemas (ABP) é caracterizada pela aplicação de problemas reais como ferramenta para o desenvolvimento de habilidades para resolução de problemas e assimilação de conceitos fundamentais sobre a área em questão, sendo um meio eficiente de interagir a teoria com a prática [3]. A ABP divide-se em várias etapas e sua participação em todo o método dependerá da complexidade da atividade e da área de estudo em questão. A estrutura ABP se baseia nas seguintes etapas [4]:

- Esclarecimentos;
- Definição do Problema;
- Análise do Problema;
- Resumo das etapas anteriores;
- Formulação dos objetivos de aprendizagem;
- Estudo individual ou grupo e busca de informações;
- Discussão em grupo.

A ABP é uma abordagem de ensino integrativa e construtiva, pautada nas teorias de Dewey, Piaget, Rogers, Ausubel e Bruner, entre outros [5] e fundamentada em resultados de pesquisa de psicologia cognitiva que sugerem que o trabalho colaborativo, a interação com a vida real e a meta-cognição favorecem a motivação epistêmica e a aprendizagem [6].

Portanto, a partir da alta taxa de evasão dos cursos de Engenharia e da metodologia prática da ABP, a pesquisa cujos resultados parciais são apresentados neste artigo, visa contribuir para aumentar o interesse dos alunos em disciplinas que envolvam a Resistência dos Materiais a partir de uma cooperação entre a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP. O objetivo principal deste artigo é identificar em que medida o uso de uma experiência prática com materiais que possam ser manipulados pelos alunos pode contribuir para a melhoria na compreensão dos conceitos da Resistência dos Materiais, em especial o conceito do Módulo de Elasticidade. As categorias de análise [7] serão oriundas da ABP – participação ativa dos estudantes, trabalho colaborativo e em equipe postura mais ativa dos estudantes, tanto com relação ao objeto em estudo quanto com relação ao trabalho colaborativo e coletivo com sua equipe.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Sob o aspecto teórico, adotou-se como estratégia de ensino a ABP e suas possibilidades para o ensino dos conceitos iniciais da Ciência dos Materiais.

A. Aprendizagem Baseada em Projetos – Project Based Learning – PBL e o Project-Led education

A ABP surgiu na escola de medicina da Universidade McMaster (Canadá) na década de 60, inspirando-se em estudos de casos da Universidade de Harvard (EUA) por volta de 1920 [6] e também no modelo desenvolvido para o estudo da medicina nos anos 1950 na Universidade Case Western Reserve (EUA) na década de 50 [8,9]. O modelo original criado na Universidade McMaster pode ser adaptado conforme a sua aplicação, relacionando-o com o contexto educacional do meio.

As fundamentações da ABP seguem a premissa da psicologia cognitiva de que a aprendizagem não é apenas um processo de recepção, mas passa principalmente pelo processo de construção de novos conhecimentos. A ABP baseia-se no fato de que o conhecimento prévio adquirido não é a confirmação de entendimento e memorização dos novos aprendizados; sendo que nesse novo método, o conhecimento prévio é parte apenas da análise inicial do problema.

Resumidamente, os princípios da aprendizagem que fundamentam a ABP são:

- Construção do Conhecimento;
- Interação Social;
- Motivação Epistêmica;
- Interação com a Vida Real;
- Meta cognição.

Nessa abordagem, o problema levantado é de alto valor pedagógico pois tem a capacidade de promover a elaboração de estruturas cognitivas referente a conteúdos relevantes já adquiridos e os disponibilizando quando for necessário em alguma aplicação da vida profissional. Outro ponto de extrema importância relacionada a ABP é a possibilidade de inserção do acadêmico em assuntos relacionados ao seu futuro profissional.

No ensino da engenharia, a ABP é uma alternativa válida aos métodos expositivos e tradicionais, pois contemplaria os seguintes objetivos educacionais [10]:

- Aprendizagem Ativa;
- Aprendizagem Integrada;
- Aprendizagem cumulativa;
- Aprendizagem para a compreensão.

Os objetivos educacionais citados acima são contemplados a partir de perguntas e problemas onde suas soluções são possíveis através de conhecimento de várias subáreas, buscas por respostas, colocação de problemas gradualmente mais complexos e também a partir de disponibilização de tempo para reflexão, feedback permanente e oportunidades para praticar o que foi aprendido.

B. A disciplina de Ciência dos Materiais

A disciplina de Ciência dos Materiais exerce um importante papel em toda a engenharia. Um diagrama tensão-deformação nos traz informações sobre suas deformações (elásticas e plásticas), Módulo de Hong, limite de resistência, ponto de fratura, módulos de resiliência e tenacidade, ductilidade e fragilidade. A partir de um ensaio de tração, quando um corpo de prova é submetido a uma força e se alonga até sua ruptura, consegue-se determinar vários valores de tensão para cada deformação específica correspondente, montar o diagrama tensão-deformação e realizar a análise do material. Esse diagrama é característico da composição do corpo de prova e fatores como imperfeições microscópicas do material, modo de fabricação, temperatura do corpo de prova ou velocidade de crescimento da carga podem alterar o comportamento desse gráfico para diferentes ensaios em um corpo de prova de mesma composição.

Diagramas tensão-deformação apresentam gráficos que indicam zona elástica, escoamento a tensão constante, endurecimento por deformação, estricção (diâmetro do corpo começa a diminuir) e ruptura. Em alguns diagramas, o ponto de escoamento (no valor crítico de tensão – e) não está bem definido no gráfico e convencionalmente, define-se um limite de escoamento pelo método da deformação residual. Determina-se uma deformação de 0,2% e a partir desse ponto (na abscissa), desenha-se uma linha paralela em direção ao diagrama tensão-deformação (Fig. 1). O ponto de encontro entre a reta e o diagrama é o limite de escoamento.

Apesar de nunca obtermos dois diagramas tensão-deformação idênticos, possuem características comuns que dividem os materiais em dúcteis ou frágeis. Os materiais dúcteis, são aqueles que apresentam uma grande deformação antes de sua ruptura (apresentam escoamento a temperaturas normais). Os materiais frágeis, não apresentam deformações consideráveis antes de sua ruptura, não existe nenhum tipo de estricção antes de sua ruptura e apresentam uma resistência superior à compressão axial.

Algumas características são fundamentais para influenciar no comportamento do material (se é dúctil ou frágil). Por exemplo a quantidade de carbono em um aço influencia na sua

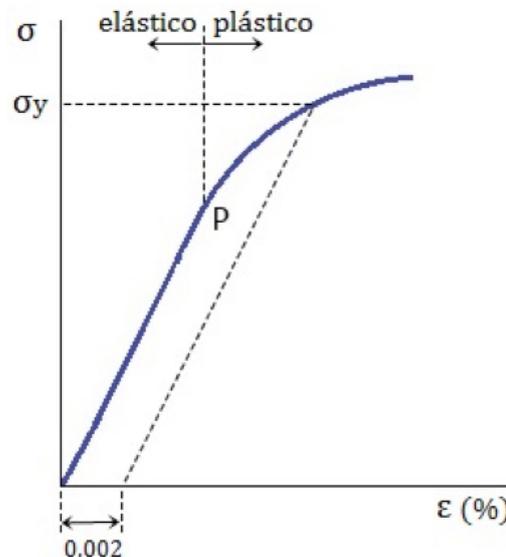


Fig 1. Determinação do Limite de Escoamento.

característica resistiva. Se possui uma quantidade elevada de carbono é um aço frágil e se possui uma pequena quantidade de carbono, se torna um aço dúctil. Outro fator que influencia diretamente no material (se é dúctil ou frágil) é a temperatura, se maior temperatura, maior será sua ductilidade.

Nessa abordagem, o problema levantado é de alto valor pedagógico pois tem a capacidade de promover a elaboração de estruturas cognitivas referente a conteúdos relevantes já adquiridos e os disponibilizando quando for necessário em alguma aplicação da vida profissional. Outro ponto de extrema importância relacionada a ABP é a possibilidade de inserção do acadêmico em assuntos relacionados ao seu futuro profissional.

No ensino da engenharia, a ABP é uma alternativa válida aos métodos expositivos e tradicionais, pois contemplaria os seguintes objetivos educacionais [10]:

- Aprendizagem Ativa;
- Aprendizagem Integrada;
- Aprendizagem cumulativa;
- Aprendizagem para a compreensão.

Os objetivos educacionais citados acima são contemplados a partir de perguntas e problemas onde suas soluções são possíveis através de conhecimento de várias subáreas, buscas por respostas, colocação de problemas gradualmente mais complexos e também a partir de disponibilização de tempo para reflexão, feedback permanente e oportunidades para praticar o que foi aprendido.

C. A disciplina de Ciência dos Materiais

A disciplina de Ciência dos Materiais exerce um importante papel em toda a engenharia. Um diagrama tensão-deformação nos traz informações sobre suas deformações (elásticas e plásticas), Módulo de Hong, limite de resistência, ponto de fratura, módulos de resiliência e tenacidade, ductilidade e fragilidade. A partir de um ensaio de tração, quando um corpo de prova é submetido a uma força e se alonga até sua ruptura, consegue-se determinar vários valores de tensão para cada deformação específica correspondente, montar o diagrama tensão-deformação e realizar a análise do material. Esse diagrama é característico da composição do corpo de prova e fatores como imperfeições microscópicas do material, modo de fabricação, temperatura do corpo de prova ou velocidade de crescimento da carga podem alterar o comportamento desse gráfico para diferentes ensaios em um corpo de prova de mesma composição.

Diagramas tensão-deformação apresentam gráficos que indicam zona elástica, escoamento a tensão constante, endurecimento por deformação, estrição (diâmetro do corpo começa a diminuir) e ruptura. Em alguns diagramas, o ponto de escoamento (no valor crítico de tensão – e) não está bem definido no gráfico e convencionalmente, define-se um limite de escoamento pelo método da deformação residual. Determina-se uma deformação de 0,2% e a partir desse ponto (na abcissa), desenha-se uma linha paralela em direção ao diagrama tensão-deformação (Fig. 1). O ponto de encontro entre a reta e o diagrama é o limite de escoamento.

Apesar de nunca obtermos dois diagramas tensão-deformação idênticos, possuem características comuns que dividem os materiais em dúcteis ou frágeis. Os materiais

dúcteis, são aqueles que apresentam uma grande deformação antes de sua ruptura (apresentam escoamento a temperaturas normais). Os materiais frágeis, não apresentam deformações consideráveis antes de sua ruptura, não existe nenhum tipo de estrição antes de sua ruptura e apresentam uma resistência superior à compressão axial.

Algumas características são fundamentais para influenciar no comportamento do material (se é dúctil ou frágil). Por exemplo a quantidade de carbono em um aço influencia na sua característica resistiva. Se possui uma quantidade elevada de carbono é um aço frágil e se possui uma pequena quantidade de carbono, se torna um aço dúctil. Outro fator que influencia diretamente no material (se é dúctil ou frágil) é a temperatura, se maior temperatura, maior será sua ductilidade.

Do diagrama tensão-deformação, podemos determinar também o módulo de resiliência U_r , equivalente a área abaixo do diagrama, considerando do ponto inicial até o limite de escoamento (tensão crítica). A resiliência de um material indica a capacidade que ele tem em absorver determinada energia sem sofrer qualquer dano permanentemente.

Se calcularmos a área inteira formada abaixo do diagrama tensão-deformação, determinaremos o módulo de tenacidade T_u e indica a densidade de energia de deformação do material até sua ruptura, informação importante em um projeto que possa sofrer sobrecargas acidentalmente.

A maioria dos projetos de engenharia são planejados para operar em uma pequena faixa do diagrama tensão X deformação, ou seja, na parte inicial do diagrama. Essa parte do gráfico é chamada de zona elástica onde a tensão σ e deformação ϵ são diretamente proporcionais. Essa relação linear pode ser escrita pela fórmula: $\sigma = E \epsilon$.

Essa relação é conhecida como Lei de Hooke (Robert Hooke, 1635-1703) e o coeficiente angular dessa reta (E) chamamos de módulo de elasticidade ou módulo de Young (Cientista Inglês, 1773-1829) e é característico do material em teste. Sua unidade é a mesma utilizada na tensão, uma vez que a deformação é uma grandeza adimensional. Quanto maior o módulo de elasticidade, menor será sua deformação ou mais rígido será o material a partir de uma dada carga aplicada. Essa informação (módulo de elasticidade) é um parâmetro muito utilizado para calcular flexões elásticas.

A lei de Hooke é válida enquanto existe a proporcionalidade entre tensão e deformação e a maior tensão atingida no gráfico linear é chamada de limite de proporcionalidade do material.

Ao modificarmos um material, seja por tratamento térmico, adição de liga metálica ou um diferente processo de manufatura; conseqüentemente suas propriedades físicas estruturais são alteradas, tais como: resistência, ductilidade, resistência a corrosão; entretanto, sua zona elástica (e conseqüentemente sua rigidez) permanecerá a mesma.

O trabalho desenvolveu-se a partir da consideração de que a compreensão dos diagramas tensão x deformação dos diferentes materiais é fundamental para as disciplinas de Ciências e Resistência dos Materiais, nas diferentes engenharias. A partir dessa consideração, desenvolveu-se materiais conforme descrito a seguir.

III. MATERIAIS DESENVOLVIDOS

O trabalho desenvolveu-se a partir da consideração de que a compreensão dos diagramas tensão x deformação dos diferentes materiais é fundamental para as disciplinas

de Ciências e Resistência dos Materiais, nas diferentes engenharias. A partir dessa consideração, desenvolveu-se materiais conforme descrito a seguir.

A. Questões abordando conceitos iniciais da disciplina de Ciência dos Materiais

Desenvolveu-se um teste com questões referentes a disciplina de Ciência dos Materiais abordando conceitos sobre fase elástica, diferentes diagramas tensão x deformação, ductilidade, fragilidade, tensão e deformação específica, tensão de cisalhamento, tensão de contato e tensão normal. Esse questionário tem a função de quantificar o aprendizado de quatro turmas, duas expostas exclusivamente a aulas tradicionais e outras duas turmas que, além do método tradicional, realizará uma atividade prática baseada no método ABP.

Exemplo de questão de cálculo (ver Fig. 2):

Uma carga axial de 30 kN é aplicada a uma coluna curta de madeira suportada por uma base de concreto em solo estável. Determine (a) a tensão de contato máxima na base do concreto, (b) o tamanho da base para a qual a tensão de contato média no solo seja de 125 kPa

Exemplo de questões conceituais (ver Fig. 3):

2) Considere as seguintes afirmações:

- I) O aço puro apresenta uma zona de plastificação menor que o aço temperado
- II) Quanto maior o teor de carbono, maior o limite de escoamento
- III) O limite de escoamento do aço comum é o maior de todos

Estão corretas:

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) Apenas I e III

3) Considere as seguintes afirmações:

- I) O material dútil apresenta uma fase inicial linear
- II) O material frágil apresenta uma grande zona de plastificação

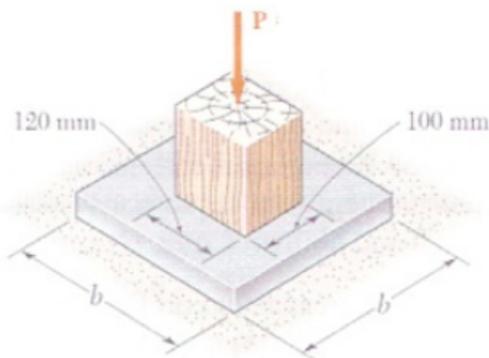


Fig. 2. Questão relacionada a disciplina de Ciência dos

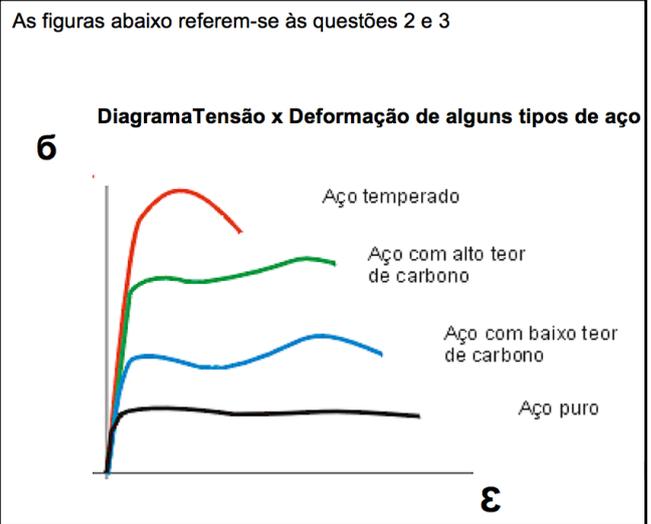


Fig. 3. Questões 2 e 3 (Conceituais).

III) Na zona de plastificação ocorre um aumento da tensão reduzido em relação à fase elástica

Estão corretas:

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) Apenas I e III

B. Experimento prático a partir da metodologia ABP

Para desenvolver um experimento capaz de trabalhar simultaneamente a metodologia ABP com os conceitos básicos de ciência dos materiais, procurou-se dois tipos de corpo de provas, feitos de materiais e diâmetros diferentes.

Os materiais necessários e o roteiro são expostos a seguir:
Material utilizado no experimento:

- 4 corpos de prova:
 - o Atilho de 40 mm de comprimento e 1mm² de área;
 - o Atilho de 40 mm de comprimento e 2mm² de área;
 - o Borracha tipo orings de 40 mm de comprimento e 2mm de diâmetro;
 - o Borracha tipo orings de 8 mm de comprimento e 2mm de diâmetro;
- Questionário pré e pós experimento;
- Pesos padrão de 50g.

O teste é dividido em cinco partes. Nas quatro primeiras - uma para cada corpo de prova - o grupo de alunos responde uma questão pré-experimento, relacionada a experiência prática a seguir, realiza o experimento e responde uma questão pós experimento; novamente relacionada ao conceito abordado na experiência prática. Na quinta parte, os alunos desenvolvem, a partir das medições realizadas, o diagrama tensão x deformação característico dos quatro corpos de prova utilizados na experiência prática.

IV. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Para mensurar o possível ganho de aprendizado com o uso do método ABP, aplicou-se o questionário cujas questões abordavam conceitos iniciais da disciplina de ciência dos materiais em duas turmas 2014/02 e em duas turmas

2015/02. As turmas de 2015/02 participaram também, de uma atividade prática envolvendo o método ABP.

A. Questionário aplicado nas turmas 2014/02 e 2015/02

O questionário apresentado anteriormente desempenhou um grande papel para o projeto de pesquisa, uma vez que serviu como uma ferramenta de comparação entre o aprendizado tradicional e o aprendizado tradicional / método ABP paralelamente. Em ambos semestres, os alunos seguiram o mesmo cronograma de aprendizado (aulas expositivas) e receberam o questionário no término do semestre. O diferencial entre as turmas que foram avaliadas no questionário resume-se ao fato de que as duas últimas turmas (2015/02), além de aulas expositivas, participaram de uma atividade prática abordando conceitos iniciais da disciplina de Ciência dos Materiais (principalmente diagrama tensão x deformação) fazendo uso do método ABP; diferente da turma 2014/02, que recebeu exclusivamente aulas expositivas.

B. Experimento prático a partir da metodologia ABP aplicado na turma 2015/02

O experimento prático a partir do método ABP citado foi aplicado em duas turmas distintas do ano de 2015/02, no intuito de aplicar em conjunto aos métodos expositivos, o ensino dos conceitos iniciais de Ciência dos Materiais. Para a aplicação da aula prática, dividiu-se a turma em grupos de dois alunos.

No início do experimento, o conhecimento prévio relacionado ao conceito que será abordado foi avaliado a partir da seguinte questão pré-experimento. Abaixo transcrevemos um exemplo deste tipo de questão:

Pré:

A força necessária para obter determinado alongamento em duas borrachas com áreas da seção transversal diferentes, com o mesmo comprimento inicial e o mesmo material:

- (a) *Independente da área da seção;*
- (b) *Aumenta quando aumenta a área da seção;*
- (c) *Diminui quando aumenta a área da seção.*

Após respondida a questão, os alunos realizam a atividade prática.

A Fig. 4 apresenta o desenvolvimento da prática, onde uma massa de 450g está exercendo uma força peso no corpo de prova (Atilho de 40 mm de comprimento inicial e 1mm² de área). Os alunos estão medindo o novo comprimento do corpo de prova, após a força exercida nele. Durante o experimento, os alunos respondem uma questão a partir dos dados medidos em seus experimentos práticos. Abaixo um exemplo de questão:

A força necessária para se obter alongamento semelhante _____ quando a área da seção passa de X para 2X:

- (a) *Permanece igual;*



Fig. 4. Atividade prática - Método ABP.

(b) *Aumenta até 50% em relação a borracha com área X;*

(c) *Aumenta mais de 50% em relação a borracha com área X;*

(d) *Diminui até 50% em relação a borracha com área X;*

(e) *Diminui mais de 50% em relação a borracha com área X;*

Após a experiência prática, os alunos são realizados mais uma questão, ainda relacionada aos conceitos da prática. Essa questão é chamada de “pós-experimento” Ver exemplo abaixo:

Uma barra de aço com comprimento de 1,8 m e diâmetro de 10mm e seu comprimento aumenta 14 mm no comprimento quando lhe é aplicada uma força de tração de 23 kN. Considerando que aplicaremos uma nova força, para outra barra de aço com o mesmo comprimento e diâmetro de 13mm, o valor dessa força para obtermos o mesmo alongamento deverá _____ para valores _____ kN.

A alternativa que preenche corretamente as lacunas corresponde a:

- (a) *Aumentar; maiores que 35*
- (b) *Aumentar; entre 25 e 35*
- (c) *Diminuir; entre 18 e 22*
- (d) *Diminuir; menores que 18.*

Esse roteiro; questão pré-experimento, atividade prática e uma questão pós-experimento; repete-se em todos os tipos de corpo de prova (quatro tipos, utilizados com as duas turmas). Em seguida, leva-se a turma para o laboratório de informática, onde desenvolve-se seus próprios diagramas tensão x deformação.

A Figura 5 apresenta um gráfico tensão x deformação de um experimento realizado em um atilho de 40 mm de comprimento com 2 mm² de área. O módulo de elasticidade do material é de 1,1243 MPa, a partir de um coeficiente de correlação de aproximadamente 0,99.

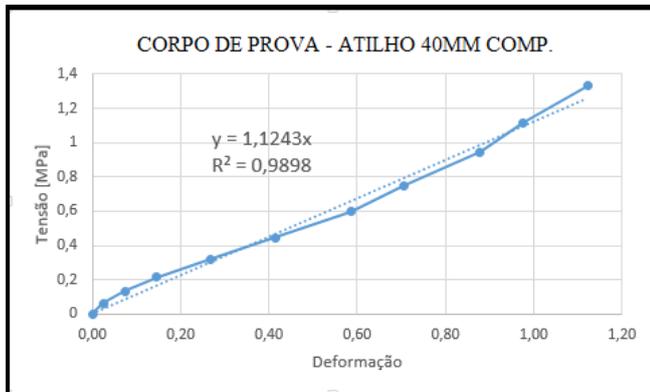


Fig. 5. Diagrama Tensão x Deformação (corpo de prova: Atilho 40mm de comprimento e área de 1mm²)

V. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados preliminares obtidos se resumem em antes e depois da utilização do método ABP.

A. Teste Aplicado a partir de aulas expositivas em 2014/2 e 2015/02

A partir de aulas expositivas, sem a implantação do método ABP, os alunos foram submetidos a um teste relacionado aos conceitos iniciais de Ciência dos Materiais. O resultado apresentado foi de 65,3% de acerto nas questões conceituais e 90,5% de acerto nas questões envolvendo cálculos.

B. Teste aplicado a partir de aulas expositivas e método ABP 2015/2

As mesmas questões aplicadas na turma citada anteriormente, a partir de aulas expositivas, foram resolvidas por um grupo formado por 24 alunos, divididos em quatro turmas. Esse novo grupo, foi exposto ao método ABP a partir dos experimentos com os atilhos, no segundo semestre de 2015. As questões foram resolvidas individualmente no final do semestre. Para este novo grupo, houve 73,5% de acerto nas questões conceituais (acrésimo de 8,2% em comparação a turma anterior, sem o método ABP) e 97,5% de acerto nas questões envolvendo cálculos (acrésimo de 7% em comparação a turma anterior, sem o método ABP).

VI. CONCLUSÕES

Em virtude do que foi mencionado anteriormente, observando-se a melhora na compreensão dos alunos a partir



L. Andreatta-da-Costa has Graduate degree in Civil Engineering (1994) and Mathematics (1998) from Federal University of Rio Grande do Sul. He is master (2000) and doctor (2004) in Civil Engineering from Federal University of Rio Grande do Sul.

He works at State University of Rio Grande do Sul (researcher and professor), Liberato Technical School/Technology College – FTEC (professor). He is reviewer of the Brazilian Journal for Engineering Education and

Science and Engineering Journal. Has experience in STEM Education, acting on the following subjects: Constructivism approaches on education, online learning, structural engineering education, Remote Labs and haptic interaction with virtual reality. Below are listing his main publications:

(i) Andreatta-da-Costa, Luciano; CABRAL, T. C. B.; SANTOS, F. D. . Proposal for a posgraduate programme for STEM education. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION, v. 34, p. 1626-1633, 2018.

da aplicação do método ABP (apresentando um aumento percentual nos acertos das questões dos testes, em comparação a turma anterior, que adquiriu conhecimento apenas a partir de aulas expositivas), conclui-se que a inclusão da ABP, não isoladamente, mas em conjunto com métodos tradicionais, pode aprofundar o conhecimento do aluno em relação a esses conceitos tão importantes por toda a vida acadêmica e profissional. A ABP traz o aluno para um ambiente similar ao que irá encontrar ao longo de sua trajetória profissional, entre eles: capacidade solucionar problemas e trabalho em equipe. A partir dos modelos matemáticos que estão sendo determinados e a futura utilização de realidade virtual com interação háptica no ensino de todos os conceitos envolvendo o diagrama tensão x deformação, tão fundamental para a compreensão da disciplina de Ciência dos Materiais, os alunos poderão determinar as principais características que influenciam diretamente no diagrama, como tipo de material, diâmetro e comprimento inicial; participando ativamente da construção desse gráfico e tendo a capacidade de percepção entre as diferentes forças exercidas para cada material.

REFERENCES

- [1] V. F. Oliveira, N. N. Imeida, D. M. Carvalho, F. A. A. Pereira, Um estudo sobre a expansão da formação em Engenharia no Brasil”, Revista Brasileira de Ensino de Engenharia. Vol. 32, n. 3, pp. 37-56, 2013. M. N. Borges, Mario Neto, N. N. Almeida, “Perspectivas para Engenharia Nacional: desafios e oportunidades”. Revista Brasileira de Ensino de Engenharia. v. 32, n. 3, pp. 71-78, 2013.
- [2] L. R. C. A. Ribeiro, “Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) uma implementação na educação em Engenharia na voz dos atores”. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- [3] N. A. N. Berbel, A Problematização e a Aprendizagem Baseada em Problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos?”, Interface. Comunicação, Saúde e Educação. v.2. n.2, March 1998.
- [4] F. Dochy, M. Segers, P. Van Den Bossche, P.; D. Gijbels, D. Effects of problem-based Learning: A meta analysis”. Learning and instruction, Oxford, v.3, 2003.
- [5] H. G. Schmidt, “Foundations of problem-based learning: some explanatory notes”. Med. Educ, 27: pp. 422-32. 1993.
- [6] L. Bardin, Laurence. Análise de Conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011
- [7] J. R. Savery, T. M. Duffy, T. M. “Problem-Based Learning: an instruction model and its constructivist framework”. In: R. Fogarty, R. (ed.). problem-based learning: a collection of articles. Arlington Heights: Skylight, pp. 72-92, 1998.
- [8] D. Boud, G. Felletti, “The Challenge of Problem-based learning. Londres: Kogan page, 1999.
- [9] R. Hadgraft, D. Holecek, View-point: towards total quality using problem-based learning. International Journal of Engineering Education, v. 11, n.1, pp.8-13, 1995

(ii) DOSSIN ZANROSSO, CRISSIE ; ANDREATTA CARVALHO DA COSTA, LUCIANO ; KINAST, EDER JÚLIO . Análise da Dimensão Didático-pedagógica no Desempenho de Estudantes de Engenharia Química do Rio Grande do Sul. Meta: Avaliação, v. 10, p. 555, 2018.

(iii) ANDREATTA-DA-COSTA, L.; NITZKE, J. A. (Org.) . A Educação em Engenharia: Fundamentos Teóricos e Possibilidades Didático-Pedagógicas. 01. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. v. 01. 250p .

Prof. Dr. Andreatta-da-Costa is member of the Brazilian Society of Engineering Education and president of the Professor Association of UERGS (ADUERGS).

Capítulo 4

Tutorización entre iguales: una nueva propuesta de la Escuela Politécnica Superior de Jaén

A. Medina-Quesada*, J. R. Balsas-Almagro, D. Eliche-Quesada, E. Estévez, F. J. Gallego,
C. Rus-Casas 23071 Jaén, Spain.

Escuela Politécnica Superior de Jaén, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas s/n e-mail address*:
aquesada@ujaen.es

Title — Peer tutoring: a new proposal from the Jaén Higher Polytechnic School.

Abstract — One methodological change in the university context had been the introduction of tutorial plans as one of its essential pillars. From the Jaén School of Engineering the tutorial action is encouraged and offered as a service to all the students who wish to participate in it voluntarily. This mentoring program is the general framework in which the teachers-tutors and student-mentors conduct an orientation to the supported students and advise them, help in their integration in the academic context and in their degrees as well as in various aspects related to their studies and future careers. Several formative group activities are organized throughout the course in the form of talks, workshops, etc.

Keywords— engineering students; leadership skill; mentoring or tutoring program; academic support; peer-by-peer mentoring.

Resumen — Uno de los principales cambios metodológicos producidos en el contexto universitario moderno ha sido la introducción de planes de acción tutorial (PAT). El principal objetivo de la tutoría universitaria es asesorar a los estudiantes en aspectos académicos, personales y profesionales. La Escuela Politécnica Superior de Jaén (EPS de Jaén), centro de la Universidad de Jaén, fomenta la acción tutorial ofreciendo un servicio a todos sus estudiantes mediante el cual profesores tutores y estudiantes-mentores orientan y asesoran a quienes voluntariamente desean ser tutorizados, ayudándoles en su integración en el contexto universitario y académico, así como en diversos aspectos relacionados con sus estudios y su futuro profesional. Además, se realizan a lo largo del curso actividades grupales formativas para mentores y estudiantes tutorizados (charlas, talleres o reuniones).

Keywords— estudiantes de ingeniería; habilidades de liderazgo; tutorización; plan de acción tutorial; soporte académico; tutorización formal, tutoría entre iguales.

I. INTRODUCCIÓN

EL concepto de tutoría entre pares o iguales se define como el hecho de que un grupo de estudiantes, es decir, personas de un nivel académico y de un estatus similar (excepto en el curso a que pertenecen), asuman simultáneamente los roles de mentores y estudiantes tutorizados, e interactúen intercambiando su experiencia de

manera que los estudiantes de cursos superiores asesoran y guían a los de cursos inferiores¹.

Los programas de acción tutorial se han aplicado ampliamente en el campo de la formación universitaria. En particular, la EPS de Jaén inició el Plan de Acción Tutorial (PAT) por primera vez en 2008, coincidiendo con la adaptación de la Universidad de Jaén al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y la consiguiente instauración de nuevas metodologías docentes. Actualmente, el PAT es un programa enmarcado en el Plan de Innovación Docente de la Universidad de Jaén (Plan I2D-UJA 2016). Este programa se ofrece a todos los estudiantes de nuevo ingreso que inicien su grado en Ingeniería (Informática, Geomática y Topográfica, Mecánica, Eléctrica, Electrónica Industrial y Organización Industrial) en la Escuela Politécnica Superior de Jaén. Durante el curso académico 2017/2018 se ha lanzado como novedad, aunque a modo de experiencia piloto, la tutoría entre iguales [1].

La coordinación del plan se lleva a cabo por la Comisión del PAT de la EPS de Jaén, compuesta por profesoras y profesores de distintas áreas de conocimiento, algunos de los cuales son miembros del equipo de dirección de la EPS de Jaén. Es la mencionada Comisión quien además planifica e informa sobre las actividades ofrecidas a través de diferentes medios: plataforma de docencia virtual de la Universidad – ILLIAS-, página web la de la EPS de Jaén y redes sociales

Diversas investigaciones han analizado aspectos variados relativos a la tutoría entre iguales, como el impacto del PAT en los estudiantes de primer curso [2]; la motivación de los estudiantes de Ingeniería de primer curso y sus expectativas, valores etc. [3,4]; o la efectividad de la tutoría entre iguales como una buena práctica en las enseñanzas universitarias [5]. Connolly [6] examina el impacto de las experiencias de la tutoría entre iguales sobre las calificaciones obtenidas y sobre la percepción de los estudiantes sobre su rendimiento académico y desarrollo de liderazgo, utilizando un enfoque de métodos mixtos. Se utilizaron grupos focales y entrevistas para determinar las experiencias de liderazgo indicadas por los

¹ Una versión de este trabajo ha sido presentado en el Third International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE 2018), con el título: Mentoring by Peers: A New Proposal of the Jaén School of Engineering. Angela Medina Quesada, Jose Ramón Balsas Almagro, Dolores Eliche Quesada, Elisabet Estevez, Francisco Javier Gallego, Catalina Rus Casas . Y ha sido seleccionado por el comité de programa del Congreso, para ser publicado na TICAI 2018 (<http://romulo.det.uvigo.es/ticai/>)

mentores. Dhorme et al. [7] muestran las características de un caso de tutoría en un curso masivo abierto en línea (MOOC) para identificar si su propuesta permite a los estudiantes mejorar sus calificaciones. Olakanmi [8] encuentra una combinación perfecta de compañeros en un grupo, en el cual pueden tutorizarse entre sí y no es tan sencillo como en la tutoría individual.

En el presente trabajo, se describe el programa piloto de tutorización entre iguales lanzado por la EPS de Jaén dentro de su PAT. Se estructura en las siguientes partes: el capítulo I muestra una introducción que se refiere al estudio de caso para proporcionar una descripción del mismo y una revisión de algunas referencias sobre programas de tutoría entre iguales. El capítulo II trata sobre la metodología y se divide en las siguientes subsecciones: *A. Tutorización por iguales como experiencia piloto*; *B. Proceso de inscripción y selección de potenciales candidatos como nuevos estudiantes mentores*; *C. Taller de formación inicial para estudiantes mentores*, donde se informa sobre el rol de los mentores y algunos detalles sobre sus tareas (pautas de tutoría); *D. Metodología de evaluación*; y *E. Formulación de encuestas para estudiantes mentores*. Además, el capítulo III ofrece los resultados y, finalmente, el capítulo IV presenta las conclusiones finales y algunas perspectivas futuras.

II. METODOLOGÍA

A. tutorización por iguales como experiencia piloto

En términos generales, como se detalla en [1], este programa de tutoría entre iguales se ha organizado dentro de un marco general establecido por la EPS de Jaén como un proceso de tutorización formal, que se lleva a cabo dentro de un período de tiempo específico y está dirigido a un grupo objetivo en particular, procurando cumplir con unos estándares de calidad específicos.

La EPS de Jaén considera este programa de tutoría entre iguales como una mejora en la calidad de sus títulos y así lo refleja en los informes relativos al seguimiento y la acreditación de todos ellos. En consecuencia, la EPS de Jaén ha aprobado lanzar por primera vez esta propuesta de tutoría entre iguales a estudiantes de primer curso, contando con la colaboración con el profesorado involucrado en el programa, como parte del procedimiento de orientación para estudiantes (PC05) del sistema de Garantía de Calidad de los grados.

Fue en el curso académico 2017/2018 cuando la EPS de Jaén se planteó esta nueva propuesta, siguiendo la filosofía general del plan I2D-UJA 2016, consistente en la incorporación de un proceso de tutoría entre iguales realizado al mismo tiempo que el programa de tutoría habitual. Este nuevo programa está siendo dirigido por profesores tutores y estudiantes mentores, quienes brindan ayuda a los estudiantes tutorizados durante toda su vida académica, desarrollando tareas de asesoría y coordinación en actividades de aprendizaje, introducción a la investigación avanzada, gestión y toma de decisiones relacionadas con su futura profesión.

Los tutores participantes, apoyados en todo momento por la Comisión del PAT, brindan su apoyo a los estudiantes tutorizados, los cuales pueden solicitarles ayuda para que les orienten sobre diferentes aspectos como horarios, hábitos de estudio, becas, preparación de exámenes, bibliografía, servicios universitarios, etc.

Sin embargo, el proceso de tutoría presenta dos inconvenientes principales. En primer lugar, puede suponer mucho tiempo para el profesorado, lo cual puede ocasionar que el profesorado con más experiencia y mejor posición académica no quiera participar en el programa de tutoría. En segundo lugar, a los estudiantes de primer curso les cuesta abordar problemas personales o académicos importantes debido a la falta de confianza con sus tutores, lo cual puede ocasionar que se pasen por alto aspectos importantes en la orientación del estudiante. Así, a través de la propuesta lanzada, en la que se incluyen estudiantes mentores, se pretenden mitigar estos dos inconvenientes, por un lado, asumiendo los estudiantes mentores parte del trabajo de tutoría, y, por otro lado, facilitando la comunicación del estudiante de primer curso con compañeros cercanos de una edad similar y con intereses similares.

B. Proceso de inscripción y selección de potenciales candidatos como nuevos estudiantes mentores

Los nuevos estudiantes mentores fueron seleccionados en julio de 2017, tras un proceso de inscripción consistente en la entrega del Curriculum Vitae (CV) y el compromiso de participar en un taller de formación sobre el rol a desempeñar con los estudiantes que soliciten ser tutorizados, seguido de la realización de una entrevista con los representantes de la Comisión de PAT de la EPS de Jaén. Los aspectos valorados fueron los méritos académicos y la participación previa en el PAT o en otras actividades de la Universidad tales como asociaciones de estudiantes, prácticas de empresa, etc. Con ello se buscaba un perfil de estudiante capaz de garantizar una ayuda efectiva a sus compañeros, a la vez que adecuado para formar parte de una red de apoyo conformada entre estudiantes, responsables académicos y empresas del entorno local, siempre en extrema colaboración con la Comisión del PAT de la EPS de Jaén.

Concretamente, los criterios que se siguieron para la evaluación y posterior selección de estudiantes mentores fueron:

- Haber participado previamente en el PAT de la EPS de Jaén.
- Haber sido delegado/a o subdelegado/a de curso.
- Ser miembro de la asociación de estudiantes de la EPS de Jaén.
- Puntuación media en su expediente académico.
- Haber participado en cursos y conferencias organizados por la EPSJ o por la UJA.
- Haber sido estudiante de apoyo de la UJA.
- Ser estudiante de máster o de doctorado en el próximo curso académico.
- Proporción de créditos del título superados.
- Acreditación en lengua extranjera.

Así, fueron seleccionados seis estudiantes mentores, abarcando todos los grados, excepto uno, para el que se optó por utilizar como mentor uno de los estudiantes seleccionados perteneciente a una titulación de su misma rama (Industrial). De esta forma se plantea una tutorización entre iguales basada en estudiantes que cursan los mismos estudios, frente a la estrategia de tutorización por iguales cuando las disciplinas son similares pero no idénticas (misma rama). El número

de mentores seleccionados fue el siguiente según el grado cursado:

- 4 estudiantes mentores para los grados de Ingeniería de la rama Industrial.
- 1 estudiante mentor para el Grado en Ingeniería Geomática y Topográfica.
- 1 estudiante mentor para el Grado en Ingeniería Informática.

El desarrollo de esta iniciativa, además, permite a los estudiantes mentores obtener un crédito de acuerdo al sistema europeo de transferencia y acumulación de créditos (ECTS), una pequeña ayuda económica y un certificado de reconocimiento de su actividad al finalizar ésta.

C. Taller inicial para la formación de los estudiantes mentores.

En el planteamiento inicial, uno de los aspectos más importantes era que los estudiantes seleccionados para actuar como mentores conocieran la iniciativa y fueran proactivos en las tareas que les fueran encomendadas desde el primer encuentro. Por tal motivo, se organiza un taller inicial de formación a principios de curso (septiembre), impartido por la Subdirectora de Estudiantes de la EPS de Jaén. Durante este taller formativo se explica a los estudiantes los detalles de las tareas que deben realizar, el periodo de tiempo que abarca su participación (desde septiembre a mayo), así como un resumen de la organización de actividades que se propondrán a los estudiantes. La primera actividad en la que se involucra a los mentores son las jornadas de recepción de estudiantes de nuevo ingreso, donde toman un papel activo junto a la Subdirectora del Centro encargada de conducir los actos.

C. 1 El papel del estudiante mentor en la actividad

La iniciativa de tutorización entre iguales comienza en el mes de septiembre de 2017 y prosigue hasta el mes de abril de 2018. Durante la primera mitad de septiembre, los estudiantes mentores debutaron como tal en su primer día de trabajo, el día de jornada oficial de recepción de nuevos estudiantes de la Universidad de Jaén y, durante ella, celebraron su primera reunión presencial con los nuevos estudiantes asistentes.

El estudiante mentor debe programar varias entrevistas con los estudiantes de nuevo ingreso para orientarlos en diferentes temas relacionados con aspectos académicos y administrativos entre otros. Animarán a los estudiantes de nuevo ingreso a contactar con sus respectivos profesores tutores e incluso asistirán a las reuniones con estos últimos en caso de que lo soliciten los propios tutores. Al final de todo el proceso, el estudiante mentor entregará un informe a la Comisión del PAT de la EPSJ en el que se reflejarán diferentes aspectos de su experiencia en la actividad. El contenido de estos informes se mostrará más adelante.

Para facilitar la organización de esta actividad, así como de otras que suponen parte de la formación transversal del estudiante de ingeniería, la EPS de Jaén establece un horario fijo en el calendario todos los miércoles de 12:30 a 14:30 horas. En estas dos horas se organizan todas las actividades de orientación, incluso las reuniones presenciales de los estudiantes mentores con los estudiantes tutorizados.

Los estudiantes mentores, además, contactan por diferentes medios con sus estudiantes tutorizados para

comunicar cualquier cuestión que consideren de interés para los estudiantes asignados. Para ello se les da libertad para escoger por ellos mismos los canales que consideren más adecuados como correo electrónico, foros de Whatsapp, Telegram, etc.

En todo momento, la Comisión del PAT de la EPS de Jaén les asesora sobre su intervención, puesto que, finalmente, será esta Comisión la encargada de evaluar la implicación del mentor en la actividad.

Como ya se ha mencionado la primera actividad en la que participan de manera presencial es a mediados de septiembre en la recepción de estudiantes de nuevo ingreso del curso académico. En la jornada de recepción de los estudiantes de nuevo ingreso la EPS de Jaén organiza actos paralelos en la que los distintos Subdirectores responsables de cada grado informan de los aspectos más importantes de organización del Centro y de la titulación que han elegido. Durante este acto los estudiantes mentores colaboran con algunos mensajes que facilitarán los primeros días en la Universidad a los estudiantes de nuevo ingreso.

C. 2 Organización de las tutorías

El objetivo principal de los estudiantes mentores es asesorar a los estudiantes de nuevo ingreso en diferentes aspectos académicos, administrativos y organizativos para conseguir una fácil integración en la vida universitaria, incentivar su proactividad en las actividades que propone tanto la Universidad como el Centro y conocer el día a día del entorno en el que cursará sus estudios de grado. Como ya hemos comentado, el punto de partida de la actividad serán las jornadas de recepción de los estudiantes de nuevo ingreso en el que los propios estudiantes mentores animarán a los estudiantes a inscribirse en el PAT de la EPS de Jaén.

Cuando la Comisión de PAT de la EPS de Jaén informa a los estudiantes mentores quienes son los estudiantes que les han sido asignados, les recuerda que deben realizar al menos tres reuniones cara a cara con ellos. Además, el estudiante tutorizado puede establecer contacto con su mentor siempre que lo considere necesario y los mentores deben atenderlos lo más rápidamente que les sea posible. Por otro lado, los mentores, desde su experiencia personal, asesorarán de forma proactiva a los estudiantes asignados sobre temas como las convocatorias de exámenes, la regulación académica o la normativa académica de permanencia en la Universidad. También, sobre cualquier otro tema relacionado con el día a día para que el estudiante sea consciente de la planificación que debe realizar para superar con éxito el curso académico. En este sentido se incluye informar cómo consultar sus horarios de clase, los grupos de clase, localizar las aulas docentes y de prácticas de laboratorio, así como que el Centro reserva para las actividades extracurriculares y de representación todos los miércoles de 12:30 a 14:30 horas. Cuando el curso avanza, los estudiantes mentores también deben informar, en contactos sucesivos, sobre actividades de internacionalización, convenios de movilidad del Centro, oferta de asignaturas en inglés, asociaciones de estudiantes y el modo de involucrarse de manera activa como representantes de los estudiantes en los Consejos de Estudiantes, Junta de Centro o Consejos de Departamento. También sobre otros temas de interés para el estudiante como la forma de gestionar su tarjeta de estudiante o los diferentes campeonatos deportivos y tecnológicos

que se llevarán a cabo en la Universidad, enfatizando en la competición internacional anual *Motostudent*, competición de motociclismo para estudiantes, en la que el Centro participa con un grupo de estudiantes de diferentes titulaciones, en la última edición, en la modalidad *Motocicleta eléctrica* y que, tradicionalmente tiene muy buena acogida por parte de los estudiantes.

La Comisión de PAT de la EPSJ durante el curso académico 2017/2018 organizó las siguientes actividades relacionadas con la orientación de estudiantes: jornadas de recepción de estudiantes de nuevo ingreso, jornada de recepción de todos los colectivos implicados en el PAT (tutores, estudiantes mentores y estudiantes tutorizados), taller denominado 'Kit de supervivencia de tu primer año en la Universidad' (con la colaboración de los propios estudiantes mentores), talleres y seminarios de nivelación y mejora de habilidades, como por ejemplo, en Matemáticas. También, diferentes talleres para atender cuestiones habituales planteadas por los estudiantes como 'Edición básica de documentos' o 'Cómo afrontar con éxito los exámenes'. Para fomentar la participación, desde la dirección del Centro se establece que el estudiante que tenga un seguimiento de al menos el 70% de estas actividades organizadas por el PAT tendrán un reconocimiento de 1 ECTS.

La Comisión de PAT de la EPS de Jaén, por su parte, planifica las actividades y coordina su realización y recursos utilizados a través de la propia plataforma de docencia virtual, ILIAS, de la Universidad de Jaén. A través del espacio en la plataforma se organizan los diferentes grupos involucrados en la actividad y se informa a los estudiantes participantes sobre cómo utilizarla para acceder a los materiales de los talleres y para comunicarse con el profesorado.

Con respecto a las actividades de difusión de la Universidad, los estudiantes de nuevo ingreso reciben puntualmente información actualizada sobre las diferentes actividades de orientación que se organizan a través de diversos medios. También se hace uso de redes sociales, para lo cual se han generado perfiles en Facebook y Twitter para transmitir de manera informal y más cercana información de todas las actividades.

En resumen, los estudiantes mentores no sólo serán meros transmisores de información de interés para estudiantes de nuevo ingreso, sino que también acompañarán a sus estudiantes tutorizados para que conozcan de primera mano las oportunidades que ofrece el estudiar en la EPS de Jaén. Finalmente, los mentores proporcionarán con sus comentarios información valiosa a la Comisión del PAT de la EPS de Jaén que permita proponer acciones de mejora de la actividad en los próximos cursos.

D. Metodología de Evaluación

Con la incorporación del nuevo rol de estudiante mentor, el PAT de la EPS de Jaén involucra cuatro roles diferentes de participantes que interactúan entre sí: estudiantes tutorizados, estudiantes mentores, profesores tutores y la Comisión de PAT de la EPS de Jaén. En este sentido, la metodología general de evaluación para el PAT debe considerar aspectos de interés sobre la comunicación entre los diferentes roles. Algunas relaciones, como por ejemplo la existente entre el personal docente y la Comisión del PAT de la EPS de Jaén, han sido abordadas en trabajos anteriores [1]. Sin embargo, la

iniciativa de tutorización entre iguales supone un nuevo tipo de relaciones que podrían ser útiles para obtener información valiosa sobre las inquietudes y dudas comunes entre los estudiantes de primer curso de grado que no es fácil de obtener por otros medios. Como se explica en [1], las reuniones entre profesores tutores y estudiantes tutorizados no son la vía más adecuada para obtener información completa sobre los problemas personales de los estudiantes, debido, quizás, a la diferencia de edad o al posible efecto de autoridad que podría producir un profesor desconocido. Por esa razón, la metodología de evaluación para esta iniciativa debe tratar de descubrir esta valiosa información, que podría completar la visión global de las necesidades de los estudiantes de primer año, para de esa manera ser más eficientes en la tarea de contribuir a mejorar su rendimiento y éxito académico.

El proceso de evaluación se lleva a cabo mediante encuestas *on-line* disponibles en la propia plataforma de docencia virtual de la Universidad de Jaén, ILIAS. De esta manera, puesto que la comunidad universitaria está habituada a dicha plataforma, resulta más cómodo completarlas para las personas involucradas. De hecho, también se utiliza activamente en otros aspectos del programa de tutoría, tal y como se ha comentado anteriormente.

Las encuestas se realizaron a final del curso académico 2017/2018. En los siguientes apartados se describe el contenido de las encuestas y se analizan algunos resultados considerados de interés.

E. Formulación de encuestas para los estudiantes mentores

Nuestro primer enfoque fue medir el impacto de la iniciativa desde una perspectiva cuantitativa y cualitativa, tratando de detectar nuevos tipos de aspectos no cubiertos en el PAT, como se ha explicado anteriormente. En este sentido, hemos desarrollado dos encuestas diferentes, una para estudiantes tutorizado y otra para estudiantes mentores. En cuanto a la relación entre el profesorado tutor y los estudiantes mentores, no se cubrirá en esta primera edición de la iniciativa, derivando el estudio de este proceso de interacción al próximo curso.

Los estudiantes tutorizados deben responder algunas preguntas sobre el papel de su estudiante mentor y sobre su nivel de participación. Para no saturarlos con encuestas, estas preguntas específicas se han incluido en la misma encuesta que se efectúa en la entrevista entre el estudiante y su profesor/a tutor al final de cada semestre. En cuanto a los estudiantes mentores, deben completar un informe final con la información general sobre sus actividades y opiniones personales sobre diferentes temas.

Las preguntas para cada encuesta cubren aspectos comunes tales como la cantidad y calidad de los contactos entre el estudiante mentor y el estudiante tutorizado. Este enfoque complementario puede mostrarnos los diferentes puntos de vista de los roles involucrados. Además, queremos obtener información relevante sobre la calidad de las interacciones, por lo que también se incluyen preguntas sobre la relevancia y la percepción de satisfacción.

Con respecto al informe final de los estudiantes mentores, el cuestionario se compone de cuatro secciones básicas: información personal, nivel de comunicación (Fig.1), temas

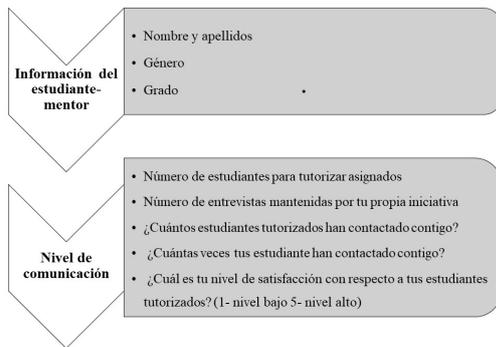


Fig. 1. Cuestiones planteadas por la Comisión para obtener información del estudiante y cuestiones asociadas a la comunicación.

cubiertos entre iguales (Fig.2), y evaluación por parte de estudiantes tutorizados y estudiantes mentores (Fig. 3).

Por un lado, se han incluido preguntas para detectar nuevas preocupaciones y dudas comunes de los estudiantes de primer curso que podrían haber pasado desapercibidas en las entrevistas mantenidas con sus profesores tutores. Estas preguntas cubren temas como problemas personales o aspectos negativos que podrían influir negativamente en el rendimiento académico de los estudiantes. Otro grupo de preguntas en esta parte cubre la percepción personal, comentarios o dudas de los estudiantes sobre su actividad académica y su futuro laboral.

Por otro lado, un grupo de preguntas cubre la apreciación del estudiante mentor acerca de la relevancia y del impacto para sus estudiantes tutorizados de la formación complementaria recibida sobre el programa de tutorización entre iguales.

En cuanto a las preguntas de la sección final del informe sobre la evaluación personal del programa, podrían ayudar a detectar las fortalezas y debilidades para mejorarlo en futuras ediciones.

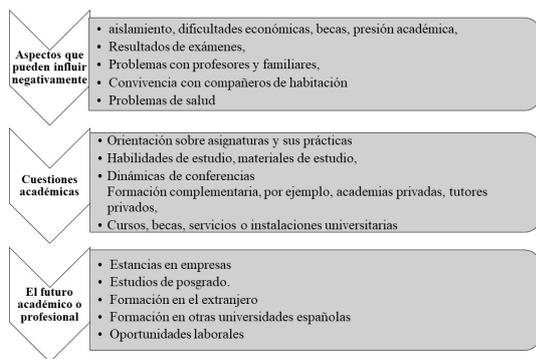


Fig. 2. Preguntas relacionadas con los temas cubiertos en la tutorización.

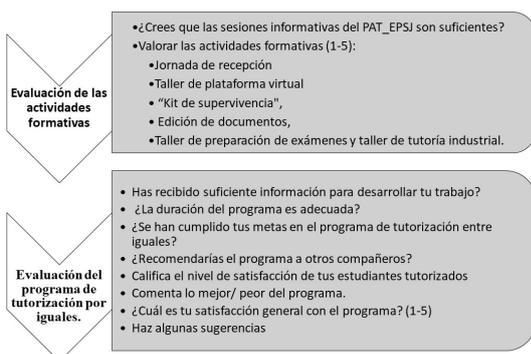


Fig. 3. Preguntas relacionadas con la evaluación por parte de estudiantes tutorizados y estudiantes mentores.

III. RESULTADOS

en este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de la información recopilada mediante las encuestas descritas anteriormente, y avanzamos algunas conclusiones sobre los mismos.

En primer lugar, se observa un incremento sensible en el número de estudiantes que se han interesado por participar en el PAT de la EPS de Jaén respecto de las ediciones anteriores (Fig. 4). Por otro lado, en lo referente al nivel de comunicación de los estudiantes con sus estudiantes mentores, el 52,1% conocían quién era su estudiante mentor asignado y el 34% habían contactado con ellos. Todos estos resultados son similares a los producidos en el curso anterior, lo que, a priori, puede indicar que el programa de estudiantes mentores, por sí solo, no contribuye a mejorar el interés general de los estudiantes que participan en el PAT. No obstante, cabe resaltar que se ha constatado también que quienes participan activamente, contactan con sus estudiantes mentores como otra fuente de ayuda complementaria y que se incrementa su satisfacción con la acción tutorial recibida.

Por otro lado, cuatro de los seis estudiantes mentores consideran que la relación con sus estudiantes tutorizados ha sido bastante satisfactoria. El resto, al menos consideran este trato como satisfactorio, sin que ninguno haya manifestado una percepción negativa.

Uno de los resultados más reveladores obtenidos de los informes de los estudiantes mentores es el detalle sobre los temas tratados con sus estudiantes tutorizados. En este sentido, se observó que entre los temas tratados con connotaciones negativas, el 40% de los estudiantes mentores informaron que algunos de los estudiantes estaban preocupados por cuestiones de becas y problemas con algunos profesores, y el 20% informó sobre la presión académica de los estudiantes en el primer cuatrimestre, tal como se muestra en la Fig. 5.

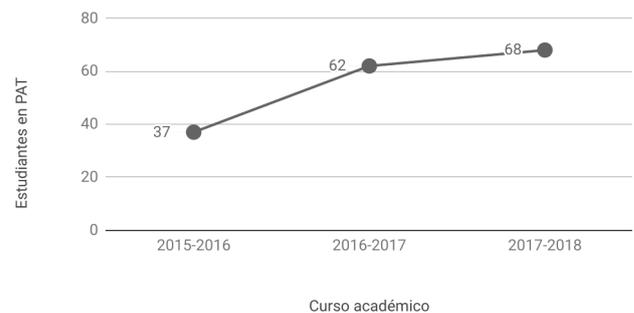


Fig. 4. Evolución de estudiantes participando en el PAT de la EPS de Jaén.

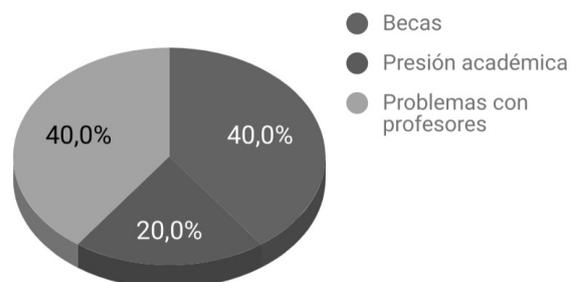


Fig. 5. Asuntos que influyen negativamente en los estudiantes según sus estudiantes mentores.

En relación con aspectos académicos, tal como se ilustra en la Fig. 6, los informes muestran que el 26,7% de los contactos mantenidos versaron sobre orientación en asignaturas y becas. Otro aspecto relevante es que el 20% de las preguntas que recibían los estudiantes mentores eran sobre preparación de exámenes. La Comisión del PAT de la EPS de Jaén estudiará en profundidad la naturaleza específica de estas cuestiones para proponer posibles iniciativas en cursos posteriores.

En cuanto al apartado de la encuesta relativo a las inquietudes sobre el futuro académico de los estudiantes, el 33% realizó preguntas sobre formación en el extranjero y el 16% sobre oportunidades laborales, prácticas de empresa y sobre otros itinerarios formativos a partes iguales. Es importante resaltar que algunas de estas preguntas no aparecían en ediciones anteriores del PAT en las cuestiones que los estudiantes planteaban a sus profesores tutores. Por lo tanto, parece que se confirma la hipótesis inicial de que los estudiantes mentores suponen una figura complementaria esencial dentro del PAT como ayuda a los estudiantes de primer año.

En relación con la percepción general del programa, todos los estudiantes mentores estuvieron de acuerdo en que la formación recibida y su duración fueron adecuadas, y, excepto uno de ellos, recomendarían la iniciativa a otros estudiantes. Por otro lado, respecto al grado de satisfacción de sus estudiantes tutorizados percibida por los estudiantes mentores, el 50% consideran que era la normal y el resto que era bastante o muy satisfactoria, aunque ninguno de ellos tuvo sensaciones negativas en este sentido.

Como conclusión al respecto, se trató de una experiencia positiva para los estudiantes mentores como se puede observar en la Fig. 7.

En el apartado de sugerencias para la mejora de la iniciativa, casi el 50% de los encuestados estuvieron de

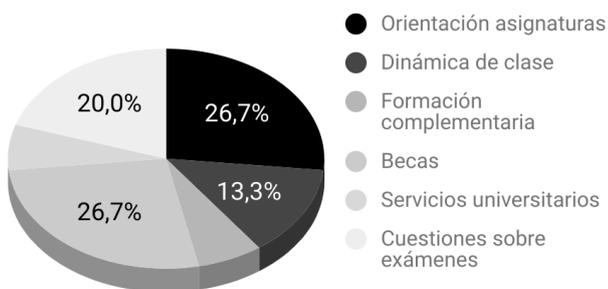


Fig. 6. Asuntos tratados entre estudiantes mentores y estudiantes tutorizados).

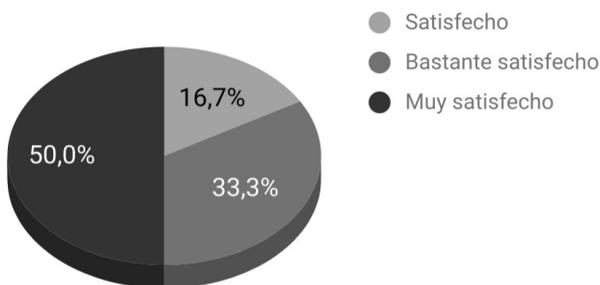


Fig.7. Satisfacción personal de los estudiantes mentores en el programa (% de mentores por grado de satisfacción)

acuerdo en la importancia de comenzar el programa de tutorización entre iguales en las primeras semanas, o incluso días, del cuatrimestre. Algunos de ellos propusieron enviar la información a los estudiantes justo después de que se matricularan en julio o septiembre. Esta apreciación coincide con la reducción en la participación del 37% de los estudiantes tutorizados observada después de los dos primeros meses del cuatrimestre en anteriores convocatorias. Probablemente, esto sea debido a la rápida adaptación de la mayoría de los estudiantes, incluso antes de lo que ellos esperaban cuando solicitaron participar en el PAT.

IV. CONCLUSIONES

La puesta en marcha del programa de tutorización entre iguales de la EPS de Jaén, ha resultado ser una propuesta acertada, dada la buena acogida tenida, tanto por parte de los estudiantes de ingeniería de primer año, como por quienes decidieron inscribirse en este programa como estudiantes mentores.

Las encuestas realizadas revelan un buen grado de satisfacción. Ha quedado claro que los estudiantes tutorizados requieren ayuda en diferentes áreas según el curso y sus intereses personales, por lo que la EPS de Jaén reforzará la atención a todos los estudiantes de nuevo ingreso intentando involucrar al mayor número posible de estudiantes, para acompañarlos y ofrecerles una orientación integral durante su primer año, aunque por ahora la participación en este programa de tutorización sea completamente voluntaria. En ese sentido, se ha observado la importancia de introducir al comienzo del semestre las actividades de apoyo a los estudiantes de nuevo ingreso.

Por otro lado, la Comisión del PAT de la EPS de Jaén espera que el trabajo realizado por los estudiantes mentores con los estudiantes tutorizados de nuevo ingreso tenga los debidos frutos, en el sentido de que estos últimos adquieran una mejor percepción de su nuevo entorno y desarrollen un proceso de adaptación más fácil en el contexto de la Universidad. Así mismo, que interioricen unas buenas prácticas y alcancen un mejor resultado académico, acompañado de un enriquecimiento social y personal.

En definitiva, la Comisión de PAT de la EPS de Jaén considera que es muy oportuno consolidar para los próximos cursos acciones como la de este programa de tutorización. Otra propuesta futura es la implementación de un proceso de tutorización integral (profesores tutores y mentores estudiantes con estudiantes de primer curso, y representantes de empresas locales tutorizando a los estudiantes de cursos superiores), con el fin de actuar también sobre otros aspectos como las habilidades de liderazgo o las perspectivas de futuro profesional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Enseñanzas de Grado, Postgrado y Formación Permanente de la Universidad de Jaén por financiar el Proyecto de Innovación Docente (Plan I2D-UJA 2017).

REFERENCIAS

[1] A. Medina, J. R. Balsas-Almagro, D. Eliche-Quesada, E. Estevez, F.J. Gallego, C. Rus-Casas, "Designing a new mentoring integral plan at the Jaén School of Engineering." In: Proc. 10th annual International

- Conference of Education, Research and Innovation, pp. 7733-7740, 2017.
- [2] M. DeMarinis, J. Beaulieu, I. Cull, A. Abd-El-Aziz, "A mixed-methods approach to understanding the impact of a first-year peer mentor program." *J. First-Year Exp. Stud. Transit.*, vol. 29, no. 2, pp. 93-107, 2017.
- [3] B. D. Jones, M. C. Paretti, S. F. Hein, T. W. Knott, "An analysis of motivation constructs with first-year engineering students: relationships among expectancies, values, achievement, and career plans." *J. Eng. Educ.*, 2010 vol. 99, no. 4, pp. 319-336, 2010.
- [4] M. Besterfield-Sacre, C. J. Atman, L. J. Shuman, R. L. Porter, R. M. Felder, H. Fuller, "Changes in freshman engineers' attitudes-a cross institutional comparison: what makes a difference?" In: *Proc. 26th Annual Conference*, vol. 99, no. 4, pp 319-336, 1996.
- [5] J. Carragher, J. McGaughey, "The effectiveness of peer mentoring in promoting a positive transition to higher education for first-year undergraduate students: a mixed methods systematic review protocol Jean." *Carragher and McGaughey Systematic Rev.*, vol. 5, no. 68, pp. 1-9, 1996.
- [6] S. Connolly, "The impact of peer mentoring on the mentors." *J. Appl. Res. High. Educ.*, vol. 9, no. 2, pp. 255-266, 2017.
- [7] L. Dhone, et al., "Mentoring learners in MOOCs: A new way to improve completion rates?." Springer International Publishing AG 2017.C., pp. 29-37, 2017
- [8] O. A. Olakanmi, J. Vassileva, "Group matching for peer mentorship in small groups." Springer International Publishing AG 2017. C., pp. 65-80, 2017.
- [9] I. Sheridan, M. Linehan, "Work placement in third-level programmes. Roadmap for employment-academic partnerships". Reports REAP: National Network for Enterprise Engagement, 2011.
- [10] T. Thume, "Success factors in higher education-industry collaboration: A case study of collaboration in the engineering field." *J. Tert. Educ. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 31-50, 2011.

Página en Blanco

Capítulo 5

A contribuição do uso de metodologias ativas de aprendizagem no desenvolvimento de competências para o engenheiro

Carmen S.G. Lopes, Edson W. Cazarini, Dyjalma A. Bassoli, Alessandra F. Perez.

Title—The contribution of the use of active learning methodologies in the development of skills for the engineer

Abstract—Faced with higher education methodologies, learning becomes increasingly challenging in the formation of creative and entrepreneurial individuals, depending on pedagogical interventions, renewing ways of teaching and learning. Engineering education requires the implementation and management of proper educational processes for this context. This work presents research results on the development of competences with the use of learning techniques. It was developed with the group of students enrolled in Engineering, seeking to revise the pedagogical practices as well as available technological resources, in order to provoke the creation of a broader base of scientific and technological knowledge.

Keywords—Active methodologies, Learning, Training of engineers, Competences.

Resumo—Diante das metodologias mais tradicionais de ensino superior, a aprendizagem torna-se cada vez mais desafiadora na formação de indivíduos criativos e empreendedores, dependendo de intervenções pedagógicas, renovando as formas de ensino-aprendizagem. A educação em Engenharia requer a implantação e gestão de processos educativos adequados a esse contexto. Este trabalho apresenta resultados de investigação sobre o desenvolvimento de competências com uso de metodologias ativas de aprendizagem. Foi desenvolvido com grupo de alunos matriculados em disciplina do curso de Engenharia, buscando rever as práticas pedagógicas, os recursos tecnológicos disponíveis, provocando a criação de uma base mais ampla de conhecimento científico e tecnológico.

Palavras-chave—Metodologias ativas, Aprendizagem, Formação de engenheiros, Competências.

I. INTRODUÇÃO

CONSIDERANDO o atual estágio de desenvolvimento científico e tecnológico, torna-se cada vez mais relevante discutir o perfil desejável de profissionais de Engenharia capazes de dar resposta aos constantes desafios impostos. Com relação ao processo de ensino aprendizagem, uma mudança significativa do perfil e necessidades do aluno, bem como do mundo do trabalho, têm sido observados nos últimos anos.

As transformações que vêm ocorrendo mundialmente, nas esferas, social, política, econômica, tecnológica, científica, ética e em tantas outras, refletem nas diversas áreas da vida social, como na organização do trabalho, nas formas de produção e na formação profissional. Acompanhar tais transformações tem tornado necessária uma adaptação contínua por parte dos indivíduos [1].

Sabe-se que os profissionais de Engenharia têm atualmente maiores exigências com relação ao preparo, capacidade de tomar decisões, de resolver problemas, trabalhar em equipe, comunicar-se eficientemente, ter autonomia no aprendizado e flexibilidade frente a novas situações sociais e profissionais [2].

No caso dos profissionais de Engenharia, o perfil desejável aponta competências, habilidades e atitudes que incluem a conduta criativa, questionadora e científica, e essas qualidades, quando se trata de conhecimentos básicos necessários à profissão, demandam o desenvolvimento de capacidades como observar, identificar variáveis intervenientes, analisar dados e informações, e propor metodologias de investigação [3]. Esses autores apontam ainda que o processo educacional contemporâneo deve visar a formação de um profissional pronto para aprender sempre, buscando e gerenciando informações, derivando delas o conhecimento necessário para interagir no seu meio em condições de compreender e propor soluções para cada nova situação.

Considerando que o modelo tradicional de ensino é inadequado e insuficiente para a formação do profissional com o perfil esperado, o objetivo deste trabalho foi identificar as possíveis contribuições do uso de metodologias ativas para o desenvolvimento de competências na formação do engenheiro, na perspectiva de uma visão sistêmica.

Os educadores da área de Engenharia almejam a formação de engenheiros inovadores, autônomos e empreendedores e entende-se que esse perfil profissional contemporâneo só pode ser alcançado por meio de intervenções pedagógicas adequadas. Nos Estados Unidos e na Europa existem diversas iniciativas com o objetivo de melhor preparar o estudante de Engenharia para o mercado de trabalho [4]-[5]-[6]-[7].

II. AS COMPETÊNCIAS SEGUNDO O CDIO

nos programas das associações de classe nos Estados Unidos [8]-[9], a questão da empregabilidade dos engenheiros tem recebido ênfase por ter impacto direto na competitividade

tecnológica e econômica e também no bem-estar social, com uma demanda por engenheiros que são capazes de trabalhar em equipes e em qualquer lugar do mundo atuando em projetos globais e na solução de problemas mundiais.

Nas últimas duas décadas, o ensino de engenharia tem tentado estreitar a divisão entre o social e o técnico [10]. Mais notadamente, a Accreditation Board for Engineering and Technology [11], conselho de acreditação para programas de Engenharia, reconheceu a importância de formar engenheiros mais flexíveis e com uma ampla variedade de habilidades e competências e desenvolveu programas com novos resultados de aprendizagem.

Referência [4] descreve e discute uma significativa proposta pedagógica para o desenvolvimento de competências. Trata-se do Programa CDIO SYLLABUS que é utilizado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), desde o ano de 2001.

O Programa CDIO foi comparado aos Quatro Pilares Educacionais da Unesco e atualizado, dando origem ao CDIO Syllabus version 2.0. O trajeto de formação sugerido pelo framework CDIO (Conceive — Design — Implement — Operate, traduzindo do inglês, Conceber — Projetar — Implementar — Operar) seria uma das opções de estudo, uma vez que apresenta os percursos de carreira possíveis para um engenheiro, baseados na associação de habilidades gerais e específicas que ele desenvolverá ao longo de sua formação técnica-profissional-pessoal [12].

Nesse programa, as competências são detalhadas em cinco níveis sendo que o primeiro aborda as quatro competências mais gerais: i) raciocínio e conhecimento técnico; ii) habilidades e atributos pessoais e profissionais; iii) habilidades interpessoais, incluindo trabalho em equipe e comunicação; iv) conjugação de CDIO em contextos empresariais e sociais. [4] elaborou uma taxonomia com 432 competências.

O objetivo específico das competências definidas pelo CDIO é criar um conjunto generalizado de metas para a educação em Engenharia, com o detalhamento suficiente para que possa ser compreendido e implementado pelos cursos de Engenharia no mundo todo. Mais de 15 anos depois da sua primeira discussão, hoje esse modelo ainda pode ser comprovado a partir de pesquisas e relatórios que são constantemente avaliados e publicados [13].

Para [12] o objetivo maior era criar uma taxonomia de aprendizagem de Engenharia, mais abrangente do que as existentes antes do ano de 2000, sempre com o foco no processo do ensino superior e a formação do engenheiro, e nas competências para atuar num mercado dinâmico, globalizado, tecnológico, em rede, e culturalmente mutável.

III. METODOLOGIA

A metodologia foi delimitada por pesquisa de campo junto aos alunos da disciplina Higiene e Segurança Industrial, cujo conteúdo é obrigatório segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para cursos de engenharia [14]. O universo de sujeitos pesquisados constituiu-se por estudantes do curso de Engenharia Química.

Para que fossem aceitos como voluntários nessa pesquisa, os estudantes matriculados regularmente na disciplina leram e concordaram com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), dando seu consentimento à metodologia.

A. O Modelo Intervencionista

O modelo intervencionista proposto é aplicado em condições reais de trabalho, e visa intervir no processo habitual das atividades industriais, para caracterizar os riscos potenciais relativos à higiene e segurança do trabalho [15]. Com base nesse modelo, as etapas dessas atividades foram adaptadas ao método, sendo descritas como:

1. **Apreciação:** é uma fase exploratória que compreende o mapeamento dos problemas relativos à higiene e segurança do trabalho na empresa. Consiste na sistematização do sistema homem-tarefa-máquina e na delimitação dos riscos ambientais;
2. **Diagnose:** permite aprofundar os problemas priorizados e testar predições. É o momento das observações sistemáticas das atividades desenvolvidas na indústria e dos registros de comportamento em situação real de trabalho;
3. **Projeção:** busca adaptar o ambiente e os processos de trabalho, equipamentos e ferramentas às características físicas, psíquicas e cognitivas do trabalhador/operador;
4. **Validação:** trata de avaliar se os argumentos, as propostas e as alternativas projetuais resultaram na eficiência esperada. Compreende avaliações através de modelos e testes e eventualmente, simulações, se necessário;
5. **Otimização:** compreende a revisão do projeto após sua avaliação pelo decisor e validação pelos operadores. Considera as possibilidades de reajuste conforme as opções daquele que decide, segundo as restrições de custo, as prioridades tecnológicas da empresa, a capacidade instalada do implementador e as soluções técnicas disponíveis.

Os estudantes foram divididos em equipes de trabalho para aplicar, sob orientação, os processos de intervenção em indústrias da área química. As questões foram elaboradas com base nas competências descritas em um dos blocos do Programa CDIO, pautados nas referências [4]-[16]-[18]-[12].

Nessa oportunidade foi solicitado para que os estudantes pesquisados apontassem o grau de concordância, orientado por escala Likert, sendo: 1 = discordo totalmente; 2 = discordo parcialmente; 3 = não concordo nem discordo; 4 = concordo parcialmente; e 5 = concordo totalmente.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados e discutidos a seguir, os resultados da pesquisa realizada sobre as habilidades e competências pertencentes aos três blocos da proposta condensada do “CDIO Syllabus” [4]: 1. habilidades pessoais e atitudes 2. habilidades e atitudes profissionais 3. conhecimento e raciocínio técnico. Para uma melhor análise dos resultados de pesquisas usando escala Likert, pode-se fazer uma abordagem quantitativa para estabelecer o Ranking Médio (RM) para o questionário, para mensurar o grau de concordância dos sujeitos que responderam os questionários.

A. Habilidades Pessoais e Atitudes

Essa etapa da pesquisa intencionou reconhecer as habilidades pessoais e atitudes na execução do trabalho proposto, contando com os itens ilustrados na Tabela 1. A

TABELA 1
SOBRE AS HABILIDADES PESSOAIS E ATITUDES NA EXECUÇÃO DO TRABALHO PROPOSTO

Opções de Resposta	1	2	3	4	5	Total	RM
O processo em que estive envolvido favoreceu o desenvolvimento da minha curiosidade e a necessidade de aprendizagem ao longo da vida	0	0	0	6	24	30	4,80
Adquiri autoconsciência do próprio conhecimento, habilidades e atitudes	0	0	0	12	18	30	4,60
Desenvolvi pensamento crítico	0	0	2	9	19	30	4,57
Desenvolvi pensamento criativo	0	0	2	11	17	30	4,50
Fui perseverante e flexível	0	0	3	11	16	30	4,43
Tornei-me capaz de gerir o tempo e os recursos para a solução dos problemas	0	0	3	14	13	30	4,33
Tive iniciativa e disposição para assumir riscos	1	0	3	11	15	30	4,30
Total:	1	0	13	74	122		

média do RM entre os itens esteve em 4,50, o que evidencia forte concordância com os pontos pesquisados.

Essa pesquisa tem especial importância uma vez que investiga questões comportamentais importantes e que seguirão por toda a vida profissional do estudante. Especial destaque, com 96% de pontuação da escala Likert (RM = 4,80), foi a afirmação ‘o processo em que estive envolvido favoreceu o desenvolvimento da minha curiosidade e a necessidade de aprendizagem ao longo da vida’, com dados ilustrados na Figura 1.

A Figura 2 ilustra o resultado do quesito: ‘adquiri autoconsciência do próprio conhecimento, habilidades e atitudes’, com RM = 4,60. Os dois quesitos que seguem, ‘desenvolvi pensamento crítico’ (Figura 3) com RM = 4,57;

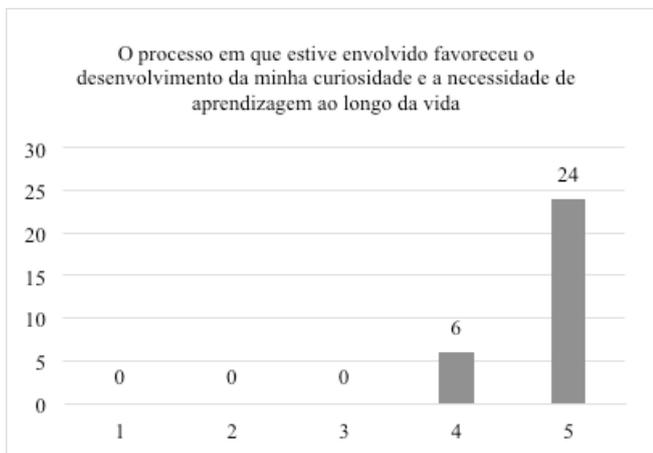


Figura 1. Habilidade e/ou competência de percepção que o processo em que estive envolvido favoreceu o desenvolvimento da curiosidade e a necessidade de aprendizagem ao longo da vida.

e ‘desenvolvi pensamento criativo’ (Figura 4) com RM = 4,50, auxiliam na identificação dessa provável interferência positiva do projeto no fortalecimento dessas habilidades.

O resultado das demais habilidades investigadas – ‘fui perseverante e flexível’ (RM = 4,43), ilustrado na Figura 5; ‘tornei-me capaz de gerir o tempo e os recursos para a solução dos problemas’ (RM = 4,33) ilustrado na Figura 6; e ‘tive iniciativa e disposição para assumir riscos’ (RM = 4,30) ilustrado na Figura 7, fortalecem essa premissa.

Infere-se que o nível de interatividade dos participantes com o trabalho proposto interfere no pensamento crítico, sendo que há uma tendência de que essa competência aumente com a participação no trabalho ou projeto executado.

B. Habilidades e Atitudes Profissionais

Essa etapa da pesquisa intencionou reconhecer as habilidades e atitudes profissionais na execução do trabalho proposto, contando com quatro itens para este intento como ilustrado na Tabela 2. A média do RM entre os itens esteve em 4,66. Essa etapa complementa a anterior (habilidades e atitudes pessoais) e demonstra que o estudante conseguiu aprimorar as habilidades e competências, quer no âmbito profissional, quer no âmbito pessoal, por meio da experiência no projeto.

Novamente, um dos quesitos ‘compreendi a necessidade de me manter atualizado no mundo da Engenharia’, com dados ilustrados na Figura 8 alcançou 96% da escala Likert (RM = 4,80). O RM igual a 4,67, apresentou-se como resultado para dois itens: ‘agi com profissionalismo’ ilustrado na Figura 9 e ‘compreendi a necessidade de planejar proativamente a carreira’ (Figura 10), e por último, com RM igual a 4,50, aparece o item ‘agi com ética, integridade, responsabilidade e realizei a prestação de contas’ ilustrado na Figura 11.

As duas etapas, ‘habilidades e atitudes profissionais’ (RM = 4,66) e ‘habilidades pessoais e atitudes’ (RM = 4,50), apontaram que as competências e habilidades foram desenvolvidas durante a execução do projeto proposto aos estudantes.

C. Conhecimento e raciocínio técnico

Buscando reconhecer como se deu o desenvolvimento de competências diante da exposição a que os estudantes foram submetidos na disciplina em questão e em seu método

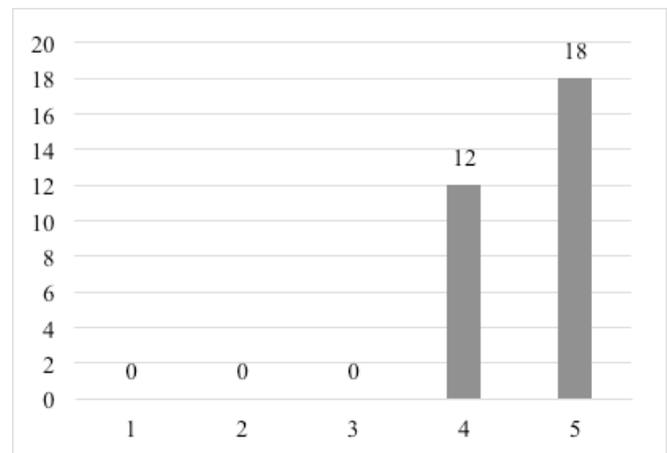


Figura 2. Habilidade e/ou competência de adquirir autoconsciência do próprio conhecimento, habilidades e atitudes.

ativo de aprendizagem, investigou-se como foi utilizado o conhecimento e raciocínio técnico na execução do projeto proposto. A tabela 3 apresenta as questões envolvidas que foram adaptadas da proposta condensada do “CDIO Syllabus” [4].

Nos três itens pesquisados nesse tópico, o Ranking Médio geral foi de 4,06, estando dois desses itens acima dessa média e, apenas um deles, ‘Apliquei conhecimentos da engenharia avançada’ (figura 14), apresentou um RM menor que os demais, sendo 3,37. Os dois outros itens pesquisados:

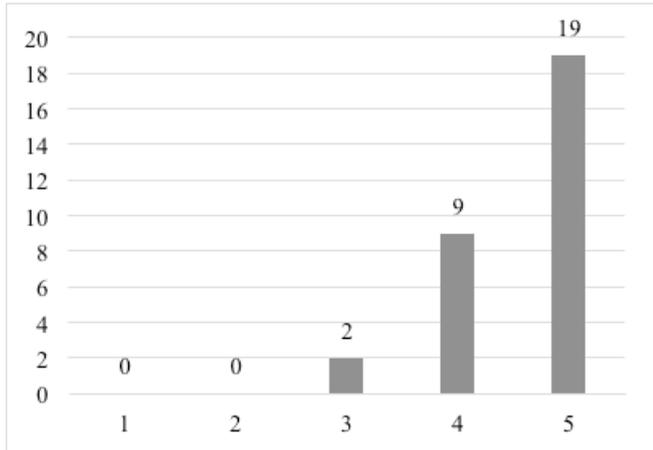


Figura 3. Habilidade e/ou competência de desenvolver o pensamento crítico.

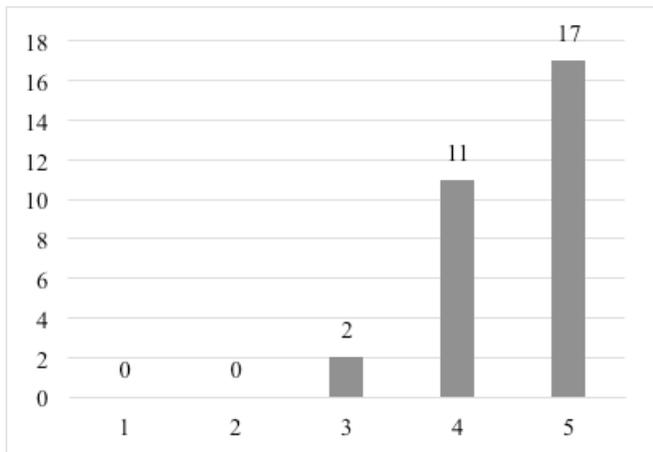


Figura 4. Habilidade e/ou competência de desenvolver o pensamento criativo.

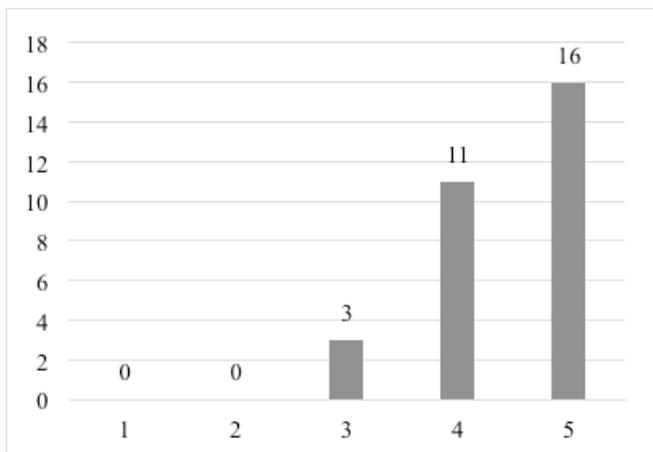


Figura 5. Habilidade e/ou competência de ser perseverante e flexível.

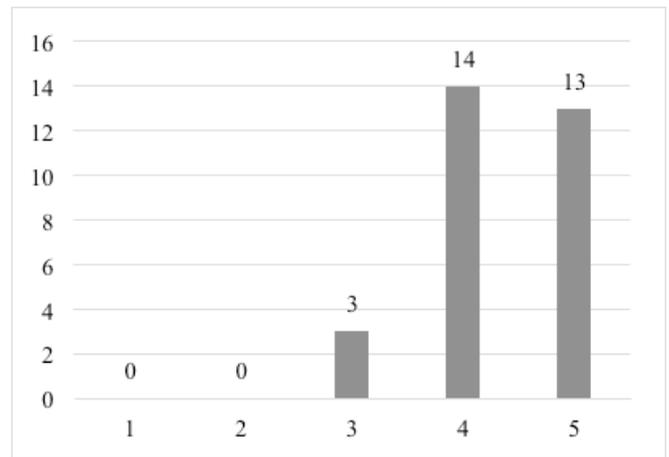


Figura 6. Habilidade e/ou competência de tornar-se capaz de gerir o tempo e os recursos para a solução dos problemas.

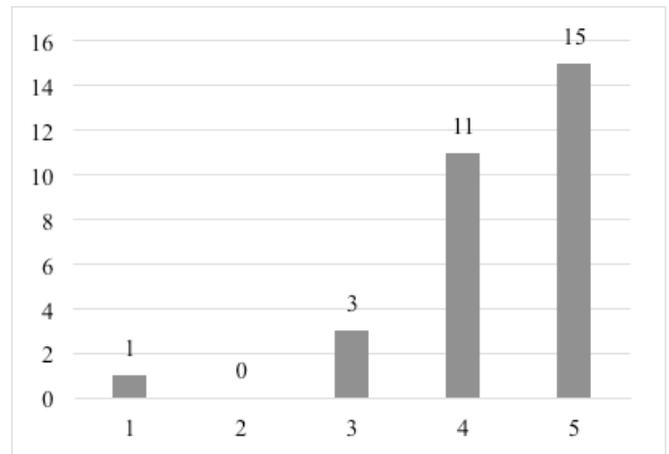


Figura 7. Habilidade e/ou competência para tomar iniciativa e disposição para assumir riscos.

TABELA 2
SOBRE AS HABILIDADES E ATITUDES PROFISSIONAIS NA EXECUÇÃO DO TRABALHO PROPOSTO

Opções de Resposta	1	2	3	4	5	Total	RM
Compreendi a necessidade de me manter atualizado no mundo da engenharia	0	0	0	6	24	30	4,80
Agi com profissionalismo	0	0	1	8	21	30	4,67
Compreendi a necessidade de planejar proativamente a carreira	0	0	0	10	20	30	4,67
Agi com ética, integridade, responsabilidade e realizei a prestação de contas	0	0	3	9	18	30	4,50
Total:	1	0	18	108	233		

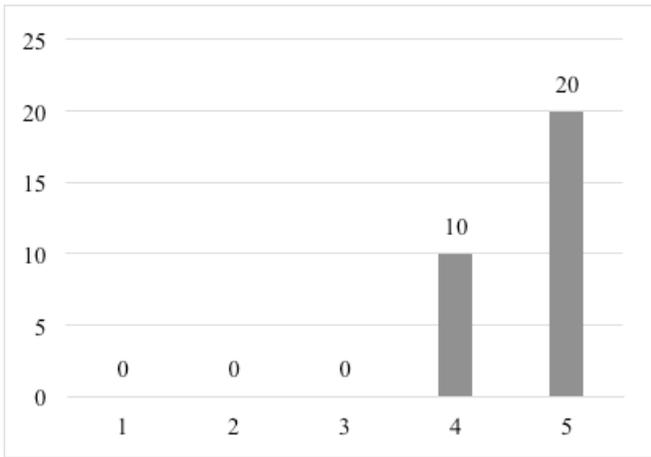


Figura 8. Habilidade e/ou competência de compreender a necessidade de planejar proativamente a carreira.

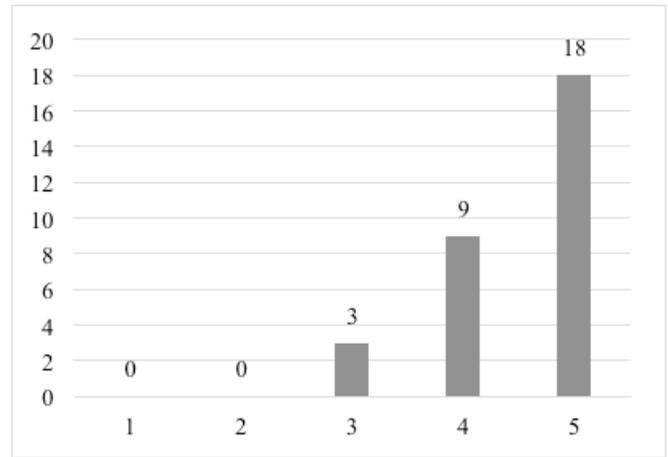


Figura 11. Habilidade e/ou competência de agir com ética, integridade, responsabilidade e realizar a prestação de contas

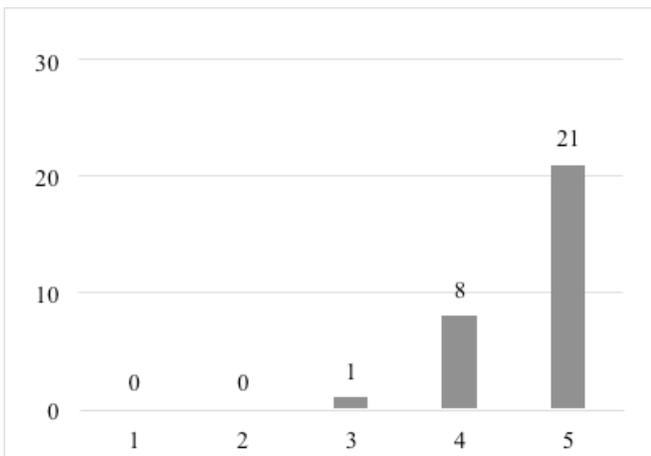


Figura 9. Habilidade e/ou competência de agir com profissionalismo.

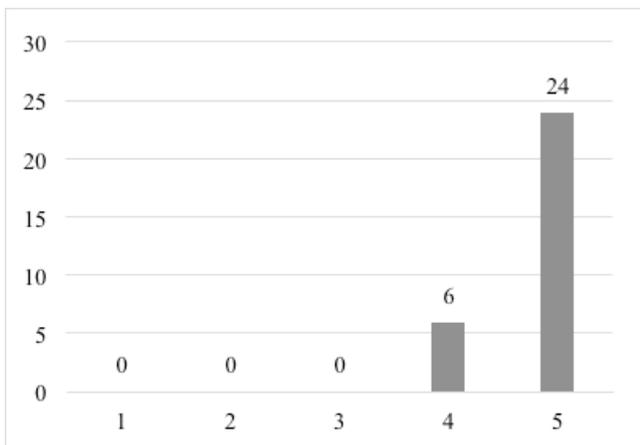


Figura 10. Habilidade e/ou competência de compreender a necessidade de se manter atualizado no mundo da Engenharia.

‘Apliquei conhecimentos fundamentais da engenharia’ e ‘Utilizei conhecimento das ciências básicas’ (figuras 12 e 13 respectivamente), apresentaram RM igual a 4,40.

Considerando a maior quantidade de pontuação na escala cinco (concordo totalmente), é possível considerar que os conhecimentos fundamentais da engenharia foram, neste momento da pesquisa, os elementos mais significativos na realização do trabalho proposto.

TABELA 3
SOBRE CONHECIMENTO E RACIOCÍNIO TÉCNICO NA EXECUÇÃO DO TRABALHO PROPOSTO

Opções de Resposta	1	2	3	4	5	Total	RM
Apliquei conhecimentos fundamentais da engenharia	2	0	1	8	19	30	4,40
Utilizei conhecimento das ciências básicas	0	1	1	13	15	30	4,40
Apliquei conhecimentos da engenharia avançada	2	3	10	12	3	30	3,37
Total:	4	4	12	33	37		

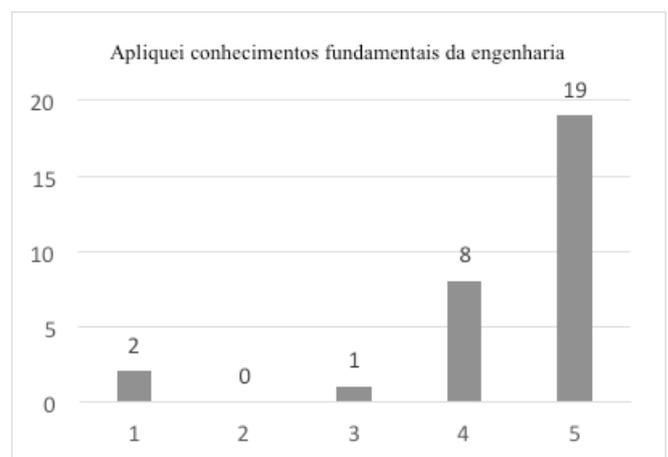


Figura 12. Habilidade e/ou competência de aplicar conhecimentos fundamentais da engenharia

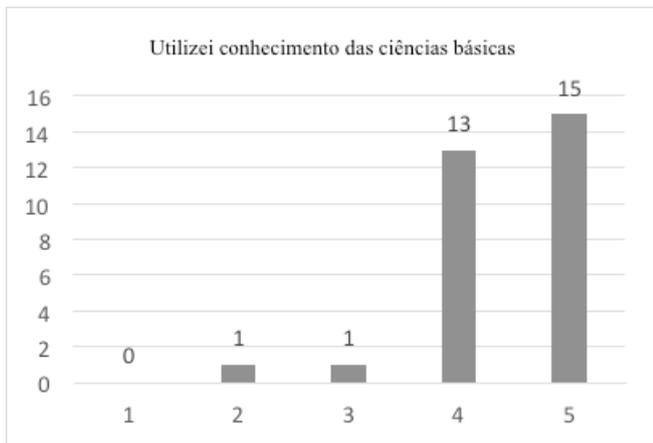


Figura 13. Habilidade e/ou competência de utilizar conhecimentos das ciências básicas em relação ao conhecimento e raciocínio técnico.

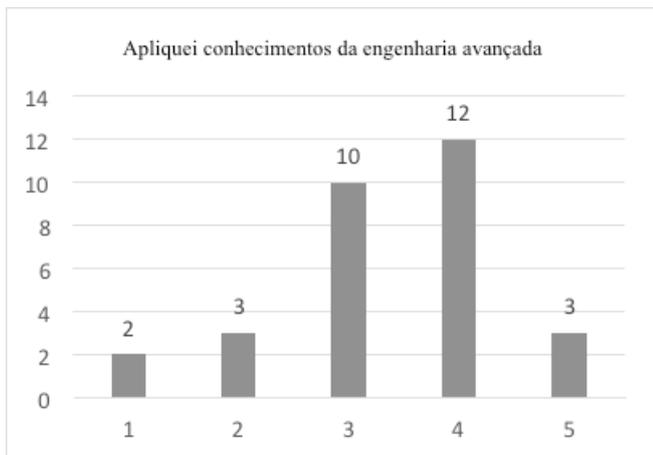


Figura 14. Habilidade e/ou competência de aplicar conhecimentos da engenharia avançada em relação ao conhecimento e raciocínio técnico.

V. CONCLUSÕES

No ensino de engenharia contemporâneo, há uma tensão aparentemente irreconciliável entre duas necessidades crescentes. Por um lado, há a necessidade crescente de conhecimento técnico que os estudantes de graduação devem dominar. Por outro lado, há um crescente reconhecimento de que os jovens engenheiros devem possuir uma ampla gama de conhecimentos e habilidades pessoais, interpessoais e de construção de sistemas que lhes permitirão atuar em equipes para a solução de problemas de engenharia. Os processos de desenvolvimento de competências atraem professores, ex-alunos, estudantes e a indústria, em discussões conjuntas que levam a um entendimento comum do nível de competência que deve ser alcançado para o desempenho das atividades de engenharia.

Nesse sentido, foi construído um instrumento de pesquisa para o levantamento de competências e habilidades com base no framework desenvolvido por [4]. Com base nos resultados obtidos com esta pesquisa, pôde-se concluir que:

- Os dados da pesquisa foram coletados após o uso de metodologia ativa com um grupo de alunos em uma disciplina específica e relatos dos estudantes evidenciaram que a experiência foi avaliada positivamente;
- Considerando as necessidades de uma aprendizagem mais efetiva e o desenvolvimento de habilidades e competências durante o processo de formação, torna-se

cada vez mais necessária a utilização de procedimento metodológicos que satisfaçam essas necessidades;

- As demandas por engenheiros com um novo perfil são reais e urgentes. Ainda há um déficit quantitativo e qualitativo desses profissionais e o grande desafio está em se adotar métodos que tenham foco no desenvolvimento das competências, habilidades e atitudes desejáveis para a atuação desses profissionais.
- Além da contribuição geral para a compreensão das habilidades e competências desenvolvidas através do uso de metodologias ativas de aprendizagem, os resultados desta pesquisa são úteis como base teórica e referência bibliográfica para futuros trabalhos acadêmicos e aplicados que queiram fazer uso dos preceitos aqui apresentados.

REFERÊNCIAS

- [1] BORGES, M. N.; ALMEIDA, N. N. Perspectivas para engenharia nacional: desafios e oportunidades. *Revista de Ensino de Engenharia*, Brasília, v. 32, n. 3, p. 71-78, 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotekevvirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/251-abenge/v32n03/2246-v32n03a06.html>>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- [2] LOPES, C. S. G.; CAZARINI, E. W.; BASSOLI, D. W.; PEREZ, A. F. O uso de metodologias ativas de aprendizagem na disciplina Higiene e Segurança Industrial e o desenvolvimento de competências. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, [S.I.], n. 39, p. 113-120, abr. 2018. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1776>>. Acesso em: 10 mai. 2018.
- [3] FREIRE JUNIOR, J. C. et al. A internacionalização do ensino de Engenharia: modelos, problemas e possíveis soluções. In: OLIVEIRA, V. F. et al. (Org.). *Desafios da educação em Engenharia: formação em Engenharia, internacionalização, experiências metodológicas e proposições*. Brasília: ABENGE, 2013.
- [4] CRAWLEY, E. F. Creating the CDIO SYLLABUS, a universal template for engineering education. In: 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. *Anais...* Boston, Massachusetts, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/creating-cdio-syllabus-universal-template-engineering-education>>. Acesso em: 13 mar. 2018
- [5] NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING - NAE. *The Engineering of 2020: visions of engineering in the new century*. Washington: The National Academies Press, 2004.
- [6] KUMAR, S.; HSIAO, J. K. Engineers learn “soft skills the hard way”: planting a seed of leadership in engineering classes. *Leadership Manage Engineering*, v. 7, n. 1, p. 18-23, 2007. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291532-6748%282007%297%3A1%2818%29%29>>. Acesso em: 16 jan. 2017.
- [7] MOHAN, A.; MERLE, D.; JACKSON, C.; LANNIN, J.; NAIR, S. S. Professional skills in the engineering curriculum. *IEEE Transactions on Education*, v. 53, n. 4, p. 562-571, nov. 2010. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5290068>>. Acesso em: 12 jun. 218.
- [8] NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING - NAE. *The Engineering of 2020: visions of engineering in the new century*. Washington: The National Academies Press, 2005.
- [9] ASSOCIATION FOR CARRIER AND TECHNICAL EDUCATION. *ASTE. Career clusters & pathways*, 2007. Disponível em: <go.gl/JqnWpb>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- [10] LITCHFIELD, K.; JAVERNICK-WILL, A.; MAUL, A. Technical and professional skills of engineers involved and not involved in engineering service. *Journal of Engineering Education*, v. 105, n. 1, p. 70-92, jan. 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jee.20109>>. Acesso em: 16 jan. 2017
- [11] ACCREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY. ABET. ABET EC-2000, 2006.
- [12] CRAWLEY, E. F.; LUCAS, W. A.; MALMQVIST, J.; BRODEUR, D. R. The CDIO Syllabus v2.0: an updated statement of goals for engineering education. In: 7th INTERNATIONAL CDIO CONFERENCE, 2011, *Anais...* Technical University of Denmark, Copenhagen, 2011. Disponível em: <http://www.cdio.org/files/project/file/cdio_syllabus_v2.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018

- [13] MEJTOFT, S.; BERGLUND, S. Project management: an environment for increased personal and interpersonal skills. In: 11th INTERNATIONAL CDIO CONFERENCE, 2015, *Anais...* Chengdu University of Information Technology, Chengdu, China, 2015. Disponível em: <<http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/project-management-environment-increased-personal-and-interpersonal>>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- [14] BRASIL. Conselho Nacional de Educação - Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em engenharia. 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2017.
- [15] MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. *Ergonomia: conceitos e aplicações*, 4ª ed. rev. atual e ampl. Teresópolis, RJ: 2AB, 2010.
- [16] CRAWLEY, E. F.; JIANZHONG, C.; MALMQVIST, J.; BRODEUR, D. R. The context of engineering education. In: 4th INTERNATIONAL CDIO CONFERENCE *Anais...*, Gent, Belgium, June, 2008. Disponível em: <<http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/context-engineering-education-0>>. Acesso em: 20 mai. 2018.
- [17] CRAWLEY, E. F.; MALMQVIST, J.; ÖSTLUND, S.; BRODEUR, D. R. *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. New York: Springer 2010. Disponível em: <<http://www.springer.com/la/book/9780387382906>>. Acesso em: 12 jun. 2018.



Carmen Silvia Gonçalves Lopes é graduada em Química Industrial pela Universidade de Ribeirão Preto (1985), possui mestrado em Ciências com área de concentração em Química Orgânica pela Universidade de São Paulo (1992) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo, EESC (2016). Atua nas linhas de pesquisa: Gestão do Conhecimento, Química Orgânica, Tecnologias Ambientais e Educação em

Engenharia, na área de aplicação de metodologias ativas de aprendizagem e desenvolvimento de competências. É Coordenadora do Curso de Engenharia Química da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, Coordenadora da Diretoria de Ensino, Pesquisa e Extensão e membro do Conselho Universitário e do Conselho Superior de Administração da Universidade. É também membro do Grupo Gestor da Unaerp e docente do Programa de Mestrado em Tecnologia Ambiental e do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.



Edson Walmir Cazarini é graduado em Engenharia Mecânica (1971), mestre em Ciências da Computação (1976) e doutor em Engenharia Mecânica (1992), pela Universidade de São Paulo. É docente pesquisador e orientador de mestrado e doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, nas áreas de Sistemas de Apoio à Decisão, Modelagem Organizacional, Gestão do Conhecimento e processos de Ensino-Aprendizagem em

Engenharia, com foco na Tecnologia da Informação e Sistemas Complexos. Suas produções científicas, tecnológicas e artístico-cultural concentram-se nas áreas: sistemas de apoio à decisão, sistemas de informação, Inteligências organizacional, gestão do conhecimento, tecnologias educacionais, educação à distância e aprendizagem colaborativa.



Dyjalma Antonio Bassoli é graduado em Fisioterapia pela Universidade de Ribeirão Preto (1990) e Licenciado em Biologia pelo Centro Universitário Claretiano (2006), Mestre em Bioengenharia (USP), Doutor em Ciências EESC USP (Programa: Engenharia de Produção; área: Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento). Atualmente é Pró-Reitor de Educação a Distância no Centro Universitário Barão de Mauá. Foi Coordenador Acadêmico-Administrativo de Educação a Distância da Universidade de

Ribeirão Preto (2008-2015), onde também foi membro do Conselho Universitário, do Grupo Gestor e do Colegiado de área de Humanas. Coordenador Geral de EAD do Centro Universitário Claretiano (2002 a 2008). Presidente do Conselho de Ética da ABED (Associação Brasileira de Educação a Distância, 2009-2011). Membro da Comissão Científica do CIAED - Congresso Internacional ABED de Educação a Distância (2009-até o momento). Membro do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - BASis (INEP/MEC). Gestor Educacional desde 1998 - na graduação (presencial e EAD), pós-graduação (presencial e EAD), extensão (presencial e EAD) e pesquisa. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Tecnologia Educacional, Educação a Distância e Gestão Acadêmica e Universitária.



Alessandra Fracaroli Perez é graduada em Pedagogia, Especialista em Direito Educacional, Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção pela USP/São Carlos, Doutorado em Linguística pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). É Coordenadora do Curso de Licenciatura em Pedagogia-EAD, Coordenadora Acadêmica Administrativa da EaD, Membro do Colegiado de área-Humanas, membro do Grupo Gestor e membro do Conselho Universitário, na Universida-

de de Ribeirão Preto (UNAERP). Foi Coordenadora Institucional do PIBID/UNAERP. Tem experiência na área da Educação Superior com ênfase em Educação a Distância e Cursos Técnicos.

Página en Blanco

Capítulo 6

MOOC estructurado diseñado para la optimización del aprendizaje de Electricidad en la etapa de Secundaria

Blazquez-Merino, Manuel (mblazquez@ieec.uned.es) *Member, IEEE*, Macho-Aroca, Alejandro (amacho@ieec.uned.es), Baizán-Álvarez, Pablo (pbaizan@ieec.uned.es), García-Loro, Félix (fgarcialoro@ieec.uned.es) *Member, IEEE*, San Cristobal, Elío (elio@ieec.uned.es) *Member, IEEE*, Díez, Gabriel (gdiaz@ieec.uned.es) *Member, IEEE*, Castro, Manuel (mcastro@ieec.uned.es) *Fellow, IEEE*

Title—The contents, hereby introduced, show a methodology to teach electricity to Secondary school students. As secondary teachers, one of the highest worries is to recognize the level of significance in learning in our students. Significance means permanent learning and thus, the assimilation of a solid basis conducts to make easier to understand knowledge in higher levels as our students are growing up. As a consequence of these worries, a structured massive open online course has been developed to optimize the assimilation of basic concepts, magnitudes and skills in relation with Electricity contents. The works in relation with the quantification of learning is written in this paper as well in order to show how good our students are learning and what the most important difficulties they find.

Keywords—MOOC, electricity, remote lab, VISIR, secondary school

Resumen— Los contenidos, aquí presentados, muestran una metodología de enseñanza de la electricidad para estudiantes de Educación Secundaria. Como profesores de secundaria, una de las principales preocupaciones reside en el reconocimiento del nivel de significancia en el aprendizaje de nuestros estudiantes. Al referirse al término significancia, se habla de aprendizaje permanente y como consecuencia, la asimilación de una sólida base que lleve a facilitar la comprensión del conocimiento creciente según crecen nuestros alumnos. Derivado de estas preocupaciones, se ha desarrollado un curso masivo abierto en línea con el fin de optimizar la asimilación de los conceptos básicos, las magnitudes y las destrezas relacionadas con los contenidos de Electricidad. Los trabajos relacionados con la cuantificación del aprendizaje se describen en este comunicado, así como se muestran las bondades del sistema de aprendizaje y las principales dificultades encontradas por nuestros alumnos.

Keywords—MOOC, electricidad, laboratorio remote, VISIR, enseñanza secundaria

I. INTRODUCCIÓN

APRENDER la teoría de electricidad no es fácil ni tampoco lo es enseñar los conceptos y las magnitudes eléctricas a estudiantes de educación secundaria. Los libros de física y electricidad contienen gran riqueza de contenido, pero en muchos casos los estudiantes pierden su tiempo en comprender e incluso imaginar los fenómenos eléctricos [11]. Los estudiantes de secundaria están muy acostumbrados a aprender a través del aprendizaje visual y solo desarrollan la capacidad de abstracción en la asignatura de matemáticas [13]. Por esta razón, el docente de tecnología, a pesar de disponer de recursos educativos

y de acceso a tecnología educativa avanzada, se ha de enfrentar a una realidad: que sus alumnos comprendan los fenómenos eléctricos. La metodología tradicional convierte el aprendizaje en una mera aplicación de fórmulas y leyes que los estudiantes han de reproducir a partir de los ejemplos que el docente muestra en clase. Es importante comprender que la metodología de aprendizaje de nuevos contenidos determina el desarrollo cognitivo y establece las estrategias mediante las que se logra una base conceptual sólida [12]. El curso que se presenta aquí ha sido diseñado de acuerdo con estas premisas.

II. CONFLUENCIA DE RECURSOS EDUCATIVOS

En el contexto del estudio de investigación llevado a cabo en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), se ha pensado que muchos de los problemas de comprensión de la teoría eléctrica en estudiantes de grado podrían reducirse si el aprendizaje de la electricidad se optimizara y reforzara en los cursos anteriores de educación secundaria. Para lograr o, al menos favorecer este objetivo se ha diseñado un MOOC para estudiantes de edad entre 12 y 14 años.

El MOOC debe incluir una metodología específica beneficiosa para esta edad, y se ha decidido crear una metodología basada en la taxonomía de Bloom. Debe agregarse que esta elección no ha sido fácil porque la taxonomía de Bloom [10] se especifica como un medio de evaluación para los estudiantes de educación superior y hemos encontrado literatura que habla de su aplicación exclusiva en cursos de enseñanza universitaria. Nosotros pensamos que su aplicación en el contexto de la educación secundaria es perfectamente posible. Bloom y Anderson sostienen que el aprendizaje tiene dos estados cognitivos de aprendizaje, uno inferior y otro superior [1]. El estado inferior está relacionado con cómo el ser humano adquiere los datos a través de los sentidos, mientras que el estado superior permite usar estos datos para diseñar enfoques con los cuales aplicar conocimiento y así, crear nuevos escenarios. Ambos estados se implementan mediante la activación de habilidades de pensamiento de orden inferior (LOTS) y de orden superior (HOTS), respectivamente. Por lo tanto, respaldamos la idea de que a edades adolescentes es posible activar HOTS si los LOTS se trabajan y se consolidan adecuadamente. De esta manera, si un estudiante puede desarrollar sus habilidades creativas

y reflexivas, se puede lograr un aprendizaje significativo sobre los conceptos de electricidad y, como consecuencia, el aprendizaje se traduce en conocimiento permanente. En la figura 1, se representa el enfoque de Bloom-Anderson como dos estados principales, cada uno de los cuales contiene el tipo de actividades de pensamiento que deben practicarse para que los estudiantes desarrollen sus propias capacidades. Precisamente, este esquema, desarrollado posteriormente en la sección III, será la guía en la elaboración de los materiales didácticos incluidos en el MOOC.

La segunda razón que ha dado forma al MOOC, además del diseño de una metodología específica, ha sido la incorporación de recursos tecnológicos que permiten a los estudiantes pasar de una conceptualización inicial a un aprendizaje basado en la práctica. Por esta razón, se ha elegido el laboratorio remoto VISIR [3,4] como principal recurso técnico para determinar los circuitos e implementar mediciones. Se podría pensar que podría ser suficiente usar aplicaciones de simulación virtual y, de alguna manera, estos son los recursos que se han utilizado hasta ahora. Sin embargo, se ha decidido utilizar un laboratorio remoto por varias razones. El primero apunta a la facilidad de uso del laboratorio remoto, que se traduce en una curva de aprendizaje muy rápida. Esto significa que sería plausible pensar en una mayor inversión de tiempo en la realización de las primeras medidas, pero se observa que las sucesivas actuaciones se han reducido considerablemente [6,7]. Otro de los motivos de la selección del laboratorio remoto VISIR está relacionado con el costo mínimo de su implementación y uso para el centro educativo, a lo que se suma la posibilidad de que los estudiantes practiquen por su cuenta en casa una vez que se les otorgue un nombre de usuario y contraseña. Esto permite a los estudiantes usar el control remoto los 365 días del año y las 24 horas del día [2,5]. La tercera razón para seleccionar VISIR está relacionada con el funcionamiento de la herramienta desde una computadora. Por un lado, los estudiantes manejan una interfaz gráfica de usuario con los controles necesarios para llevar a cabo un montaje de la misma forma que si los cables y componentes se conectaran a una placa de prototipado, teniendo en cuenta el factor de realidad ya que las mediciones se realizan en componentes reales [8, 9]. Esto significa que, a diferencia de los laboratorios virtuales, VISIR transfiere a los estudiantes el concepto de error de medición de la misma manera que si se montara el circuito en un laboratorio real.

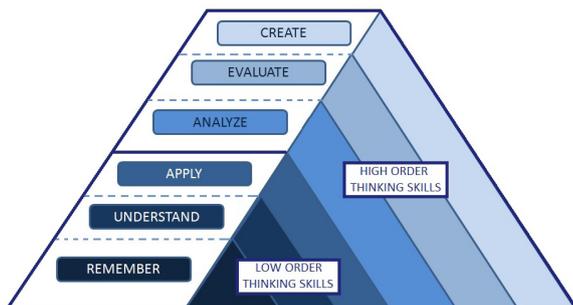


Fig. 1. Esquema de la taxonomía de Bloom-Anderson

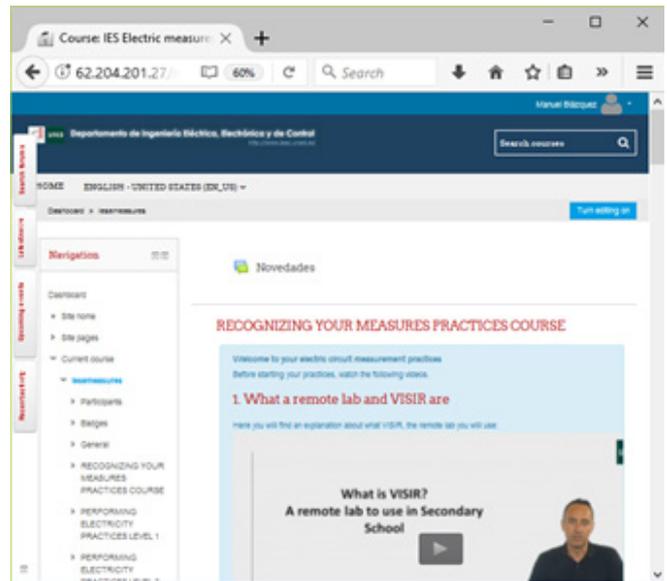


Fig 2. Aspecto de la página de bienvenida al MOOC con el acceso al primer video

III. RECURSOS Y MATERIALES DIDÁCTICOS DEL MOOC

El MOOC “IES Electric Measures” está disponible con la URL: <http://62.204.201.27/moodle/login/index.php>. Con el fin de optimizar el tiempo de trabajo, se han grabado una serie de videos, habiéndose distribuido a lo largo del MOOC. En la figura 2, se muestran un aspecto de los primeros pasos en el MOOC y una vista parcial de uno de los videos.

En primer lugar, se han situado tres videos en la sección introductoria, “Recognizing your measures practices course”. Los estudiantes han revisado los videos antes de descargar los documentos de práctica. Con estos videos, los alumnos y alumnas se familiarizan con los conceptos de laboratorio remoto, y específicamente con el uso de VISIR, cómo acceder al laboratorio y qué metodología se aplica en el curso. Después de completar la primera sección, los estudiantes podrán acceder a los documentos que han sido cuidadosamente diseñados con el objetivo de optimizar el aprendizaje de los conceptos y las magnitudes de la electricidad. Los recursos se han dividido en tres niveles (L1, L2 y L3) y cada nivel se ha estructurado según la taxonomía de Bloom-Anderson.

Las primeras tres etapas han sido diseñadas para facilitar el desarrollo de las habilidades de pensamiento de orden inferior (LOTS) y son:

- Etapa 1: “Remember”, que revisa algunos conceptos que

Fig 3. Aspecto de una de las secciones en la documentación entregada a los alumnos y alumnas

los estudiantes deben saber para establecer un punto de partida para los contenidos,

- Etapa 2: “*Understand*”, a través del cual los estudiantes podrán contextualizar los conceptos estudiados,
- Etapa 3: “*Apply*”, que habilita a los estudiantes en la comprensión de la utilidad práctica de los conceptos, siendo el laboratorio remoto el recurso utilizado para ell

La estrategia del curso, como se indicó en secciones anteriores, se enfoca hacia la consolidación de LOTS para activar las habilidades de pensamiento de orden superior (HOTS) y de esta manera, el desarrollo de las etapas de HOTS seguirá con:

- Etapa 4: “*Analyze*”, a través del cual los estudiantes reconocen los resultados obtenidos en las medidas, pudiendo decidir por sí mismos si las medidas obtenidas son del orden de magnitud esperado y analizar si los errores son tolerables con los valores esperados.
- Etapa 5: “*Evaluate*”, en la que los estudiantes podrán determinar la validez de los resultados obtenidos, y
- Etapa 6: “*Create*”, en la cual los alumnos y alumnas se les propone el reto de cambiar el escenario de prácticas, y actuar como diseñadores. Esta etapa determina si el estudiante ha logrado un aprendizaje significativo.

El curso, según lo indicado anteriormente, se ha dividido en tres niveles, diseñados para que los estudiantes accedan gradualmente a temas y conocimientos cada vez más complejos. Más específicamente, los estudiantes en el Nivel 1 estudiarán los conceptos de electricidad, magnitudes eléctricas y componentes eléctricos de un circuito y profundizarán su comprensión y reconocimiento de las resistencias eléctricas. En el nivel 2, los estudiantes practicarán con los circuitos en serie y paralelo, así como el concepto de resistencia equivalente. Finalmente, en el nivel 3, los estudiantes practicarán con el concepto de circuito mixto y se les proporcionarán estrategias útiles para resolver este tipo de circuitos. Además, cada uno de los niveles tiene un video que ayuda a los estudiantes a comprender la teoría eléctrica y les ayuda con la ejecución de las prácticas.

IV. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y DISTRIBUCIONES DEL ALUMNADO

Se ha implementado un proceso de evaluación y se han evaluado y analizado los datos recopilados de las actividades de los estudiantes de acuerdo con algunos estándares de evaluación basados en 16 indicadores que se describen a continuación en las Tabla I a III.

TABLA I
INDICADORES DE EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE EN EL NIVEL I

Task	Description of the activity
1	Capacidad de aplicar los conceptos y las magnitudes eléctricas a la solución de un problema real
2	Práctica 1. Medida de la resistencia de una resistencia y comprensión del concepto de tolerancia
3	Comprensión del concepto de error absoluto y relativo en medidas para el cálculo de porcentajes que cambian el contexto.
4	Práctica 2. Medida de resistencias múltiples y cálculo del error absoluto y relativo
5	Análisis de valores recuperados de la práctica 2
6	Realización de un estudio de investigación sobre el origen de los errores en los procesos de medición

TABLA II
INDICADORES DE EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE EN EL NIVEL 2

Task	Description of the activity
1	Prácticas 3 y 4. Conexión de varias resistencias en serie y paralelo y medición de resistencia eléctrica equivalente en cada caso.
2	Cálculo de la resistencia eléctrica equivalente de un circuito en serie compuesto por las resistencias utilizadas en la práctica 3.
3	Cálculo de la resistencia eléctrica equivalente de un circuito en paralelo formado por las resistencias utilizadas en la práctica 4
4	Recuperación de valores teóricos y medidos para calcular errores absolutos y relativos
5	Representación del esquema de una serie y un circuito en paralelo y cálculo de valores de resistencias teóricas dados valores medidos y errores relativos.

TABLA III
INDICADORES DE EVALUACIÓN DE APRENDIZAJE EN EL NIVEL 3

Task	Description of the activity
1	Cálculo de las magnitudes eléctricas en un circuito dado
2	Conexión de un circuito compuesto de acuerdo con un esquema eléctrico dado compuesto de una batería y tres resistencias y finalización de las prácticas 5 y 6. Medición de voltaje en una resistencia del circuito compuesto (Práctica 5) y medición de corriente eléctrica a través de una determinada rama del compuesto circuito (Práctica 6)
3	Cálculo de voltajes e intensidades eléctricas en una resistencia específica.
4	Recuperación de valores teóricos y medidos para calcular errores absolutos y relativos
5	Dibujo del conjunto de conexiones de un circuito compuesto por 5 resistencias con una fuente de alimentación, un multímetro y una placa de prueba..

Además, se ha asignado un atributo a cada indicador para definirlo como actividad enfocada al desarrollo y logro de destrezas LOTS o HOTS, y se describe en la tabla IV.

En el estudio de investigación han participado 144 estudiantes y se han dividido en dos grupos. El primer grupo de 72 estudiantes ha utilizado el laboratorio remoto VISIR para llevar a cabo las actividades de mediciones eléctricas. Los 72 estudiantes restantes formaron el grupo de control que realizó los experimentos y las mediciones utilizando la instrumentación real en clase. La distribución según el género se muestra en la siguiente tabla V.

TABLA IV
INDICADORES DE LOGRO LOTS-HOTS

NIVEL	Tipo de actividad	
	LOTS	HOTS
1	1- 2	3-4-5-6
2	1	2-3-4-5
3	1-2	3-4-5

TABLA V
DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS EN LA INVESTIGACIÓN

GRUPO	TIPO DE LABORATORIO	ALUMNADO		TOTAL
		CHICOS	CHICAS	
Grupo de referencia	Laboratorio remoto VISIR	41	31	72
Grupo de control	Laboratorio presencial	39	31	70

	ALUMNADO		TOTAL
TOTAL	80	62	142

V. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Según los datos anteriores, y una vez que los estudiantes hubieran terminado las prácticas, todos ellos han entregado la documentación. Esto significa que los alumnos del primer año han entregado cuadernos de actividades de nivel 1 y nivel 2, mientras que los alumnos de segundo año han entregado cuadernos de actividades de nivel 1, 2 y nivel 3. La corrección de las actividades se ha sometido a los criterios de grado de precisión en respuestas numéricas y nivel de corrección en actividades descriptivas de acuerdo con la información dada en los cuadros I a III. Las calificaciones de cada actividad se han determinado en un valor entre 1 y 10, siendo 1 el valor asignado a una actividad no realizada o totalmente incorrecta y 10 a una actividad ejecutada a la perfección.

Así, después de la corrección de las actividades, las puntuaciones de alumnos y alumnas se han calculado en base a promedios. La Tabla VI muestra los promedios totales y las desviaciones estándar según el tipo de laboratorio.

Para los estudiantes de 1º año, como se puede observar en la tabla VI, las calificaciones promedio son similares en ambos grupos. No se puede aceptar como conclusión que un laboratorio es mejor que el otro, ya que los puntajes difieren en una calificación mínima. Sin embargo, los resultados varían cuando nos referimos a alumnos y alumnas de segundo año. En este caso, las diferencias aumentan entre el grupo VISIR y el grupo de control. Bajo la consideración de que la pertenencia a uno u otro laboratorio ha sido realizada de forma aleatoria, los alumnos de VISIR han obtenido hasta un 23,5% mejores calificaciones que sus compañeros del grupo de control.

TABLA VI

PUNTUACIÓN DE LOS ALUMNOS DE PRIMER AÑO SEGÚN EL NIVEL Y EL TIPO DE LABORATORIO

Nivel	Promedios		Desviación típica	
	Presencial	VISIR	Presencial	VISIR
L1	5.11	5.10	1.80	2.21
L2	5.67	5.25	2.19	2.33
Total	5.39	5.18	1.77	1.95

(1) Calificaciones en una escala de 10 puntos

TABLA VII

PUNTUACIÓN DE LOS ALUMNOS SEGÚN EL NIVEL Y EL TIPO DE LABORATORIO (ALUMNOS DE SEGUNDO AÑO)

Nivel	Promedios		Desviación típica	
	Presencial	VISIR	Presencial	VISIR
L1	5.40	6.91	2.06	2.73
L2	5.40	6.49	2.81	3.33
L3	4.71	5.77	2.43	2.89
Total	5.17	6.39	2.05	2.78

(1) Calificaciones en una escala de 10 puntos

En una primera instancia, las calificaciones similares de los alumnos y alumnas de 1er año pueden explicarse debido al factor de la novedad al usar recursos y componentes de laboratorio, en muchos casos por primera vez. Para ellos, las resistencias han sido difíciles de manipular, así como el manejo del multímetro de ambos laboratorios. Sin embargo, teniendo en cuenta que los estudiantes del segundo año nunca han hecho prácticas de electricidad y nunca han visto cómo funciona un laboratorio remoto, es una gran diferencia. Entonces, en este caso, no podemos evitar pensar en el hecho de que los estudiantes que han llevado a cabo sus prácticas con el laboratorio remoto VISIR han logrado mejores calificaciones, lo que se puede traducir en un mejor aprendizaje.

Pero si se observan datos más detallados, como se muestra en la Tabla VIII, al observar la distribución de los alumnos que no respondieron a cada una de las actividades, las actividades nulas están más relacionadas con las preguntas teóricas que con la conclusión de las prácticas 1 y 2. Se observa que esto es correlativo a los promedios de las actividades.

Entendemos entonces que el enfoque de los resultados pobres se centra en la resolución de problemas teóricos más que en el uso de un laboratorio con recursos técnicos para llevar a cabo las prácticas. Para verificar si esta hipótesis es correcta, los estudiantes de 2º año han realizado las mismas actividades. En este caso, todas las calificaciones han mejorado, incluso se ha reducido la cantidad de respuestas nulas. Esto se observa en la tabla IX.

Las diferencias son realmente notorias entre los resultados de los estudiantes de 1º y 2º año, pero solo en la forma de afrontar las preguntas teóricas. Estas diferencias no existen cuando se compara el rendimiento en la realización de prácticas de medición. Esto significa que los estudiantes de segundo año han asimilado mejor los aspectos teóricos y han aprovechado más el uso de los laboratorios. Sin embargo, esto se verá más adelante en la próxima sección por medio de un análisis profundo del impacto de la taxonomía de Bloom-Anderson.

TABLA VIII

PUNTUACIÓN DE ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO EN EL NIVEL 1

Act.	Tipo de Actividad	Porcentaje de respuestas nulas	Promedio (1)
1.1	Pregunta teórica	72%	2.29
1.2	Práctica medida 1	1%	8.67
1.3	Pregunta teórica	70%	3.61
1.4	Práctica medida 2	0%	8.00
1.5	Pregunta teórica	50%	4.86
1.6	Pregunta teórica	62%	3.21

(1) Calificaciones en una escala de 10 puntos

TABLA IX

PUNTUACIÓN DE ESTUDIANTES DE SEGUNDO AÑO EN EL NIVEL 1

Act.	Tipo de Actividad	Porcentaje de respuestas nulas	Promedio (1)
1.1	Pregunta teórica	28%	5.28
1.2	Práctica medida 1	7%	8.22
1.3	Pregunta teórica	62%	4.24
1.4	Práctica medida 2	7%	7.48
1.5	Pregunta teórica	24%	6.83
1.6	Pregunta teórica	31%	4.72

(1) Calificaciones en una escala de 10 puntos

Una vez determinado el origen de los promedios, es importante observar cómo los estudiantes realizan las prácticas. De esta forma, se muestran las calificaciones de evaluación de las prácticas y se asimilan a una distribución normal $N(\mu, \sigma)$, donde μ es el promedio de calificaciones y σ la desviación estándar. Para nosotros, uno de los objetivos de la investigación es comparar el desempeño de los estudiantes en relación con el tipo de laboratorio utilizado durante la práctica.

En las figuras 4 a 7, se observa que la mayoría de los estudiantes han realizado perfectamente las prácticas. Tenemos que recordar que la Práctica 1 consiste en los primeros pasos para usar un multímetro, en la Práctica 2 los estudiantes han de medir la resistencia de varios resistores y en Prácticas 3 y 4 tienen que construir un circuito en serie y un circuito paralelo respectivamente y medir la resistencia equivalente.

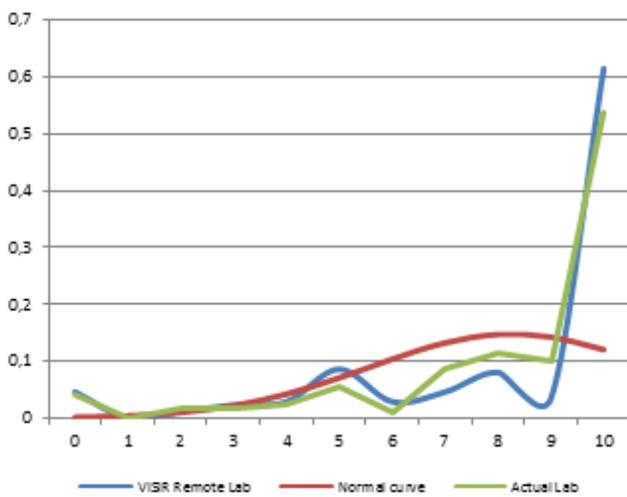


Fig 4. Comparación del rendimiento de los estudiantes de primer año en las prácticas del primer año (Todas las prácticas)

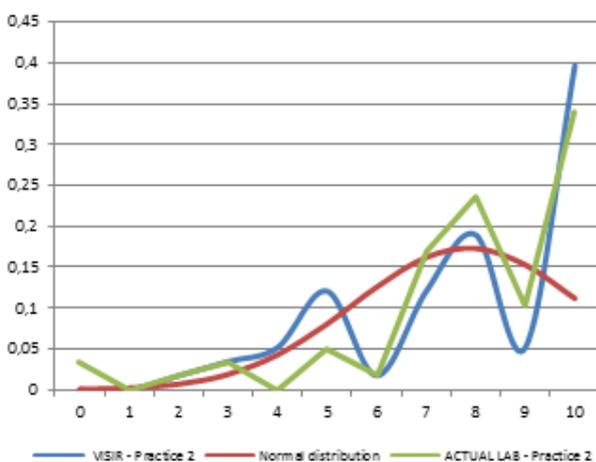


Fig 5. Comparación del rendimiento de los estudiantes de primer año en la práctica 1

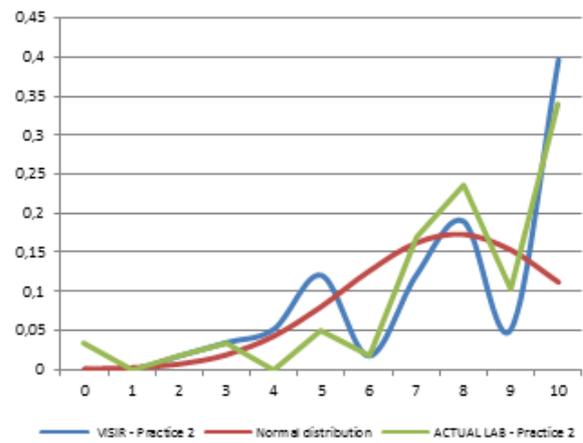


Fig 6. Comparación del rendimiento de los estudiantes de primer año en la práctica 2

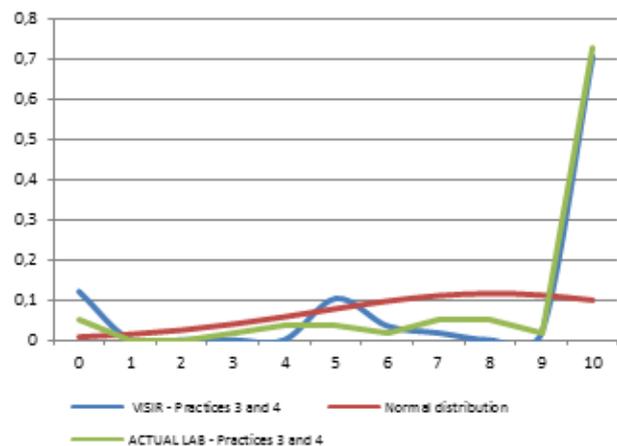


Fig 7. Comparación del rendimiento de los estudiantes de primer año en las prácticas 3 y 4

Respecto a los estudiantes de 2^o año, éstos han realizado las prácticas en los tres niveles, las mismas cuatro primeras prácticas que los estudiantes del primer año, pero también las prácticas 5 y 6. Estas dos últimas prácticas, 5 y 6, consisten en el montaje de un circuito mixto de tres resistencias y la posterior medida de la tensión eléctrica en uno de ellos y la intensidad en la fuente de alimentación como se puede observar en la figura 8.

En este caso, las calificaciones de las prácticas obtenidas se han representado en las figuras 9 y 10, donde éstas se distinguen según el laboratorio empleado. Mediante la observación estos gráficos, se detecta un rendimiento similar en ambos tipos de laboratorios, reales y remotos, aunque las calificaciones promedio han sido más altas en el laboratorio remoto VISIR que en el laboratorio real.

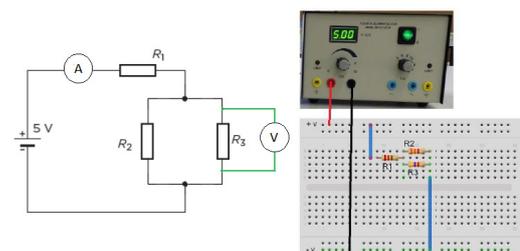


Fig 8. Circuito eléctrico relacionado con las prácticas 5 y 6

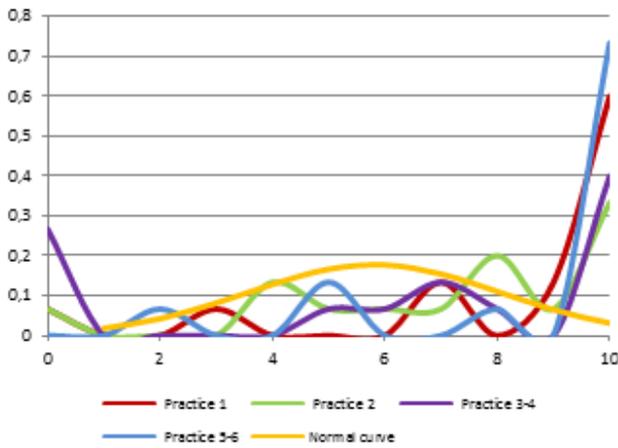


Fig 9. Rendimiento en el laboratorio presencial de alumnos de 2º año – Todas las prácticas comparadas con la distribución normal asociada

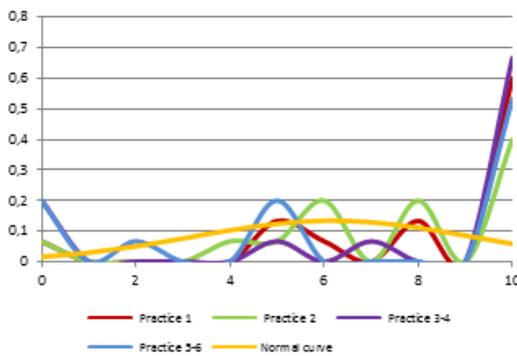


Fig 10. Rendimiento en el laboratorio VISIR de alumnos de 2º año – Todas las prácticas comparadas con la distribución normal asociada

Por lo tanto, hasta este punto, hemos visto en términos generales un rendimiento ligeramente mejor de los estudiantes que utilizan el laboratorio remoto VISIR que aquellos que han utilizado recursos de laboratorio presencial. Sin embargo, hemos visto que, independientemente del tipo de laboratorio utilizado, y sabiendo que ninguno de los estudiantes ha usado nunca un laboratorio de electricidad, los aspectos teóricos y los resultados prácticos se han considerado como los elementos centrales en la mejora del aprendizaje de cualquier disciplina de ciencia y particularmente en electricidad.

En la siguiente sección, se ha llevado a cabo un estudio innovador, teniendo en cuenta que no vamos a considerar actividades teóricas o prácticas como la división de tareas para mejorar el aprendizaje. En este estudio, hemos determinado una tarea asociada a dos tipos: a) aquellos que contribuyen a asimilar las habilidades más simples (LOTS) y aquellos que hacen que los estudiantes mejoren habilidades más complejas (HOTS), como el pensamiento reflexivo, las actividades analíticas y creativas, etc., es decir, aquellas que permiten que los alumnos apliquen soluciones estudiadas para un determinado problema en otro contexto como un sí de un cambio de se trata.

De acuerdo con el último enfoque mostrado en la sección anterior, las actividades que componen los diferentes niveles del curso (Nivel 1, 2 y 3) se dividirán en dos tipos de tareas: LOTS y HOTS. La hipótesis que proponemos a través de este estudio es poder validar la afirmación de que, si los LOTS se consolidan, los estudiantes tendrán mayores opciones para

desarrollar un pensamiento reflexivo y creativo a través de las tareas HOTS. Por otro lado, entendemos que el enfoque opuesto es igualmente válido, es decir, si el conocimiento para desarrollar las habilidades más simples no se asimila correctamente, no será posible desarrollar completamente las habilidades más complejas.

Las tareas en los diferentes niveles en este curso han sido etiquetadas como LOTS y HOTS de acuerdo con un diseño cuidadoso de actividades. En la tabla X, se enumera la cantidad de actividades asociadas con el tipo de habilidades de pensamiento. La descripción de cada una de estas actividades se ha realizado en las tablas II y III.

Las calificaciones por estudiante y actividad se han organizado bajo este enfoque y se han llevado a cabo dos tipos de estudios para determinar la relación propuesta entre LOTS y HOTS. El primer estudio ha consistido en el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. El segundo es una consecuencia de este primero. El coeficiente de correlación de Pearson muestra el grado de interdependencia entre ambas variables, pero no indica causalidad. No obstante, se ha representado una nube de puntos para encontrar una explicación a la hipótesis propuesta anteriormente.

El coeficiente de correlación de Pearson es un índice de fácil ejecución e interpretación, y mostrará el tipo de linealidad o proporcionalidad entre dos variables, que en nuestro caso serán LOTS y HOTS. El coeficiente oscilará entre 0, que significa que no hay relación mutua entre las variables y 1, lo que significa una perfecta correlación entre ellas. Este caso de correlación perfecta es perfecto positivo cuando exactamente como uno de los dos aumenta, el otro también aumenta. Esto ocurre cuando la relación entre las dos variables es funcionalmente precisa y es frecuente que ocurra en las ciencias físicas donde el fenómeno está conforme a las leyes conocidas, por ejemplo, la relación entre el espacio y el tiempo para un vehículo que se mueve a una velocidad constante.

En este caso, estamos tratando de averiguar cuál es la relación entre cómo las habilidades de pensamiento de orden inferior han sido asimiladas (LOTS como la primera variable) y cómo los estudiantes han podido desarrollar su capacidad para analizar un problema eléctrico propuesto y han demostrado un cierto grado pensamiento reflexivo y creativo como parte de sus habilidades de pensamiento de orden superior (HOTS como la segunda variable).

Entre los estudiantes del primer año, se dice que el coeficiente de correlación se obtuvo de manera general, aplicando un cálculo del coeficiente de correlación a los promedios, agrupando las actividades por su tipo de habilidad de pensamiento. Estos datos están representados en la tabla XI.

TABLA X
INDICADORES DE EVALUACIÓN

	Destrezas cognitivas	Activities
LEVEL 1	Nivel inferior	1-2
	Nivel superior	3-4-5-6
LEVEL 2	Nivel inferior	1
	Nivel superior	2-3-4-5
LEVEL 3	Nivel inferior	1-2
	Nivel superior	3-4-5

TABLA XI

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN EN LAS CALIFICACIONES DE ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO

		Promedio	Coficiente
TODOS	LOTS	6.16	0.497
	HOTS	4.44	
Nivel 1	LOTS	5.11	0.306
	HOTS	4.42	
Nivel 2	LOTS	8.28	0.403
	HOTS	4.47	

A primera vista, las cifras no parecen mostrar una alta interrelación entre ambas variables. Se observa cierta relación moderada. Observemos entonces cuál es la posición particular de los valores de las variables de cada uno de los estudiantes participantes, representando a cada uno de ellos por un punto en el gráfico de la figura 11. En esta se representa una nube de puntos en los ejes X (LOTS) e Y (HOTS).

En las figuras 11 y 12, se ha representado una línea diagonal para delimitar la ruta de una correlación perfecta. En el caso de la figura 11, aproximadamente la mitad de los puntos se encuentran en la región inferior bajo la diagonal, mientras que la otra mitad se encuentra en la región superior. Esto muestra una gran dispersión, pero es interesante observar cómo la mayoría de los puntos se encuentran en una línea vertical central alrededor del grado LOTS = 5. La falta de linealidad se observa por medio de este fenómeno. La mayoría de los estudiantes han obtenido un grado medio en habilidades bajas (5) y algunos de ellos han logrado mejores resultados que los esperados por la hipótesis. Por el contrario, hay muchos estudiantes que han fallado en las evaluaciones de sus habilidades de pensamiento de orden superior.

El mismo fenómeno ocurre con la evaluación de las habilidades en el Nivel 2 representado en la Figura 14. En lugar de acumular puntos en la línea vertical correspondiente a la marca de 5, esta acumulación ocurre en la marca de 10. Esto significa que en este nivel 2, los estudiantes en general han demostrado altas habilidades en sus LOTS, pero por el contrario no hay dependencia que suponga haber mejorado en sus HOTS, ya que estas habilidades de pensamiento de orden superior han sido evaluadas de una manera muy variada.

Finalmente, la figura 13 muestra las calificaciones generales de los estudiantes de este primer año. Los puntos

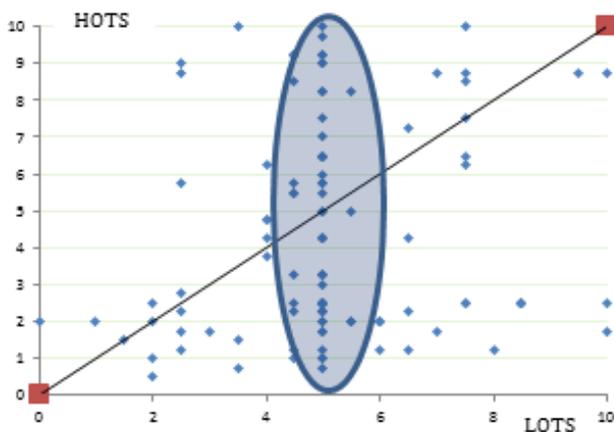


Fig 11. Nube de puntos para alumnos de primer año en el nivel 1

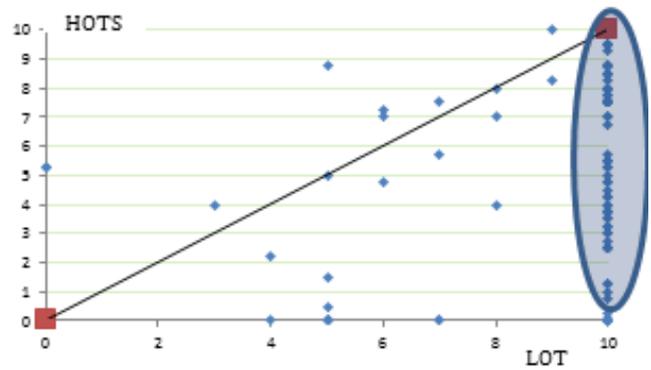


Fig 12. Nube de puntos para alumnos de primer año en el nivel 2.

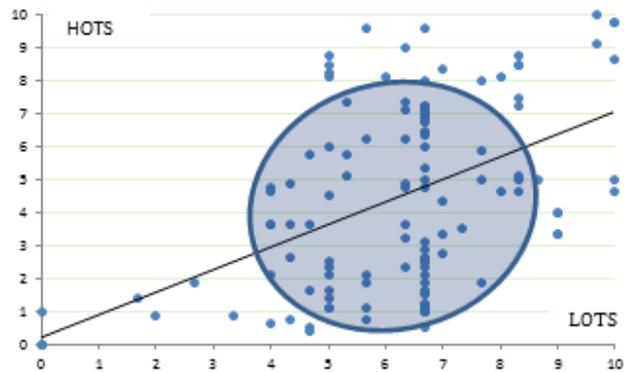


Fig 13. Nube de puntos para alumnos de primer año en todos los niveles

se concentran dentro de un óvalo también representado en el gráfico. El óvalo es casi un círculo, casi sin excentricidad, lo que se puede entender como una gran dispersión de puntos. Se esperaba una diagonal positiva en el caso de que las variables estuvieran muy relacionadas, pero el óvalo muestra una relación muy baja entre LOTS y HOTS.

Sobre los números obtenidos por los estudiantes de 2º año, los números y gráficos son muy diferentes. Después de calcular los coeficientes de correlación de Pearson en actividades de nivel 1, actividades de nivel 2 y actividades de nivel 3, se puede reconocer un aumento en todos los coeficientes. De hecho, se puede decir que la relación entre la calificación de los LOTS y la de los HOTS es significativamente elevada. Estos coeficientes se pueden ver en la Tabla XII.

Para comprobar esta relación, en las siguientes figuras de la 14 a la 17, se han representado las nubes de puntos de la misma forma que con los alumnos y alumnas del primer año.

TABLA XII

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN EN LAS CALIFICACIONES DE ESTUDIANTES DE SEGUNDO AÑO

		Promedio	Coficiente
TODOS	LOTS	6.25	0.862
	HOTS	5.18	
Nivel 1	LOTS	6.61	0.759
	HOTS	5.51	
Nivel 2	LOTS	6.83	0.861
	HOTS	5.43	
Nivel 3	LOTS	5.62	0.505
	HOTS	3.53	

la realización de actividades de nivel 1, los puntos que representan los grados de los estudiantes aparecen en la esquina superior derecha del gráfico, lo que se entiende como una relación alta entre LOTS y HOTS por su acumulación en un área reducida, pero la posición de los puntos también ofrecer un cierto grado de causalidad. En la figura 17, la acumulación de puntos aparece en una línea vertical en la esquina superior derecha del gráfico. Sin embargo, esta situación no es similar a las actividades del nivel 3 en la figura 18, donde aparecen varios clústeres de puntos en el gráfico en diferentes situaciones, uno en la parte media del gráfico, de calificación mediocre y otro grupo en la parte derecha con cierta variabilidad, pero en la que aparecen calificaciones elevadas.

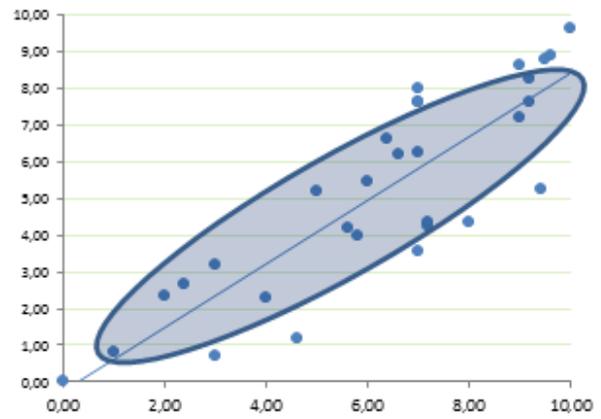


Fig 17. Nube de puntos para alumnos de segundo año en todos los niveles

Se puede concluir que los estudiantes han mejorado sus destrezas HOTS a partir de las habilidades LOTS adquiridas en actividades de Nivel 1, han hecho un buen trabajo en el Nivel 2 acumulando altas calificaciones de LOTS y HOTS, y han sido muy variables y con poca correlación en las actividades de Nivel 3.

Para finalizar esta sección, la figura 19 muestra la representación de puntos de cada uno de los estudiantes, considerando sus promedios generales de calificación. Se ha dibujado una elipse superpuesta en el gráfico dentro del cual se concentran la mayoría de los puntos. La elipse tiene un eje muy cercano a la diagonal principal, lo que se interpreta tiene una alta correlación. Debido a la forma estrecha de la elipse, interpretamos que la consolidación de LOTS es el factor principal para mejorar sus HOTS.

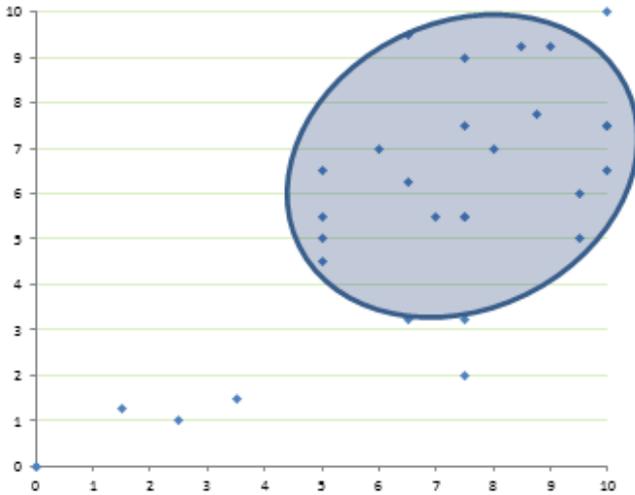


Fig 14. Nube de puntos para alumnos de segundo año en el nivel 1

VI. CONCLUSIONES

La investigación se ha llevado a cabo en el contexto de la escuela secundaria y específicamente con varios grupos de estudiantes en el período lectivo. La principal ventaja, desde el punto de vista institucional y organizacional ha sido que el empleo del laboratorio remoto VISIR ha reducido drásticamente el coste de las operaciones y el mantenimiento en el departamento.

Inicialmente, nosotros, los profesores del departamento de Tecnología, no estábamos seguros de la conveniencia del uso de tal recurso y de si podría ser una buena herramienta para el uso de los estudiantes en primera instancia, y si en dicho caso, si un laboratorio remoto como VISIR podría mejorar el proceso de aprendizaje. Así que decidimos implementar las prácticas de electricidad mediante el uso de VISIR remoto. Pensamos que la mejor opción para observar si VISIR resultaría un buen recurso de aprendizaje sería la realización de las prácticas de medidas eléctricas. Se dividió el conjunto de los estudiantes en dos grupos elegidos aleatoriamente y uno de ellos empleo VISIR mientras que la otra mitad utilizó recursos convencionales de un laboratorio presencial.

Con el objetivo de mejorar el aprendizaje, se ha diseñado un MOOC y unos materiales didácticos específicos que han utilizado todos los estudiantes, por lo que la única variable para comparar sería el tipo de laboratorio que usaría cada alumno o alumna. Los resultados de aprendizaje presentados en este documento después de la evaluación de las actividades incluidas en el curso han indicado que los estudiantes que han utilizado VISIR obtuvieron resultados similares en los

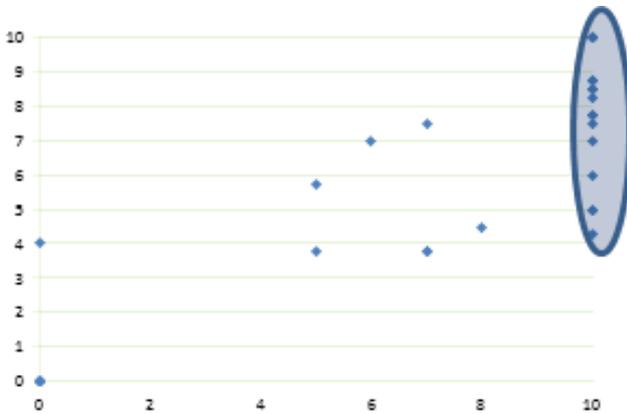


Fig 15. Nube de puntos para alumnos de segundo año en el nivel 2

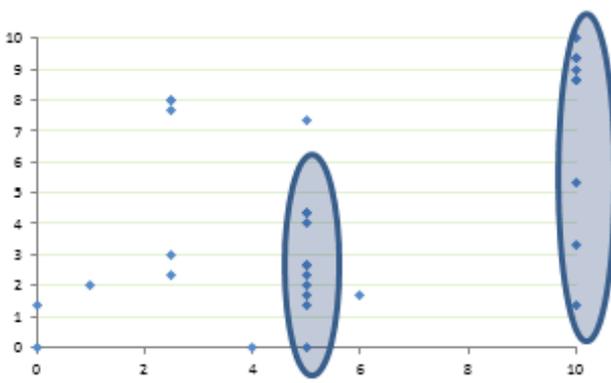


Fig 16. Nube de puntos para alumnos de segundo año en el nivel 3

estudiantes más jóvenes, lo que se puede interpretar como VISIR como un recurso valioso solo para el departamento.

Pero, por otro lado, se han dado resultados de aprendizaje ligeramente mejores en los grupos VISIR que en los estudiantes de laboratorio presencial en estudiantes mayores de cursos más avanzados. Esto nos hace pensar en VISIR como un buen recurso para mejorar el aprendizaje, preferiblemente para estudiantes mayores y más experimentados. Dadas estas razones que sugieren el éxito y las ventajas del laboratorio VISIR remoto, el Departamento de Tecnología ve una magnífica oportunidad para introducir este recurso técnico en las aulas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la “Escuela de Doctorado de la UNED”, Proyecto eMadrid (Investigación y Desarrollo de Tecnologías Educativas en la Comunidad de Madrid) - S2013/ICE-2715, Proyecto VISIR+ (Educational Modules for Electric and Electronic Circuits Theory and Practice following an Enquiry-based Teaching and Learning Methodology supported by VISIR) Erasmus+ Capacity Building in Higher Education 2015 n° 561735-EPP-1-2015-1-PT-EPPKA2-CBHE-JP y Proyecto PILAR (Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visIR), Erasmus+ Strategic Partnership n° 2016-1-ES01-KA203-025327.

REFERENCIAS

- [1] Anderson, L. (2001) “Taxonomy of educational objectives,” in Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy Anonymous Sage Publications, 01, pp. 789-791
- [2] Angulo, I. et al. (2010) “El proyecto VISIR en la universidad de Deusto: laboratorio remoto para electrónica básica”. Conference proceedings TAAE 2010 - ISBN: 978-84-96737-69-3
- [3] Gustavsson, Ingvar (2001) “Laboratory experiments in distance learning”. Proceedings of the ICEE 2001 Conference August 6 - 10, 2001. Oslo/Bergen, Norway. Available at: <http://www.ineer.org/>. Last visit: February 27th, 2017.
- [4] Gustavsson, I. and e. al, (2007) “The VISIR Project - An Open Source Software Initiative for Distributed Online Laboratories,” in Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV '07), June 2007
- [5] Tawfik, Mohamed et al (2011) “VISIR Deployment in Undergraduate Engineering Practices. Global Online Laboratory”. Consortium Remote Laboratories Workshop (GOLC), 2011. 978-1-4577-1944-8. GOLC Workshop in the 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2011).
- [6] García-Zubía, Javier et al (2010) “Easily Integrable platform for the deployment of a remote laboratory for microcontrollers”. EDUCON 2010 – Annual Global Engineering Education Conference - The Future of Global Learning in Engineering Education. IEEE Education Society. EDUCON 2010 Conference Book. ISBN: 978-84-96737-70-9
- [7] Pastor Vargas, Rafael. (2006) “Especificación formal de laboratorios virtuales y remotos: Aplicación a la Ingeniería de Control”. Doctoral Thesis presente at Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. UNED, 2006
- [8] Chen, Xuemin; Zhang, Yongpeng; Kehinde, Lawrence and Olowokere, David (2010) “Developing virtual and remote undergraduate laboratory for engineering students”, 40th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings. January 13th, 2010, Arlington, VA.
- [9] Deniz, Dervis Z., Bulancak, Atilla and Özcan, Gökhan (2003) “A novel approach to remote laboratories”. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Proceedings. November 6 - 9, 2002, Boston, MA
- [10] Bloom, B. S., M. D. Englehart, E. J. Furst, W.H. Hill, and D. R. Krathwohl. 1956. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. New York: David McKay Company.
- [11] Bruner, J. (1966). Studies in cognitive growth: A collaboration at the Center for Cognitive Studies. New York: Wiley & Sons.
- [12] Piaget, J. (1990). The child's conception of the world. New York: Littlefield Adams.
- [13] Tyler, R. 1949. Basic principles of curriculum and instruction. Chicago: University of Chicago Press.



Manuel Blázquez-Merino is a IEEE member (SM'08 – M'16) nació en Madrid (España) en 1969 y es Ingeniero Industrial y actualmente doctorando en el Departamento de Ingeniería de la E.S.T.I.I. de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Es profesor de Tecnología e Informática desde 1996 en el Instituto “Ramiro de Maeztu” de Madrid, que compatibiliza como profesor del Departamento de

Educación de la Universidad Antonio de Nebrija y colaborador investigador del departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica y de Control de la UNED. Es autor de veintiséis libros de texto de Tecnología e Informática para educación secundaria con las editoriales Anaya, Santillana, Bruño y Algaída. Ha publicado más de una veintena de artículos en congresos de Ingeniería y Educación en la última década. Ha sido galardonado con el premio al mejor Trabajo Fin de Carrera en 2009 por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación de IEEE y con la mención de Excelencia Docente por la Universidad Antonio de Nebrija en 2016. Previo a su carrera de profesor, ha trabajado en empresas líderes en Ingeniería como Indra, Ena-Telecomunicaciones y Remica en España.



Alejandro Macho Aroca (S'12–M'15–GS'16) PhD. Candidate, M.Sc. degree in Electrical, Electronics and Control Engineering from the Spanish University for Distance Education (UNED), Madrid, 2016, and B.Sc. in Industrial Electronics and Control Engineering from the University of Castilla – La Mancha (UCLM), Albacete, 2014. IEEE member since 2011. He worked in Deloitte

from 2014 to 2018 as a senior technology consultant and now is Operations Manager at Fever Labs Inc. Furthermore, he is president of the National Association Qubic, an association for students, professors and educational institutions who pursuit a great impact and innovation in education. He has been vice-president of the Foro Estados Unidos España from 2011 to 2016 and he has collaborated with companies like Microsoft. Alejandro is a PhD. Candidate in Advanced Electronics at IEEC department (UNED) and is enrolled in the investigation group G-eLios and innovation group G-TAEI.



Pablo Baizán Álvarez es máster en Investigación en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control Industrial (Itinerario en Ingeniería Eléctrica y Electrónica) de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España, Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la Universidad de Oviedo, Gijón, España, Ingeniería Técnica Industrial (especialidad Electrónica Industrial) de la Universidad de Oviedo, Gijón, España, en 2016, 2014 y 2010 respectivamente. Ha colaborado en numerosos proyectos de investigación en electrónica relacionados con el sector metalúrgico y tecnologías inalámbricas dentro del Área de Tecnología Electrónica de la Universidad de Oviedo. Actualmente trabaja en una empresa de desarrollo de electrónica para el sector aeroespacial y de defensa. Anteriormente ha estado vinculado profesionalmente con una empresa del sector de los sensores inalámbricos e Internet de las cosas.



Felix Garcia Loro has a Ph.D. in Industrial Engineering, a M.Sc. degree in Electronics Engineering and a B.Sc. in Industrial Electronics and Control Engineering from the Spanish University for Distance Education (UNED), Madrid, Spain, 2018, 2014 and 2008 respectively.

He is working as a lecturer and researcher at the Electrical, Electronics, Control and Telematics Engineering and Chemistry Applied to Engineering Department

(DIEECTQAI), UNED, since 2010.

He is member of IEEE and the International Association of Online Engineering (IAOE).



Elio San Cristobal Ruiz is a IEEE Member. has a doctoral engineering degree from the ETSII (Industrial Engineering School) of the Spanish University for Distance Education (UNED), 2010. Also, he has a Computer Science Engineering degree by the Salamanca Pontifical University (UPS), Madrid 2002 and he has a Technical Engineering degree in computer networks (UPS), Madrid 1998. He has worked for the University Distance Education Institute (IUED) from UNED.

Nowadays is working for the Computer Science Service Centre of the Spanish University for Distance Education (UNED). At the same time, he is working as assistant professor in the Electrical, Electronic and Control department from UNED.



Gabriel Díaz received the M.Sc. and Ph.D. degrees in physics from the Universidad Autónoma de Madrid. Since 2006, he is with the Electrical and Computer Engineering Department, Spanish University for Distance Education, where he leads the Industrial Electrical Electronics and Control Engineering Research Master. His research interests include security measurement and metrics, security for process control

systems, and the different approaches for getting the best of ICT technologies applied to different kinds of security and electronics learning for higher education at universities. He has authored or co-authored several books and papers (national and international) related to his research areas.

Manuel Castro, es Dr. Ing. Industrial por la ETSII de la UPM e Ing. Industrial, intensificación Electrónica y Automática. Actualmente es Catedrático de Universidad de Tecnología Electrónica y Director del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería de la UNED. Experto en Aplicaciones de la Simulación y la Electrónica, y en Tecnología Aplicada en la Enseñanza de la Ingeniería. Es miembro Fellow del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónica (IEEE) y Pasado Presidente de su Sociedad de Educación siendo en 2013-2014 el primer Presidente no Norteamericano. Es Presidente Emérito de la Sociedad de Educación del IEEE y Director de la División VI del IEEE siendo el primer Director de División español. Ha recibido diversos premios, entre otros el Premio al Miembro Distinguido de la Sociedad de Educación del IEEE en 2010, el Premio al Mérito del Congreso IEEE Educon 2011 (Education Engineering) o el Premio TAEE a la Trayectoria Profesional. Es co-editor de la revista electrónica IEEE-RITA y co-organizador en 2014 del congreso Frontiers in Education en Madrid, siendo co-organizador del congreso REV 2016 y LWMOOCS 2018 en Madrid. Es Director actualmente del Grupo de Investigación G-eLios y del Grupo de Innovación Educativa G-TAEI. Ambos grupos tienen amplia experiencia en Technology Enhanced Learning desarrollando sistemas y entornos virtuales de soporte al aprendizaje, e integración de herramientas remotas como laboratorios reales/virtuales y sistemas de control, así como en el desarrollo de Cursos On-line Masivos y Abiertos (COMA o MOOC) como por ejemplo en el primer curso COMA con integración de un laboratorio remota para la enseñanza de la electrónica, o en cursos COMA de aplicaciones móviles y realidad aumentada.

Capítulo 7

SUCRE4Kids: tres años de experiencia en la incentivación del pensamiento computacional en edades preuniversitarias

Sergio Trilles, Carlos Granell y Estefanía Aguilar-Moreno

Title—*SUCRE4Kids*: three years of experience in the incentivisation of computer thinking at secondary education

Abstract— This chapter presents the results obtained during the three years of the *SUCRE4Kids* project, whose main objectives are the promotion of scientific vocations, the promotion of computational thinking and programming in high school students and Vocational Education and Training students. *SUCRE4Kids* combines the use of smart devices and electronic components with visual programming for the consecution of real projects. Far from being an individual activity, as in most educational initiatives related to programming learning, the novelty lies in the introduction of social aspects and tangible interaction in sessions with students. During these three years the project has directly reached more than 250 students, who have directly used the tool, and over 4000 students who have heard about it through participation in fairs.

Keywords— Vocational training, STEM, Computer science education, Student experiments

Abstract—Esta comunicación presenta los resultados obtenidos durante los tres años del proyecto *SUCRE4Kids*, el que tiene como principal objetivo el fomento de las vocaciones científicas, la promoción del pensamiento computacional y la programación en alumnos de secundaria, ciclos formativos y bachillerato. *SUCRE4Kids* combina el uso de dispositivos inteligentes y componentes electrónicos con la programación visual para la realización de proyectos reales. Lejos de ser una actividad individual, como en la mayoría de iniciativas educacionales relacionadas con el aprendizaje de la programación, la novedad estriba en la introducción de aspectos sociales y de interacción tangible en las sesiones con estudiantes. Durante estos tres años el proyecto ha alcanzado de forma directa a más de 250 alumnos, los que han utilizado de primera mano la herramienta; y más 4000 alumnos han oído hablar de él mediante la participación en ferias.

Keywords— Formación profesional, STEM, Educación informática, Experimentos estudiantiles.

I. INTRODUCCIÓN

EN un reciente informe sobre la situación de los estudios en informática en Europa [1], España no sale bien parada. En ese informe, se comparan la mayoría de países europeos en cuanto a número de estudiantes en carreras relacionadas con las ciencias de la computación e informática (incluyendo grado de desarrollo de videojuegos. Listado

completo en [1]), o el porcentaje de mujeres que cursan dichos estudios y grados, entre otros indicadores estadísticos. En estos dos ejemplos, se observa una tendencia decreciente sostenida para los años analizados (2011-2016), lo cual resulta especialmente preocupante si tenemos en cuenta que la ratio de estudiantes en informática por millón de habitantes es de por sí bajo en nuestro país [1]. Lamentablemente, esta situación no ayuda en absoluto a la promoción de los estudios de informática entre estudiantes pre-universitarios, que son el foco del presente artículo.

El informe anterior deja entrever que la demanda y la oferta de profesionales en informática no se ajusta, sobrepasando de largo la demanda a la oferta existente. Lejos de reducirse, ese desajuste se estima que irá en aumento, con el potencial riesgo de convertir la informática en Europa en una profesión de “cuello de botella” en los próximos años. Para 2025, se estima un incremento del 13% en la demanda de profesionales relacionados con competencias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) [2]. Contrariamente, según la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), los estudiantes de secundaria de hoy - que serán los profesionales de mañana - presentan destrezas desiguales en sus niveles de conocimiento en Ciencias y Matemáticas, ocupando España, posiciones medias-bajas en sus resultados.

Ante este panorama de futuro de nuestra profesión nada halagüeña, urge más que nunca la promoción de los estudios de informática entre los estudiantes pre-universitarios. Es necesario buscar incentivos y vías alternativas que permitan fomentar el pensamiento computacional, la programación y, en última instancia, la vocación científica entre los más jóvenes. Reflejo de esta preocupación, es el nuevo rumbo tomado en algunos países como Reino Unido [3], donde los principios de la programación forman parte del currículo docente desde edades tempranas.

El proyecto *SUCRE4Kids* [4] tiene como objetivo principal el fomento de las vocaciones científicas, y la promoción del pensamiento computacional y la programación en alumnos de secundaria, ciclos formativos y bachillerato. Aparte de los elementos científico-técnicos que definen el proyecto *SUCRE4Kids*, este trabajo resume todas las intervenciones en las que se ha acercado y presentado *SUCRE4Kids* a los estudiantes durante los últimos 3 años. Estas se dividen en intervenciones directas, en las que se han obtenido observaciones sobre 256 alumnos y alumnas, e indirectas, donde se ha dado a conocer a más de 4000 estudiantes.

II. SUCRE4KIDS

SUCRE4Kids combina el uso de dispositivos inteligentes y componentes electrónicos con la programación visual por bloques para la realización de proyectos reales. En esta sección describimos todas las partes en las que se compone la propuesta *SUCRE4Kids*, la aproximación pedagógica, el maletín *SUCREKit*, programación por bloques y los proyectos propuestos.

A. Aproximación pedagógica

Desde el punto de vista didáctico, *SUCRE4Kids* promueve dos conceptos para alimentar la curiosidad por la programación. El primero de ellos es familiarizar a los alumnos con la tecnología relacionada con dispositivos electrónicos y con el movimiento “maker” [6]. El bajo coste de estos dispositivos electrónicos, unido a la creatividad y el afán de compartir conocimiento, característico de la cultura maker, está democratizando el uso creativo de esta tecnología para fines comerciales y personales, permitiendo que cualquier persona pueda diseñar y fabricar sus propios dispositivos inteligentes. De forma similar a Cubelets¹, MOSS² o LittleBits³, se da importancia a lo tangible, para que los alumnos puedan tocar y conectar, despertando un interés y conexión con el objetivo final, aprender a programar en definitiva [5].

El segundo concepto se enmarca en las competencias y habilidades propias del pensamiento computacional [7]. El pensamiento computacional engloba las habilidades necesarias para la resolución de problemas mediante competencias como la descomposición, diseño de algoritmos y razonamiento lógico. Los recientes y continuos avances tecnológicos conllevan irremediablemente un cambio en las competencias y habilidades necesarias para el desarrollo de muchas profesiones. Los estudiantes, así como también los profesores [8], deberán conocer y afianzar estas nuevas competencias y habilidades computacionales ya que, de una u otra forma, estarán presentes en las profesiones del futuro que aún están por imaginar.

Cualquier actividad educativa, ya sea basada en tecnología o no, debe diseñarse en concordancia a cómo las personas aprenden. La creación y la experimentación en el aprendizaje definen el construccionismo [9]. Pero si además experimentamos con cosas que son significativas para nosotros, el aprendizaje resulta mucho más placentero. Precisamente, la parte importante del construccionismo está conectada con el interés y las pasiones del estudiante. Con *SUCRE4Kids*, intentamos que los estudiantes experimenten, que “aprendan haciendo” [10], fomentando que las sesiones sean abiertas, participativas, y basadas en el trabajo colectivo. Pero sobre todo buscamos que *SUCRE4Kids* estimule su interés y agrado en el aprendizaje de la programación cuando lo que programa, lo que se aprende haciendo, es un proyecto que realmente les importa.

B. Lo tangible: el maletín *SUCREKit*

El maletín de invención *SUCREKit* (Figura 1) contiene diferentes componentes electrónicos, necesarios para el



Fig. 1. Fotografía del maletín *SucresKit*

desarrollo de una serie de proyectos propuestos, aunque los estudiantes también pueden realizar proyectos que ellos propongan.

La principal diferencia de *SUCREKit* frente otros kits disponibles, es ofrecer una plataforma abierta a nivel de hardware y software, que sea comprensible para profesores y alumnos, y de fácil aplicación a diferentes unidades didácticas independientemente del nivel que tengan los alumnos.

El maletín incluye componentes electrónicos que recrean las partes funcionales de cualquier ordenador: un núcleo y dispositivos de entrada y salida (E/S). El núcleo (microcontrolador y buses) está formado por un Arduino y un shield, llamado Grove, que facilita las conexiones de dispositivos de E/S al núcleo.

Los sensores actúan de dispositivos de entrada de datos, y los actuadores de salida. Cabe destacar que las E/S pueden ser digitales o analógicas. Concretamente, el maletín *SUCREKit* ha ido ampliándose y en la actualidad contiene el siguiente material:

- Núcleo: 1 Arduino y 1 Shield Grove.
- Entrada: 6 sensores (sensor humedad del suelo y del aire, sonido, luz, temperatura y proximidad y botón).
- Salida: 3 actuadores (display, led multicolor y barra de leds).
- Otros: 4 chapas con roles, 9 fichas descriptivas (4 de los sensores, 2 de los actuadores y 3 de los proyectos propuestos) y un cable USB tipo-B.

La Tabla I describe cada uno de los componentes electrónicos que están incluidos dentro del maletín. El precio total de todos los componentes asciende a 73,34 €.

C. Programación visual por bloques

Los bloques, de distinta forma y color, representan conceptos de programación, desde la definición de una variable, condiciones o funciones. De forma interactiva, los bloques se van encajando visualmente, de forma analógica a como se escribe código estándar (anidamiento de instrucciones, etc.), hasta que la estructura final de bloques permite resolver un problema. Algunos destacan el valor de la programación visual en bloques como pasarela a la programación tradicional basada en texto [11].

Existen varias iniciativas relacionadas con la programación visual basadas en bloques [12], como la veterana Scratch

¹ <https://www.modrobotics.com/cubelets/>

² <https://www.modrobotics.com/moss/>

³ <https://littlebits.cc/>

TABLA I

LISTADO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS INCLUIDOS EN EL MALETÍN SUCREKIT

Tipo	Características	Valores	Precio (€)
Núcleo	Microcontrolador con E/S	N/A	21,37
Núcleo	Shield con 16 conectores	N/A	7,60
Sensor	Capaz de medir la humedad del suelo	0-900	2,55
Sensor	Capaz de capturar la cantidad de luz en una estancia	0-750	2,48
Sensor	Capaz de obtener la distancia entre un objeto	10-80 cm	11,87
Sensor	Capaz de capturar el ruido en un estancia	0-1023	4,18
Sensor	Capaz de medir la temperature y humedad aire	0-50 °C (temp.) 20-90% (hum.)	5,20
Sensor Actuador	Pulsador Led que se puede apagar y encender; aleatoriamente cambia de color	Alto/bajo Alto/bajo	1,62
Actuador	Permite encender y apagar 9 segmentos de forma independiente	10 pos.	3,33
Actuador	Pantalla con una resolución	96x16 pix.	13,14

[13], MIT App Inventor [14], y el proyecto de código abierto de Google Blockly [15]. En *SUCRE4Kids*, hemos desarrollado una herramienta web de programación visual a partir de Blockly, creando bloques nuevos para cada uno de los sensores y actuadores incluidos en el maletín (Figura 2).

D. Proyectos como objetivo

Los componentes incluidos en el maletín se combinan y ensamblan de diferentes formas para afrontar los retos de cada uno de los proyectos planteados. Estos retos son presentados mediante “historias” capaces de conectar con los alumnos y despertar su interés. Para estas sesiones se han definido tres proyectos tecnológicos más uno libre:

- Proyecto “Planta inteligente”: el objetivo es conocer si debemos regar una planta. Mediante un sensor de hume-

dad del suelo para medir la humedad y una barra de LEDs para indicar el nivel.

- Proyecto “Parking inteligente”: recrea el sistema de plazas libres en aparcamientos públicos o de centros comerciales. Mediante un sensor de proximidad, se comprueba si hay un objeto (p.e. coche miniatura) en un sitio (estacionamiento). Se enciende o no un led si la plaza de estacionamiento está ocupada o libre, respectivamente.
- Proyecto “Luz inteligente”: simula una luz inteligente, comprobando el nivel de intensidad de luz en el aula, mediante un sensor lumínico y activando un LED cuanto menor es la luz ambiental.

Cada uno de los tres proyectos cubre los dos conceptos introducidos anteriormente: diseño y ensamblaje de dispositivos inteligentes de sensorización, y las competencias del pensamiento computacional y habilidades de programación. Sin embargo, el potencial de *SUCRE4Kids* reside en la capacidad de reutilización de los componentes en distintos proyectos, ya que el profesorado y alumnado pueden crear tantos proyectos originales con el maletín *SUCREKit* como ideas propongan, siendo otro ejemplo, luces que respondan inteligentemente a la intensidad de música.

III. ¿DÓNDE HEMOS INTERVENIDO?

Durante los tres años de andadura de la iniciativa *SUCRE4Kids*, se han realizado diferentes intervenciones con estudiantes de diferentes edades y niveles [16]. A continuación, se listan y describen las diferentes intervenciones realizadas.

- *Pràctica a l’UJI*: ha sido una de las intervenciones más completas, y en la que nos centraremos en el resto del artículo, ya que nos ha permitido intervenir de forma directa con alumnos y alumnas durante tres años consecutivos en el marco de las jornadas “Pràctica a l’UJI” del fomento del grado en informática de la Universitat Jaume I de Castelló, España (UJI). Durante las tres anualidades se han involucrado más de 250 alumnos y alumnas provenientes de diferentes centros de formación de secundaria y ciclos formativos.
- *FirUJlciència*: otra acción realizada y completamente diferente a la anterior, fue las dos participaciones dentro de FirUJlciència (edición 2017, 2018 y prevista en 2019) donde el proyecto *SUCRE4Kids* tuvo presencia mediante un stand. FirUJlciència es una feria científica, promovida por la propia UJI y el CEFIRE de Castelló, con el objetivo de acercar y difundir la ciencia a los estudiantes de primaria y secundaria. La propia UJI, mediante el formato de una feria, tanto desde el entorno de la universidad como de escuelas e institutos, se ocupa del montaje de stands. La feria se realiza en una única jornada y recoge alrededor de 2.000 estudiantes de todos los niveles, tanto de primaria como de secundaria. Tanto grupos de investigación de la universidad como el propio alumnado de secundaria, de escuelas y de institutos, organizan los stands con demostradores o talleres relacionados con cualquier disciplina científica.
- *Sagunt Gammig FEST*: esta tercera intervención llevada a cabo se realizó en el evento Sagunt Gammig FEST. Se celebra en la ciudad de Sagunto (Valencia, España), y tiene como objetivo la promoción de los videojuegos y la gamificación entre los más jóvenes. *SUCRE4Kids* par-

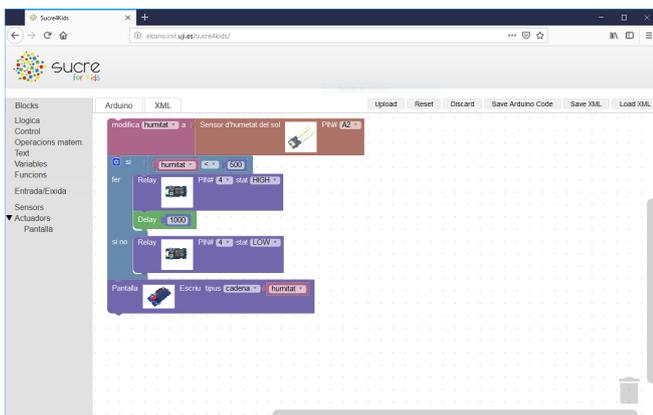


Fig. 2. Herramienta web para la programación visual en SUCRE4Kids

ticipó en la edición del año 2017, donde asistieron más de 100 niños y niñas de entre 8 y 14 años. El evento consistió en una especie de yincana gamificada por grupos, se plantearon diferentes retos y los participantes recibían puntos al superarlos. Diseñamos el proyecto de luz inteligente con *SUCRE4Kids* como un reto de dos niveles, donde el primer nivel era el montaje a nivel de hardware y el segundo nivel la programación visual. Dependiendo del nivel alcanzado, los participantes obtenían ciertos puntos.

IV. PRÁCTICA L'UJI

Como se ha indicado, la principal intervención con el proyecto *SUCRE4Kids* ha sido mediante el programa Práctica a l'UJI, el que tiene como objetivo el fomento del grado de informática de la UJI y la captación de futuros estudiantes procedentes de centros de formación de secundaria y ciclos formativos. En [4] se mostraron las experiencias de los años 2017 y 2018, este trabajo añade las experiencias obtenidas durante el año 2019.

Cada jornada comenzaba con una charla inicial del director del grado a todos los alumnos, para introducirles las ventajas del grado de informática, así como las potenciales salidas profesionales. Luego los estudiantes se dividían en dos itinerarios diferentes para la realización de sesiones prácticas.

Cada itinerario constaba de dos sesiones prácticas de 105 minutos con un descanso de 30 minutos entre sesiones. El primer itinerario lo formaban *Introducción a la programación de dispositivos Android: primeros pasos* y *Creación y programación de dispositivos electrónicos con Arduino*, donde experimentamos con *SUCRE4Kids*. En el segundo itinerario, las prácticas fueron: *Introducción a la programación de dispositivos Android: Cazarratones*, y *Aprender a programar con un lenguaje visual un robot móvil*.

En total se realizaron 9 jornadas, de dos sesiones prácticas cada una, durante enero de 2017, 2018 y 2019 (finalmente se realizaron 15 sesiones ya que se cancelaron 1 una en 2018 y 2 en 2019), por las que pasaron 256 alumnos de secundaria, bachillerato y módulos formativos (Tabla II). Las sesiones

TABLA II

LISTA RESUMEN DE TODAS LAS SESIONES REALIZADAS DURANTE 2017-2019

Año	Duración	Alumnos/as	M	F	Perfil
2017-01	105	20	N/A	N/A	Ciclos formativos
2017-02	105	22	N/A	N/A	1 y 2 ESO
2017-03	95	13	N/A	N/A	1 y 2 bachiller
2017-04	95	6	N/A	N/A	1 bachiller
2017-05	95	25	N/A	N/A	1 y 2 bachiller y 4 ESO
2017-06	90	22	N/A	N/A	1 bachiller
2018-01	95	20	18	2	2 bachiller
2018-02	85	19	13	6	4 ESO
2018-03	90	19	18	1	Ciclos formativos
2018-04	85	19	15	4	1 bachiller
2018-05	90	21	15	4	1 bachiller
2019-01	95	17	12	5	1 bachiller
2019-03	95	13	8	5	1 y 2 bachiller
2019-04	90	13	12	1	1 y 2 bachiller
2019-06	90	7	7	0	1 bachiller

se desarrollan de igual manera independientemente del nivel educativo de los alumnos.

A. Protocolo de las sesiones

Dos profesores, con roles distintos, participaron en cada uno de las sesiones. El profesor principal (PP, primer autor de la presente comunicación) llevó el peso de la presentación de los contenidos pedagógicos, la descripción y funcionamiento de los materiales y herramientas utilizadas, la explicación y planteamiento de los proyectos guiados y libres, y realizó tareas de apoyo a los grupos durante la realización de los proyectos. El profesor secundario (PS, segundo autor) realizó también tareas de apoyo a los grupos, pero se mantuvo más al margen para llevar a cabo tareas de observación encubierta [17] sin que los estudiantes ni su profesorado fueran advertidos previamente. Este método de investigación social se ajustaba a la naturaleza y condiciones de las sesiones prácticas. La observación encubierta consistió básicamente en tomar notas en papel, y esporádicamente material fotográfico (preservando la privacidad de los menores), sobre las reacciones y comportamiento de los estudiantes.

Antes de comenzar cada sesión, los profesores preguntaban a los homólogos responsables de los estudiantes sobre sus conocimientos previos en programación. Al final de la sesión, y sin estudiantes, se mantenía un breve intercambio informal de impresiones entre los PP/PS y el profesorado de instituto sobre los materiales docentes utilizados y la actitud e interés que habían despertado en los participantes.

B. Organización de las sesiones

Cada sesión de *SUCRE4Kids* se dividió en tres secciones diferentes (A-C), en las cuales introdujimos distintos tipos de intervenciones (Tabla III).

La sección A consistió en la introducción de contenidos por parte del profesor. Utilizando una presentación y proyector, el PP presentó los objetivos pedagógicos y motivación, los conceptos básicos de programación visual, recurriendo al juego del laberinto de programación basado en Blockly⁴ para tareas prácticas. Durante esta sección, los participantes trabajaban de forma individual con un ordenador, siguiendo la presentación disponible mediante acceso al Aula Virtual (Moodle).

A continuación, el PP prosiguió con el bloque de Arduino. Aquí, los participantes formaron grupo de 4 personas, asignando un maletín *SUCREKit* por grupo. El PP describió cada uno de los componentes electrónicos del maletín:

TABLA III

LISTA RESUMEN DE TODAS LAS SESIONES REALIZADAS DURANTE 2017-2019

Año	Sección	Tangible	Social
2017	A	Sí	Indiv. + grupo
2017	B	Sí	Grupo
2017	C	Sí	Grupo
2018	A	Sí	Indiv. + grupo
2018	B	Sí	Grupo + roles
2018	C	Sí	Grupo + roles
2019	A	Sí	Indiv. + grupo
2019	B	Sí	Grupo + roles
2019	C	Sí	Grupo + roles

4 <https://blockly-games.appspot.com/>

placa arduino, *shield Grove*, sensores y actuadores. Los participantes se descargan la librería necesaria localmente y la importa en el Arduino IDE. Finalmente, el PP presentó la herramienta de programación visual y describió cada uno e los bloques de programación relevantes (condicionales, creación y modificación variables, función de mapeo, bloques específicos de sensores y actuadores).

En la sección B se llevó a cabo un proyecto guiado. Primero, cada grupo realizó un proyecto “hola mundo”: encender y apagar un LED. Luego, cada grupo realizó el proyecto guiado de una planta inteligente (sección II), que involucraba la conexión de un sensor de humedad de tierra y un actuador de barra de LEDs al Arduino, junto con la programación necesaria para que el circuito funcionara correctamente (Figura 3).

Finalmente, en la sección C, cada grupo realizó un proyecto libre a escoger de entre los proyectos propuestos (sección II).

La Tabla III resume el tipo de intervenciones y la forma de trabajo utilizadas durante las sesiones. *SUCRE4Kids* nació por una apuesta por lo tangible; los participantes interaccionan con los sensores, los conectan físicamente y les dan vida mediante la programación visual. A diferencia de otras iniciativas de programación, centradas en el trabajo individual enfrente del ordenador, la interacción tangible en grupo define *SUCRE4Kids*. Sin embargo, la gran novedad introducida a partir de las sesiones de 2018, fue la asignación explícita de roles. Inspirados por el trabajo de codificación social [18], donde los autores explotan la programación en parejas con roles distintos, nosotros asignamos roles mediante chapas de colores (Figura 1). Sin embargo, definimos roles más generales para cada miembro de un grupo: programador, hardware, coordinador y analista. Como veremos en la sección siguiente (sección V), con la designación explícita de roles reforzamos considerablemente la interacción social en el trabajo en grupo.

En 2019, se añadió como novedad la realización de una encuesta anónima por parte de los estudiantes (Figura 4). Dicha encuesta se rellenaba al finalizar la clase. Esta consistía en 5 preguntas:

- P1: *La clase me ha pasado volando*
- P2: *El caso práctico ha sido útil para entender los conceptos*
- P3: *Ha sido fácil seguir el desarrollo del proyecto*
- P4: *La forma de organizar el trabajo en equipo me ha gustado*



Fig. 3. Ejemplo de proyecto de la planta



Fig. 4. Encuesta distribuida durante las sesiones de *Pràctica a l'UJI* (2019)

- P5: *Me gustaría conocer más sobre sensores y programación*

Cada una de la preguntadas podía ser contestada siguiendo la escala Likert (1-5): *Muy desacuerdo, En desacuerdo, Neutral, De acuerdo, Muy de acuerdo*. Además, también se indica el nivel de estudios que se está cursando.

V. ¿QUÉ HEMOS APRENDIDO?

A. Resultados cuantitativos

En las 15 sesiones realizadas (6 durante 2017, 5 durante 2018 y 4 durante 2019), la sesión más larga fue de 105 minutos (el máximo establecido) y la más corta de 85 minutos. La duración media fue de 93 minutos. La Figura 5 muestra la distribución porcentual de los tres tipos de secciones para cada sesión. Salvo alguna sesión anómala, el resto sigue un

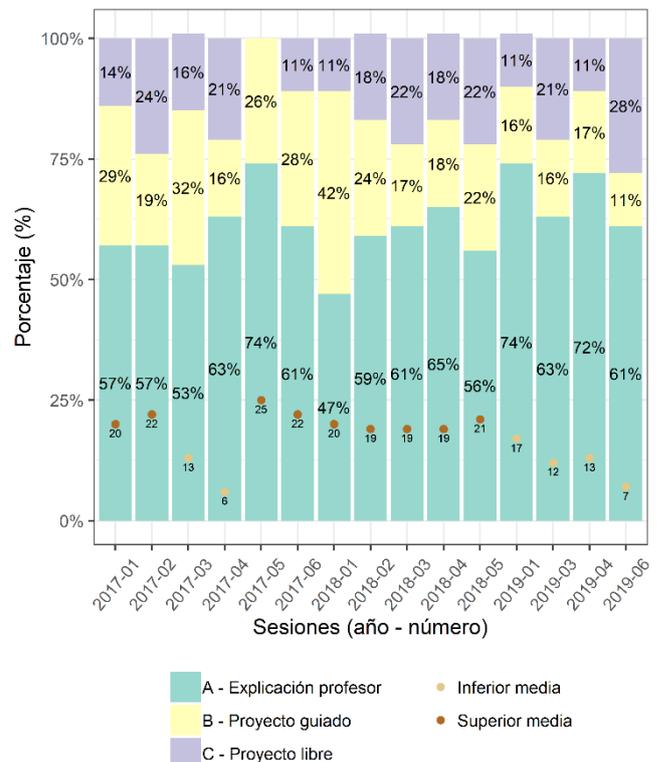


Fig. 5. Distribución temporal de las secciones A-C por sesión. Puntos representan número asistentes por sesión (media=17)

patrón similar: la sección A ocupa aproximadamente el 60 % de la sesión, mientras que las secciones B y C se distribuyen el 40 % restante.

En particular, el tiempo medio dedicado a la sección A fue de 57 minutos, siendo 70 minutos el tiempo máximo dedicado y 45 minutos la sesión con menor dedicación. La parte B, el proyecto guiado, tuvo una duración media de 20 minutos, siendo 40 minutos la sesión con más dedicación y 10 minutos la que menos. Finalmente, a la sección C, el proyecto libre, se dedicaron 15 minutos de media, siendo 25 minutos la sesión con mayor dedicación y 0 minutos en la que menos, debido en este caso a que la mitad de los alumnos llegaron con retraso a la práctica.

Podría pensarse que, a menor número de alumnos, las secciones B y C ganarían en importancia. Sin embargo, no se percibe relación alguna en esta dirección, es decir, entre el número de asistentes y la distribución temporal de las secciones. Otros factores como el conocimiento previo de los estudiantes o la variabilidad de los grupos (en cuanto a número de miembros), pueden influir también en la durabilidad de cada sección en una sesión.

La Figura 6 muestra los resultados obtenidos de las 50 encuestas rellenas por los participantes del Practica a l'UJI de 2019.

A nivel general, las estadísticas revelan unos buenos resultados. El 63 % ha calificado con *Muy de acuerdo* todas las preguntas. Un 32 % de media respondió la respuesta *De acuerdo*. Un 4 % lo hizo en *Neutral* y solo un 0,4 % en *Desacuerdo* (únicamente una 1 pregunta).

Si analizamos de forma individual cada una de las preguntas, la más positiva fue la P2 (*El caso práctico ha sido útil para entender los conceptos*), en la que un 74 % indicó que estaba en *Muy de acuerdo*. En cambio, la pregunta menos favorable fue la P5 (*Me gustaría conocer más sobre sensores y programación*), la que un 8% y 2% manifestaron *Neutral* y *Desacuerdo*, respectivamente. En general, la respuesta a la P5 es positiva, en cuanto que los encuentran muestran un claro interés por conocer más contenido relacionado con la programación. Queda por ver, sin embargo, si su interés es tan alto como para matricularse en estudios universitarios de Ingeniería Informática o similares.

B. Resultados cualitativos

c. Observaciones durante explicación profesores (A)

Durante esta sección, principalmente se llevaron a cabo dos tipos de actividades. La primera fue una breve introducción a

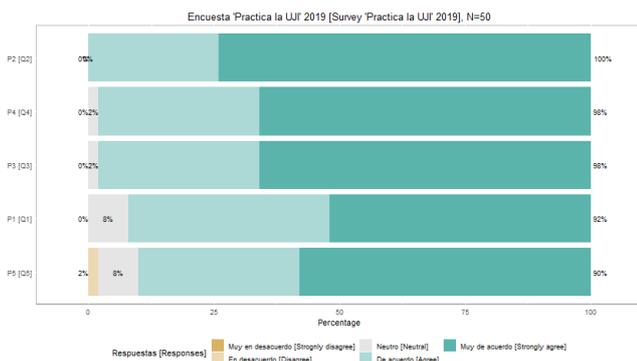


Fig. 6 Resultados de la encuesta realizada en la edición 2019 del *Práctica a l'UJI*

la programación visual (Blockly) con el juego del laberinto, de forma individual. La segunda fue una introducción al microcontrolador Arduino, en la que la forma de trabajo fue mixto, iniciando la actividad individualmente, para luego organizar a los estudiantes en grupos, sin definición de roles todavía.

Con respecto a la primera actividad, una observación recurrente en todas las sesiones es que los estudiantes absorbieron rápidamente los conceptos de programación visual, con independencia del grado de conocimientos en programación. Los grupos procedentes de ciclos formativos (2017-01, 2018-03) tuvieron mayores dificultades para llegar a un nivel avanzado del juego del laberinto (mayor nivel, mayor complejidad en cuanto a programación). Con los datos recogidos, no sabemos si esto se debió por falta de interés, por falta de conocimientos previos en programación de los estudiantes de ciclos formativos, o por pura casualidad. En general, parece que les resulta muy intuitivo apreciar la semántica de las construcciones de programación como bucles y/o condicionales a la hora de resolver los niveles de programación del juego del laberinto.

Sin casi explicación y de forma intuitiva, la programación visual y el concepto de codificar y probar de forma instantánea encaja perfectamente durante los primeros pasos durante el proceso de aprendizaje de la programación [11]. La programación visual basada en bloques engancha. En todas las sesiones, apreciamos que a la mitad de los estudiantes aproximadamente les costaba despegarse del juego del laberinto, incluso diez minutos después de haber pasado a la siguiente actividad (introducción al microcontrolador Arduino, sensores y actuadores). Algunos mantenían las dos pantallas a la vez, el juego del laberinto y la presentación sobre Arduino. El nivel extremo es el caso de dos estudiantes (sesión 2017-03) que, terminada la sesión, permanecieron “compitiendo” por resolver la programación de un nivel avanzado del laberinto mientras que el resto de compañeros ya había desalojado el aula.

Sin embargo, no observamos interacción entre los estudiantes. El trabajo individual enfrente del ordenador generaba un silencio casi total en el aula, salvo por breves comentarios entre estudiantes adyacentes para ayudarse entre ellos en la resolución de algún nivel del juego. Lo cual sugiere que, frente al trabajo individual, la programación en parejas podría funcionar de forma natural para potenciar el pensamiento computacional y acelerar el aprendizaje de la programación [19].

Con respecto a la segunda actividad, se apreció que los estudiantes no habían visto o tocado Arduino y sensores antes (confirmado por profesores). Tenían respeto al principio y tocaban los componentes del maletín con cautela. Pero ganaron confianza pronto. Aunque estaban en grupo, la interacción no alteraba el transcurso de la sesión. Cada uno experimentaba y exploraba por su cuenta los componentes del maletín, mientras seguían al mismo tiempo la explicación del PP.

La explicación por parte del PP resultaba necesaria porque la inmensa mayoría de los estudiantes nunca habían tenido en sus manos este tipo de dispositivos electrónicos. Los estudiantes examinaban con atención los sensores y los conectaban con cuidado. Percibíamos que les importaba lo que tenían entre manos. Captaron los conceptos de analógico

y digital, pero había que recordarlo constantemente (PP y PS reiteraron esos conceptos a nivel del grupo) para evitar errores en la conexión de los sensores al Arduino, cuando intentaban conectar un sensor analógico a un pin digital del microcontrolador.

d. Observaciones durante proyecto guiado (B) y proyecto libre (C)

En todas las sesiones del 2017 no se tuvo en cuenta la asignación explícita de roles, por lo que el trabajo en grupo y los roles variaron en función del número de integrantes del grupo. Cuando el grupo era de tres estudiantes, resultaba fácil la distribución (implícita) de roles para la ejecución colaborativa del proyecto. El participante que ocupaba la posición central del grupo se sentaba delante del ordenador, y se encargaba de la programación visual con la herramienta web (Figura 2). Los otros dos participantes se situaban uno a cada lado del programador. Uno se encarga de ensamblar los componentes electrónicos, mientras que el otro sostenía las fichas, y aportaba comentarios y detalles técnicos descritos en las fichas para el correcto funcionamiento del montaje y de la programación.

Cuando el grupo estaba formado por cuatro personas, lo cual era lo más habitual, la distribución espacial de los miembros ya no resultaba tan idónea como en el caso de los tres integrantes. Observamos reiteradamente a lo largo de las sesiones del 2017 que al menos un participante se mantenía ausente del trabajo en grupo, posiblemente por la imposibilidad de poder tocar nada y participar activamente en el grupo. También observamos que cuanto un participante tomaba las riendas de un grupo, acaparaba todas las tareas y decisiones, relegando a los demás miembros a tareas marginales.

Por el contrario, la asignación explícita de roles cambió la forma de colaborar en los grupos en todas las sesiones del 2018 y 2019. Las chapas arrancaron las primeras risas y caras de sorpresa, pero permitieron identificar y recalcar sin ambigüedad alguna la responsabilidad de cada uno de los miembros del grupo.

La asignación de roles creó excitación desde el principio de la actividad y definitivamente captó la atención de los estudiantes de forma decisiva para mantener el interés durante el resto de la sesión. Como el grupo más común era de cuatro personas, se diseñaron cuatro roles para que cada miembro del grupo desempeñara un rol distinto. Excepcionalmente, hubo algunos grupos de 3 estudiantes y un grupo de 5 a lo largo de las 15 sesiones. En el caso de grupos con 3 miembros, el rol de programador y el de analista recaían en la misma persona. En el caso del grupo de cinco, la persona de más asumía el rol de programador (programación en parejas). Se dejó a los alumnos el reparto de roles. No hubo conflictos a este respecto, por lo que PP/PS nunca asignaron explícitamente roles a los miembros del grupo.

En consecuencia, la colaboración e interacción se disparó, hasta el punto de que algunos estudiantes se levantaban libremente y se acercaban a otros grupos para brindar su ayuda en relación al rol que desempeñaban. Es decir, interiorizaron su rol y eso repercutió en una mayor implicación e interés en las tareas que cada uno de los miembros del grupo realizaba. Todos colaboraban porque tenían un rol bien asignado [20]. Las chapas recuerdan continuamente a los miembros del grupo

cual es el espacio de participación de cada uno en cuanto a las decisiones y tareas colaborativas de desempeñar. Incluso, algunos participantes llegaron a recriminarse (positivamente) si alguno fallaba o tardaba en realizar la tarea encomendada.

Durante la actividad del proyecto libre, la mayoría de los grupos (2018) mostraron una actitud más imaginativa a la hora de idear combinaciones de sensores y definir las construcciones (condicionales y bucles) asociadas, en comparación a los grupos de la primera edición (2017). Algunos grupos (todos en 2018) llegaron a configurar y programar circuitos compuestos de distintos tipos de sensores y actuadores, de mayor complejidad que la de los proyectos planteados por el profesorado.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La actual comunicación detalla todas las experiencias con el proyecto *SUCRE4Kids* durante los últimos 3 años, poniendo mayor hincapié en las jornadas *Práctica a l'UJI* debido a su mayor proximidad con los alumnos y alumnas de edades preuniversitarias.

En total se realizaron 15 sesiones programadas de 105 minutos, de los cuales 94 minutos fueron útiles de media. Las sesiones divididas en tres partes diferenciadas, una parte inicial de explicación, una parte para realizar un proyecto guiado y una parte para realizar un proyecto libre. Los tiempos medios en cada parte fueron 55, 23 y 15 minutos respectivamente.

Durante las sesiones se ha manifestado abiertamente que palpar, tocar e interactuar con cosas tangibles [5] enfatiza positivamente el compromiso de los alumnos en aprender a programar. La definición y asignación explícita de roles ha marcado claramente la responsabilidad y tarea de cada uno de los miembros del grupo durante el trabajo colaborativo para la consecución del proyecto común. Aunque parezca un aspecto menor, en nuestra experiencia la asignación de roles ha resultado una intervención decisiva para promover la interacción grupal y enfatizar la responsabilidad en la realización de las tareas delegadas a cada miembro del grupo.

Con el objetivo de conocer de primera mano información cualitativa de los alumnos, queda pendiente recabar las opiniones directas de los estudiantes mediante cuestionarios, acompañado de entrevistas semi-estructuradas a alguno de ellos por cada grupo.

Mirando hacia delante, a continuación, enumeramos una serie de opciones, a modo de hoja de ruta, para proseguir con el proyecto *SUCRE4Kids*.

Una primera decisión a tomar es la de ofrecer dos versiones de *SUCRE4Kids*: una enfocada a edades de escolarización de primaria y otra para estudiantes de secundaria. La primera opción podría facilitar el montaje de los componentes, como por ejemplo mediante el uso de conectores magnéticos, además de que la programación estuviera implícitamente en el montaje realizado, por lo que dependiendo del montaje éste fuera capaz de interactuar en tiempo real sin esperar a una compilación y ejecución del programa. Para edades pre-universitarias se necesita aumentar el nivel de dificultad y ofrecer nuevas funcionalidades, como podría ser la visualización y análisis de los datos recogidos por los sensores en tiempo real mediante una conexión a Internet, por lo que nuevos paradigmas como el Internet de las Cosas (IoT), necesitan ser estudiados y convenientemente integrados en la próxima generación de *SUCRE4Kids*.

- La segunda mejora, y más técnica, es la eliminación de cualquier conexión mediante cables con ordenadores. De tal forma añadiría mayor versatilidad a la herramienta posibilitando la programación del microcontrolador mediante tabletas o teléfonos móviles. También solucionarían los problemas detectados durante las intervenciones con los conectores USB.
- Otra de las derivas que puede tomar el proyecto, es pasar de una interacción y colaboración intra-grupal a una inter-grupal. Este nuevo enfoque parte de la idea en que todos los grupos dentro de una sesión colaboren y actúen sincronizados hacia un proyecto común o interactúan en algún escenario de juego. Esta interacción inter-grupal puede ser de colaboración o de competición. Para ello nuevos usos de la tecnología y conceptos de computación podrían abordarse, como el uso de dispositivos capaces de conectarse directamente a Internet (Internet de las Cosas) con soporte de conectividad WIFI (mediante router local) y dispositivos programables centrales que actúen de pantalla/panel de visualización para proporcionar feedback a los grupos sobre el grado de consecución del proyecto.
- La adopción de nuevas tecnologías y conceptos avanzados supone la posibilidad de proponer nuevos proyectos que hasta el momento no tenía cabida porque no podían desarrollarse técnicamente. Nuestra intención es la de diseñar nuevos proyectos basados en estas nuevas tecnologías, pero al mismo tiempo que pongan en valor los tremendos desafíos a los que se enfrenta la sociedad actual como la privacidad, seguridad, cuestiones éticas y, en definitiva, la educación digital.
- Lamentablemente, la diferencia de género es abismal ya en bachiller (Tabla II), que se materializa en el escaso porcentaje de mujeres que cursan luego estudios de informática. Políticas urgentes son necesarias para contrarrestar este efecto adverso desde edades tempranas, en primaria, puesto que en secundaria parece ya demasiado tarde.

ACKNOWLEDGMENT

Sergio Trilles ha sido financiando por el programa PINV2018 (Acción 3.2) de la Universitat Jaume I (POSDOC-B/2018/12), y Carlos Granell por el programa Ramón y Cajal (RYC-2014-16913).



Dr Sergio Trilles received his PhD in Integration of Geospatial Information from the Jaume I University in 2015. He obtained different individual fellowships as a Postdoc from different governments. He had the opportunity to do different financed international stays, such as in the Digital Earth and Reference Data Unit of the European Commission's Joint Research Centre (JRC) or in the NOVA Information Management School (NOVA

IMS) of Universidade Nova de Lisboa. Currently, he is a postdoc researcher at the GEOTEC group.



Dr. Carlos Granell is holding a Ramón y Cajal post-doctoral fellowship at UJI, Spain. My research interests lie in multi-disciplinary application of GIS (Science/Systems), spatial analysis & visualization of streams of sensor- and/or user-generated geographic content, reproducibility research practices, and finding synergies between citizen science projects, education and dissemination of science.

REFERENCES

- [1] C. Pereira and S. Tikhonenko. Informatics Education in Europe: Institutions, degrees, students, positions, salaries. Key Data 2011-2016. 2017.
- [2] R. Castañeda and C. Rebolledo. Panorama de la educación: Indicadores de la OCDE. Nota del País, pages 1–11, 2013
- [3] J. Velasco. Niños programadores: para qué sirve la enseñanza de programación en las escuelas. El diario (Diario de Turing), 19, 2014.
- [4] S. Trilles and C. Granell. SUCRE4Kids: El fomento del pensamiento computacional a través de la interacción social y tangible. Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática 2018, Barcelona (Spain), 2018
- [5] P. Blikstein et al. Project bloks: designing a development platform for tangible programming for children. Technical report, Google, 2016
- [6] C. Anderson. Makers: La Nueva Revolución Industrial. Ediciones Urano. 2015
- [7] J. M. Wing. Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3):33–35, 2006
- [8] A. Yadav, C. Stephenson, and H. Hong. Computational thinking for teacher education. Communications of the ACM, 60(4):55–62, 2017.
- [9] E. Ackermann. Piaget's constructivism, papert's constructionism: What's the difference. Future of learning group, 5(3):438, 2001.
- [10] P. Juan Sotorrio-Ruiz et al. Aproximación a la técnica "aprender haciendo" para la docencia en microprocesadores. 25 CUIEET, 2017.
- [11] R Benjamin Shapiro and Matthew Ahrens. Beyond blocks: Syntax and semantics. Communications of the ACM, 59(5):39–41, 2016.
- [12] D. Bau, J. Gray, C. Kelleher, J. Sheldon, and Franklyn Turbak. Learnable programming: blocks and beyond. Communications of the ACM, 60(6):72–80, 2017.
- [13] M. Resnick et al. Scratch: programming for all. Comm. of the ACM, 52(11):60–67, 2009.
- [14] S. Crawford and J. J. Dominguez. MIT app inventor: Enabling personal mobile computing. arXiv preprint arXiv:1310.2830, 2013.
- [15] N. Fraser. Ten things we've learned from blockly. In Blocks and Beyond Workshop, pages 49–50. IEEE, 2015.
- [16] C. Granell, S. Trilles. El proyecto SUCRE4Kids: Una iniciativa de hardware y software libre para la introducción a la programación. Novática, num 240, 2018, ISSN 2444-6629.
- [17] J. Ritchie, Jane Lewis, Carol McNaughton Nicholls, Rachel Ormston, et al. Qualitative research practice: A guide for social science students and researchers. Sage, 2013.
- [18] O. Tabel, Jonathan Jensen, Martin Dybdal, and Pernille Bjørn. Coding as a social and tangible activity. Interactions, 24(6):70–73, 2017.
- [19] J. Denner, Linda Werner, Shannon Campe, and Eloy Ortiz. Pair programming: Under what conditions is it advantageous for middle school students? Journal of Research on Technology in Education, 46(3):277–296, 2014.
- [20] B. Oakley et al. Best practices involving teamwork in the classroom: Results from a survey of 6435 engineering student respondents. IEEE Trans. on Education, 50(3):266–272, 2007



Estefanía Aguilar-Moreno, is graduated in Documentation and master's degree in Information and Knowledge Society from the Open University of Catalonia (UOC), has worked as a documentalist giving support in competitive intelligence systems for R&D for more than 10 years. He collaborates and researches in the Geotec group of the Universitat Jaume I of Castellón on issues related to geographic information, exploring the more social and humanistic perspective of Geographic Information Systems (GIS) and geospatial technologies.

Capítulo 8

Análisis de la Motivación, la Satisfacción y el Esfuerzo en la Implantación de un Grado Bilingüe

Juan A. Rico-Gallego, Roberto Rodríguez-Echeverría, Fernando Sánchez-Figueroa, Jaime Galán-Jiménez, Juan C. Preciado

Title—Analyzing Motivation, Satisfaction and Effort in a Bilingual Grade.

Abstract—Higher education internationalization by means of bilingual degrees presents great challenges for students, teaching staff and institutions. Early identification of burdens and issues is of utmost importance to offer such studies successfully. Within that goal, this work presents results obtained from the evaluation of a new bilingual degree (English) in Computer Science. Concretely, three main dimensions has been evaluated: (1) students' motivation to learn in English; (2) students' satisfaction with English teaching; and (3) perceived staff effort to teach in English. Based on the resulting data we perform an analysis about teaching in English and in Spanish the same subject set. The final goal of this study is to propose concrete actions for continuous enhancement and to derive conclusions about degree development, so that they may be useful for other initiatives of bilingual educational programs.

Keywords—Higher Education, Bilingual Grade, English, Analysis

Abstract—La internacionalización de las enseñanzas a través de la implantación de titulaciones bilingües presenta importantes retos para el alumnado, el profesorado y la institución. La identificación temprana de barreras y problemas es fundamental para lograr con éxito su implantación. Con este objetivo en mente, este trabajo presenta los resultados obtenidos de la evaluación de la implantación de un título bilingüe en un grado de Ingeniería Informática. En concreto, se han contemplado tres ejes fundamentales dentro de esta evaluación: (1) la motivación del alumnado para no elegir enseñanzas en inglés, (2) la satisfacción del alumnado con el desarrollo de las asignaturas en inglés, y (3) el esfuerzo del profesorado en la docencia en inglés. A partir de estos datos se realiza un análisis de la docencia en castellano y la docencia en inglés para el mismo conjunto de asignaturas. El objetivo último del estudio es proponer acciones para la mejora continua, así como extraer conclusiones sobre el funcionamiento del título que puedan servir como referencia para la puesta en marcha o mejora de otras iniciativas de implantación de títulos bilingües.

Keywords— Educación Universitaria, Grados Bilingües, Inglés, Análisis

I. INTRODUCCIÓN

La internacionalización de las enseñanzas a través de la implantación de titulaciones bilingües se ha intensificado debido a que el Ministerio de Educación, Ciencia y Deporte la recoge como una de las acciones fundamentales dentro del documento *Estrategias de Internacionalización de las Universidades Españolas 2015-2020* [1]. Trabajos anteriores en las JENUI han tratado sobre la adecuación a la realidad socioeconómica de estas titulaciones, como Fernández Lanvín et al. [2], o la necesidad de un sistema de exigencia que asegure su calidad, como Rosado et al. [3]. Sin embargo, no existen trabajos previos en el ámbito de la Ingeniería Informática que presenten un análisis de la motivación y satisfacción del alumnado con docencia en inglés, ni que evalúen el esfuerzo del profesorado en esta docencia.

El resto del artículo se estructura como sigue. La sección II presenta el contexto y los instrumentos del análisis. En la sección III se analiza la motivación del alumnado en su elección del grupo de inglés o castellano, mientras en la sección IV se analiza su satisfacción. La sección V se presenta el esfuerzo percibido por el profesorado. En la sección VI se resumen los resultados más relevantes. Finalmente, la sección VII termina con las conclusiones y acciones de mejora propuestas.

II. MÉTODO

A. Contexto

Este análisis se ha realizado dentro de los Grados de Ingeniería Informática de la Universidad de Extremadura.

El grado bilingüe se encuentra en su cuarto año de implantación progresiva y oferta asignaturas en castellano y en inglés, distribuidas en los cuatro cursos que componen los grados. Actualmente, se ofertan 17 asignaturas en formato bilingüe y en este análisis han participado 9 de esas asignaturas, como se muestra en la Tabla 1. La mitad de estas asignaturas tienen el mismo profesorado en ambos grupos (castellano e inglés), pero muchas cuentan con más profesorado que solo participa en el grupo de castellano.

La práctica totalidad del alumnado encuestado es de nacionalidad española que ha elegido cursar alguna asignatura en inglés. El profesorado encuestado lleva entre uno y tres años impartiendo docencia en inglés dentro del grado bilingüe. El nivel mínimo de inglés para la participación del

TABLA I
ASIGNATURAS OBJETO DEL ANÁLISIS

Asignatura	Acronimo	Año	Curso	Al. castellano	Al. inglés	Profesorado
Estructuras de Datos e Información	EDI	16/17	1	218	14	6
Programación Concurrente y Distribuida	PCD	16/17	2	111	7	2
Arquitectura de Redes y Protocolos	ARP	16/17	3	43	13	1
Introducción a la Programación	IP	17/18	1	187	13	6
Álgebra Lineal	AL	17/18	1	195	29	2
Física	FIS	17/18	1	219	13	1
Economía y Empresa	ECON	17/18	2		3	1
Desarrollo de Programas	DP	17/18	2	119	13	2
Arquitecturas Software en Entornos Empresariales	ASEE	17/18	4	51	7	1

profesorado hasta ahora ha sido el B2, pero más de la mitad del profesorado encuestado tiene nivel C1.

B. Recogida de Datos

Para los tres aspectos analizados, la recogida de datos se ha realizado mediante encuestas, elaboradas dentro de dos proyectos de innovación docente relacionados con la internacionalización de la enseñanza.

Para medir la motivación y satisfacción del alumnado, se han diseñado encuestas que miden el desarrollo de asignaturas en inglés y comparar los resultados con los obtenidos en los grupos en castellano de las mismas. Ambas encuestas se han basado parcialmente en el trabajo presentado por Morell et al. [4] y se han hecho llegar a los alumnos a través del aula virtual de la asignatura.

La encuesta de motivación (Tabla 2) se pasa al alumnado durante las dos primeras semanas de cada asignatura. Para evitar datos redundantes se informa a los alumnos que no deben rellenar la encuesta si ya lo han hecho previamente en otra asignatura.

TABLA II
ENCUESTA DE MOTIVACIÓN (EXTRACTO)

Pregunta	Respuestas
Motivación (ing)	
Indica tus dos mayores motivaciones para elegir esta asignatura en inglés	Mejorar nivel inglés Grupos reducidos Preferencia de profesor Certificado inglés grado Programa de movilidad
Barreras (esp)	
Indica tus dos mayores motivaciones para NO elegir esta asignatura en inglés	Nivel inglés insuficiente Preocupación calificación final Preferencia de profesor No interesante para futuro
Perfil	
Nota de entrada en la universidad	Númérico
¿Procedes de un bachillerato bilingüe?	Sí/No
¿Cuántas asignaturas has cursado en inglés en el grado?	Númérico
¿Cuántas asignaturas tienes previsto cursar en inglés en el grado?	Númérico
Nivel inglés percibido (y certificado)	
Escritura	1-7
Lectura	1-7
Oído	1-7
Hablado	1-7

TABLA III
ENCUESTA DE SATISFACCIÓN (EXTRACTO)

Pregunta	Respuestas
Clases de Teoría	
Los contenidos son interesantes y están actualizados	1-5
Las presentaciones tienen información suficiente para la comprensión	1-5
El ritmo de la explicación es	1-5
Las clases son agradables	1-5
Las clases de teoría deberían tener más ejercicios y actividades interactivas	1-5
Evolución del inglés: uso en la asignatura	
Entiendo los materiales y recursos en inglés	1-5
Entiendo las lecciones en inglés	1-5
Uso el inglés en actividades y exámenes	1-5
Uso el inglés en presentaciones e interacciones	1-5
Evolución del inglés: nivel del profesor	
Le entiendo cuando explica en inglés	1-5
Da explicaciones correctas y entendibles	1-5
Contesta a las preguntas apropiadamente	1-5
Fomenta la participación del estudiante	1-5
Evolución del inglés: nivel percibido	
Escritura	1-7
Lectura	1-7
Oído	1-7
Hablado	1-7
Evolución del inglés: satisfacción general	
Elegirías cursar de nuevo la asignatura en inglés	Sí/No
Recomendarías cursar la asignatura en inglés	Sí/No
Aprender en inglés ha sido una experiencia positiva	1-5
Creo que he aprendido tanto como el grupo de castellano	1-5
Tengo que realizar un esfuerzo mayor que en castellano	1-5
Creo que los exámenes son más difíciles en inglés	1-5

La encuesta de satisfacción (Tabla 3), por su parte, se pasa al alumnado durante las dos últimas semanas de cada asignatura. Cada alumno tiene la oportunidad de rellenar la encuesta de satisfacción de todas las asignaturas que ha cursado en inglés.

La Fig. 1 muestra el número de alumnos encuestados por curso con respecto al total de ambos grupos (castellano e inglés) en los aspectos de motivación y satisfacción. Se puede observar claramente que el alumnado encuestado no se distribuye uniformemente por cursos, dado que la mayoría de asignaturas son de primer y segundo curso.

Para medir el esfuerzo del profesorado, se ha diseñado una encuesta a través de un formulario online que se pasa en las dos últimas semanas de la asignatura. Los datos se han obtenido de las encuestas pasadas al profesorado participante de los proyectos de innovación docente. Para este análisis solo se han usado los datos obtenidos el primer semestre del curso 2017/18 (8 respuestas).

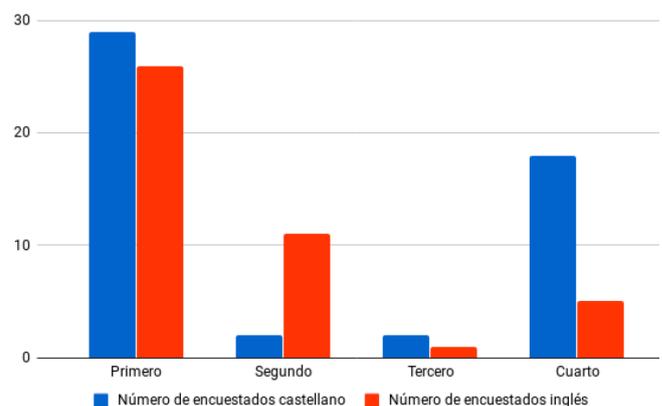


Fig. 1. Encuestados por curso.

III. MOTIVACIÓN DEL ALUMNADO

En esta sección se pretende conocer y valorar la motivación que existe entre el alumnado en cursar una asignatura en inglés.

Para ello, se presentan los datos obtenidos sobre:

- El perfil del alumnado y su nivel de inglés percibido y certificado.
- La motivación del alumnado que ha elegido una asignatura en inglés.
- Las razones por las que el alumnado no elige cursar una asignatura en inglés cuando tienen la oportunidad de hacerlo.

A. Perfil del Alumnado

Primero, se analizan sus datos de entrada a la universidad y su bachillerato de procedencia (bilingüe o no). Segundo, se trata de conocer el número de asignaturas que ya han cursado en inglés durante el grado y cuántas tienen pensado cursar en el futuro.

En cuanto a la nota de entrada a la titulación, el alumnado de los grupos de inglés tienen una nota media mayor (9,27) que el alumnado de los grupos de castellano (8,53).

En relación a la procedencia del alumnado, es interesante conocer si estudiaron un bachillerato bilingüe previamente. Con estos datos, podríamos conocer si el porcentaje de alumnado que cursa las asignaturas ofertadas en inglés pertenecen en gran medida a este perfil de alumnado o no.

La Fig. 2 muestra qué porcentaje de alumnado, de entre el encuestado, proviene de un bachillerato bilingüe, según el tipo de grupo. Aunque es claro que existe un mayor porcentaje de alumnado procedente de bachilleratos bilingües que deciden cursar una asignatura en inglés en lugar de la versión en castellano, todavía es pronto para realizar una comparativa de procedencia de estudios, pues la mayor parte de alumnado aún procede de un bachillerato no bilingüe. Habría que analizar, en tal caso, los motivos que llevan al alumnado que ha estudiado un bachillerato bilingüe a no elegir las asignaturas en inglés.

A continuación se realiza una comparativa para conocer la intención de los estudiantes de los grupos de inglés en continuar cursando asignaturas en inglés durante el resto de sus estudios.

Para ello, la Fig. 3 muestra el número de asignaturas que ya han cursado en inglés y el número de asignaturas que pretenden cursar en el futuro (20 como máximo), separadas

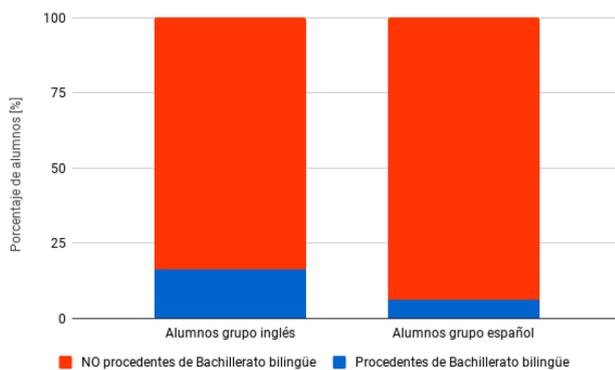


Fig. 2. Procedencia del alumnado.

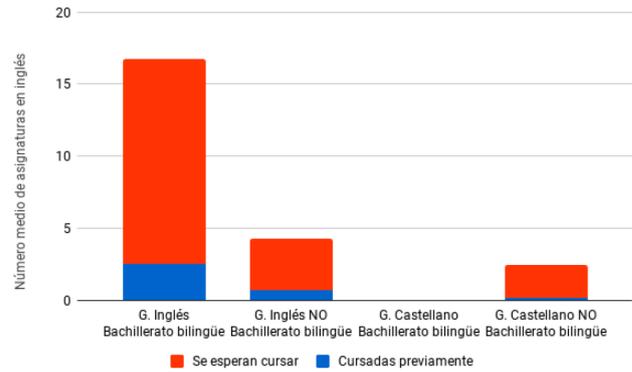


Fig. 3. Asignaturas a cursar/cursadas en inglés.

en dos grupos en función de si el alumnado procede de un bachillerato bilingüe o no.

La principal diferencia entre ambas figuras se puede observar en la intención del alumnado que procede de un bachillerato bilingüe. Aunque es clara la intención de seguir cursando asignaturas en inglés para el alumnado que actualmente lo está haciendo, es remarcable que ningún alumno encuestado que curse asignaturas en castellano tenga la intención de cursar ninguna asignatura en inglés durante el resto de sus estudios. En cuanto al alumnado no procedente de estudios bilingües a nivel de bachillerato, la tendencia es similar en ambos grupos, siendo algo mayor la intención del alumnado que ya pertenece a un grupo en inglés.

B. Nivel de Inglés del Alumnado

Para el alumnado de los grupos en castellano, únicamente se les pregunta por su nivel de inglés percibido, es decir su impresión individual sobre las cuatro aptitudes siguientes: comprensión escrita, comprensión oral, expresión escrita y expresión oral. Mientras que para el alumnado de los grupos en inglés se pretende, además, conocer si disponen de alguna certificación por parte de organismos oficiales.

La Figuras 4 y 5 muestran el porcentaje de alumnado que perciben un determinado nivel de inglés para cada una de las cuatro aptitudes descritas anteriormente. Para el grupo en inglés (Fig. 4), el nivel propio estimado por el alumnado, y por tanto subjetivo, es en todos los casos de un B2 (*Intermedio alto*) o mayor en el 65% de los casos. Es la capacidad de expresión oral en inglés el aspecto que más dificultades presenta, donde un 35% del alumnado indica que considera tener un nivel B1 (*Intermedio bajo*). En general, el nivel es bueno, con un porcentaje significativo de alumnado con nivel C1 o C2.

Es en el grupo de castellano donde el nivel de inglés percibido baja por parte del alumnado encuestado. Aparece el nivel principiante, aumenta el porcentaje de alumnado con nivel elemental (A1/A2) y desaparece el nivel proficiente (C2). En este caso, el nivel intermedio bajo (B1) es el que mayor porcentaje de alumnado utiliza para representar su nivel de inglés en las cuatro capacidades, estableciéndose en un 35% de media por categoría. De nuevo, la expresión oral es la capacidad en la que peor se desenvuelven los estudiantes (27% con nivel principiante o elemental), seguida de cerca por la comprensión oral (21%).

Finalmente, la Fig. 6 desglosa los distintos certificados de los que disponen el alumnado de los grupos de inglés en función de las cuatro categorías anteriormente analizadas.

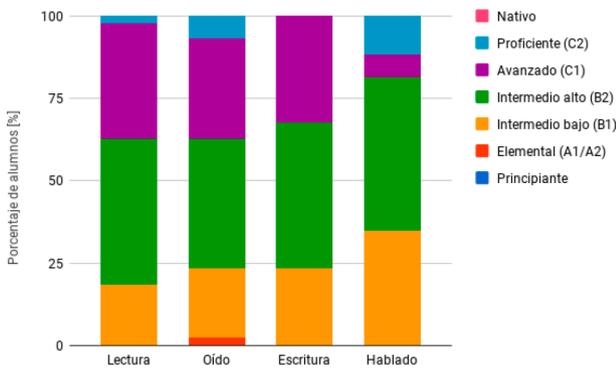


Fig. 4. Nivel de inglés percibido. Grupo inglés.

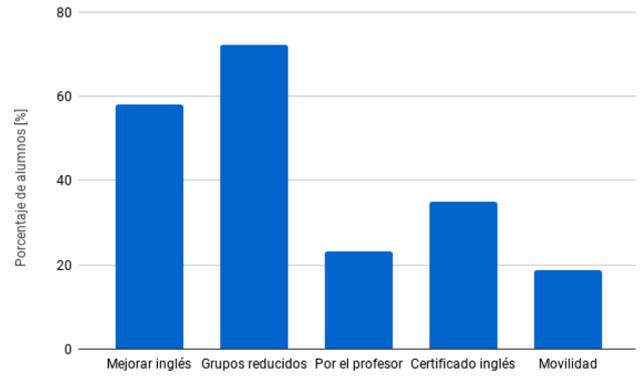


Fig. 7. Motivos de elección asignatura en inglés.

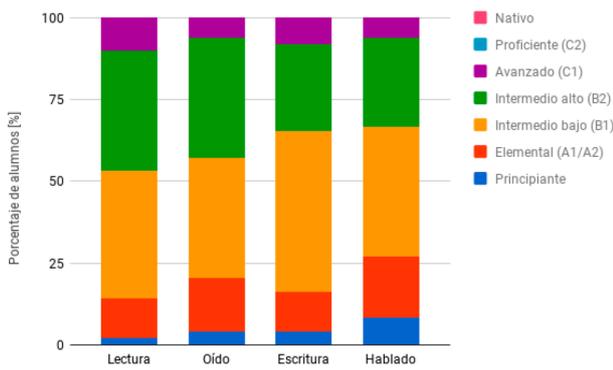


Fig. 5. Nivel de inglés percibido. Grupo castellano.

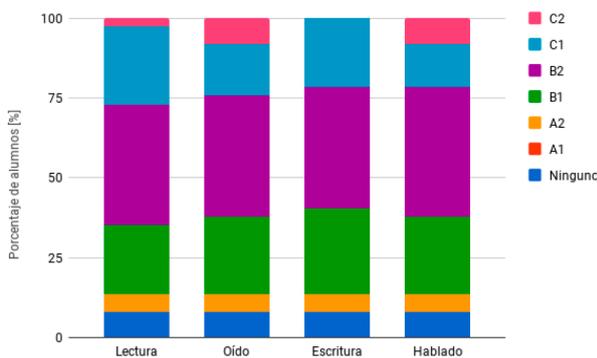


Fig. 6. Inglés certificado. Grupo inglés.

Aunque los resultados son similares a los de la Fig. 4, en esta ocasión aparecen certificados de nivel A2 (nivel elemental) en las cuatro categorías, mientras que cuando se les preguntaba por la percepción de su nivel, únicamente existía un pequeño porcentaje en este nivel (A2) para el caso de la comunicación oral. Además, es necesario comentar que el 8% del alumnado de los grupos de inglés no dispone de certificado oficial de la lengua inglesa. Habría que conocer los motivos de esta situación y el por qué de la elección de las asignaturas en inglés si no disponen de dicha acreditación.

C. Motivación del Alumnado

El último análisis pretende conocer cuáles son las principales motivaciones que llevan a un estudiante a cursar una asignatura en inglés y las barreras por las cuáles el alumnado de los grupos de castellano no prefiere dar el paso.

De la Fig. 7 se puede extraer que el principal motivo por el cual un estudiante prefiere cursar una asignatura en inglés

en lugar de en castellano (72%) se debe a que los grupos son más reducidos, con lo cual la interacción profesor-alumno es más directa y los contenidos se pueden reforzar y adaptar a las necesidades de los propios alumnado para su correcta comprensión. El segundo motivo está relacionado con la mejora del nivel de inglés (58%). El alumnado piensa que el hecho de escuchar el idioma de manera continua y tener que desenvolverse utilizándolo en las clases y los exámenes (hablando y escribiendo) les permitirá conseguir una mejora en el mismo. El hecho de obtener un certificado que acredite que han cursado la asignatura en inglés es de interés para el 35% del alumnado encuestado, mientras que los dos motivos que se encuentran menos valorados (alrededor del 20%) están relacionados con la posibilidad de elegir un profesor distinto al del grupo en castellano o participar en programas de movilidad internacional.

En cuanto a las barreras que indica el alumnado de los grupos en castellano para no cursar las asignaturas en inglés (ver Fig. 8), destaca por encima de todas la preocupación de que esto pueda afectar a su calificación final (63%). Seguidamente, aunque con un porcentaje mucho menor (30%), el segundo motivo es la percepción de que tienen un nivel de inglés insuficiente como para cursar una asignatura completa en inglés.

IV. SATISFACCIÓN DEL ALUMNADO

A. Satisfacción Docencia en Inglés

La primera batería de preguntas está diseñada para evaluar el nivel de satisfacción del alumnado con el desarrollo de la asignatura en inglés. En la Fig. 9 se muestran los resultados. El objetivo es detectar alguna dificultad en el seguimiento de las clases por parte del alumnado.

La escritura en inglés es el único aspecto en el que el 9% del alumnado considera que tiene alguna dificultad.

La segunda batería de preguntas tiene como objetivo recoger opiniones de los estudiantes con respecto al resultado de haber cursado asignaturas en inglés (cuatro últimas preguntas mostradas en Tabla 3). De los datos, mostrados en la Fig. 10, podemos extraer dos conclusiones relevantes.

La primera es que un porcentaje significativo de alumnado (24%) consideran que las clases en inglés suponen un esfuerzo superior a las clases en castellano, mientras un 7% suponen que la evaluación y examen en inglés tiene mayor dificultad. Es importante tener en cuenta que la encuesta se ha realizado con anterioridad a los exámenes finales, aunque algunas asignaturas han realizado exámenes parciales. Por

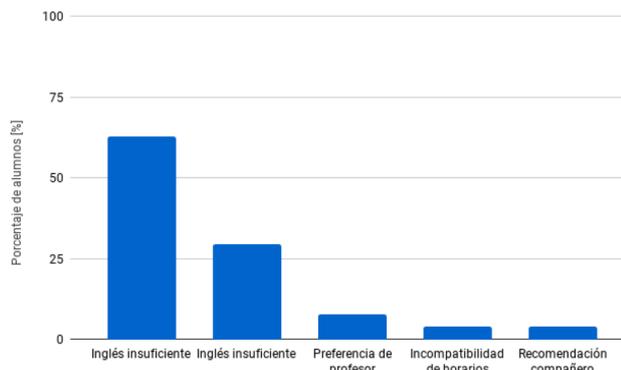


Fig. 8. Barreras para elección asignatura en inglés.

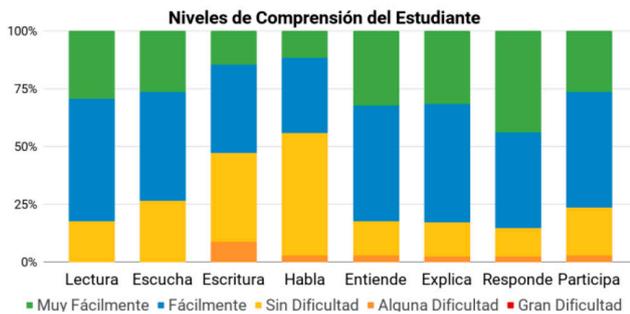


Fig. 9. Satisfacción con docencia en inglés.

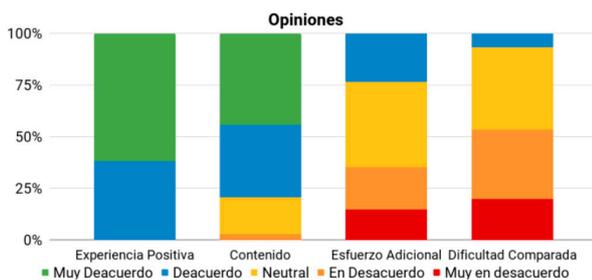


Fig. 10. Satisfacción con las asignaturas.

(49% frente a 38.1%). Aunque no es un aumento significativo, sí pone de relieve que los cursos en inglés, lejos de suponer una dificultad para el alumnado, pueden suponer incluso una ventaja. También cabe señalar que los motivos por los que la tasa de aprobados es mayor podrían tener relación directa con el tamaño más reducido de los grupos, y con el nivel de conocimientos del alumnado que opta por las clases de inglés.

En la Fig. 14 se muestra el porcentaje de alumnado que han obtenido una determinada calificación, sobre el total de aprobados. Se puede observar que las calificaciones en cada rango son similares, aunque cabe destacar que el porcentaje de calificaciones finales del alumnado que cursa la asignatura en inglés es mayor para calificaciones más altas, mientras el alumnado de castellano obtiene calificaciones más bajas. En general, el alumnado matriculado en inglés tiene mejor nota de acceso a la titulación, como se vio en la sección *Motivación del Alumnado*, y esta situación de partida, junto con otros factores discutidos en la sección *Satisfacción del Alumnado*, queda reflejado en las calificaciones finales.

Esfuerzo del Profesorado

En este caso, queremos conocer si la docencia en inglés supone más esfuerzo para el profesorado que la docencia en castellano. En concreto, se les ha pedido valorar (1-5) el

otro lado, todos los estudiantes, sin excepción, consideran que cursar la asignatura en inglés ha supuesto una experiencia positiva o muy positiva para ellos, y que el resultado es que aprenden al menos los mismos contenidos que los estudiantes en castellano.

Finalmente, la Fig. 11 muestra una comparativa de la percepción que tienen el alumnado sobre el contenido de las clases de teoría en castellano e inglés (primer bloque de preguntas de la Tabla 3). Es importante observar que los resultados son muy similares, por lo que parece que el desarrollo de las clases en inglés no tiene un impacto relevante en la satisfacción del alumnado. En el caso de las clases de laboratorio se realizó el mismo estudio que ofrece resultados muy similares (no se incluyen aquí por cuestiones de espacio).

El grado general de satisfacción de los estudiantes con los cursos en inglés es muy bueno, y una gran mayoría volvería a cursar la asignatura en inglés si tuvieran oportunidad (92%), y un alto porcentaje la recomendaría para otros estudiantes (88%). La Fig. 12 muestra estos resultados.

B. Resultados Académicos

A continuación se incluyen los resultados académicos finales en las convocatorias ordinarias del curso.

La Fig. 13 muestra el porcentaje de alumnado presentados frente a no presentados, y el porcentaje de alumnado aprobados frente a suspensos considerando solamente el alumnado presentado. La tasa de presentados es muy alta en

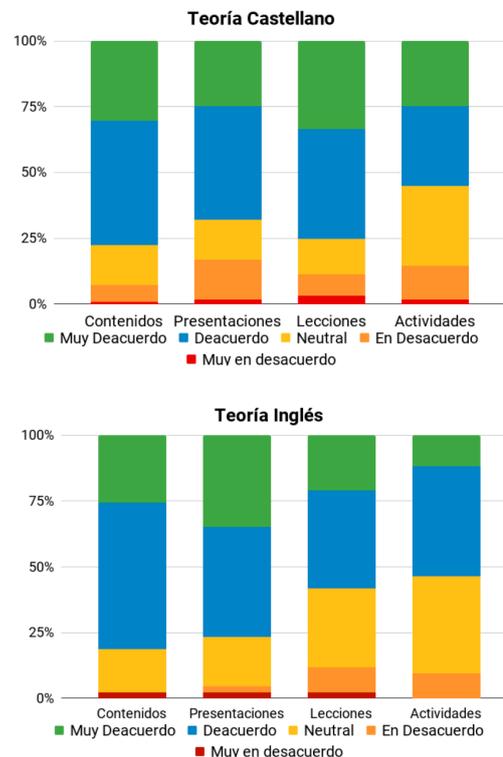


Fig. 11. Satisfacción con las clases de teoría con respecto al contenido y desarrollo.

los cursos de inglés, y considerablemente superior a los de castellano (85.7% frente a 67.8%), lo que supone un éxito en cuanto al convencimiento de los alumnado sobre su propia capacidad de superar la asignatura. Se puede observar que el porcentaje de aprobados en los cursos en inglés es superior



Fig. 12. Satisfacción con el programa bilingüe.

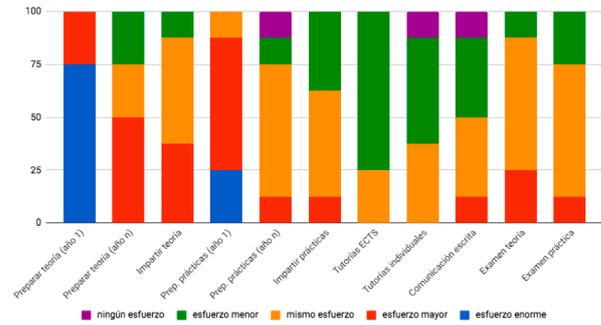


Fig. 15. Esfuerzo docencia en inglés frente a castellano.

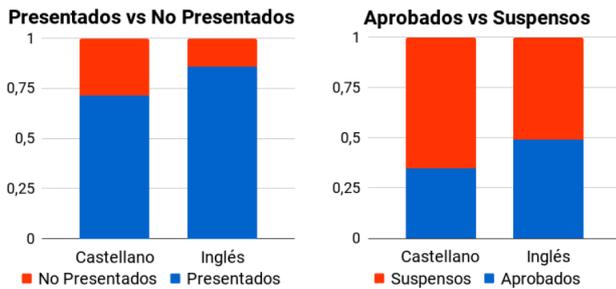


Fig. 13. Resultados comparativos de presentados/no presentados y aprobados/suspensos.

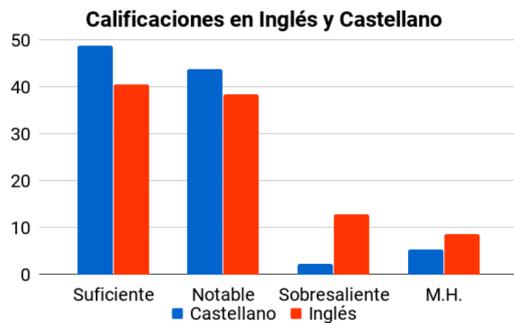


Fig. 14. Calificaciones finales.

esfuerzo invertido en las siguientes actividades con respecto al grupo de castellano:

- Preparar los contenidos de las clases teóricas (el primer año).
- Preparar los contenidos de las clases teóricas (años siguientes).
- Impartir las clases teóricas.
- Preparar las clases prácticas (el primer año).
- Preparar las clases prácticas (años siguientes).
- Impartir las clases prácticas.
- Realizar tutorías ECTS.
- Realizar tutorías individuales.
- Comunicarte con los alumnos en forma escrita (e-mails, foros del aula virtual, etc.).
- Preparar las pruebas de evaluación teórica.
- Preparar las pruebas de evaluación prácticas.

Como se puede observar en la Fig. 15, el profesorado considera que invierte un gran esfuerzo en preparar los contenidos teóricos y prácticos la primera vez. Incluso, un 50% estima que les supondrá un esfuerzo mayor que en castellano preparar los contenidos de las clases teóricas en años venideros. Sin embargo, no ocurre así en la preparación

de las clases prácticas, en las que la gran mayoría considera que les supondrá un esfuerzo parecido al del grupo en castellano (77,5%).

También es reseñable el esfuerzo atribuido a la impartición de clases de teoría en inglés: alrededor de un 40% consideran que supone un esfuerzo mayor que en castellano. Este porcentaje se reduce considerablemente en el caso de la impartición de las prácticas (12,5%).

Finalmente, los aspectos relacionados con la comunicación, las tutorías y la evaluación no parecen suponer un esfuerzo adicional considerable para la mayoría del profesorado.

V. RESUMEN RESULTADOS

Aunque existe un mayor porcentaje de alumnado procedente de bachilleratos bilingües que deciden cursar una asignatura en inglés en lugar de su versión en castellano, todavía es pronto para realizar una comparativa de procedencia de estudios, pues la mayor parte del alumnado aún procede de bachilleratos no bilingües. El alumnado procedente de un bachillerato bilingüe que cursa asignaturas en inglés tiene la intención de seguir haciéndolo a lo largo de sus estudios. El nivel de inglés percibido por el alumnado de los grupos en inglés es, en general, un B2, mientras que el alumnado de grupos en castellano considera que su nivel es B1 de manera generalizada. El principal motivo por el cual un estudiante prefiere cursar una asignatura en inglés en lugar de hacerlo en castellano está relacionado con el hecho de que los grupos sean más pequeños y exista una mayor interacción alumno-profesor. La principal barrera para que un estudiante decida cursar una asignatura en inglés está relacionado con la preocupación de que pueda afectar a su calificación final.

La satisfacción general con los cursos en inglés es buena. Una gran mayoría del alumnado repetirían la asignatura si tuvieran oportunidad y la recomendaría a otros estudiantes. Desde un punto de vista académico, el alumnado cree que ha sido una experiencia positiva o muy positiva. En general, no hay grandes diferencias con respecto a los grupos en castellano en cuanto a dificultad de comprensión, lectura de contenidos y seguimiento de clases. Un porcentaje no significativo (9%) cree que tiene alguna dificultad con la escritura de contenidos en inglés. Aproximadamente una cuarta parte del alumnado (24%) cree que tienen que hacer un esfuerzo extra para aprender asistiendo a las clases en inglés, aunque solamente el 7% piensa que la evaluación será más difícil. En cuanto al contenido y exposición de las clases, tanto teóricas como prácticas, la percepción del alumnado es muy similar en los grupos de castellano e inglés. Tanto la tasa de aprobados, como la de presentados, es superior en los

grupos de inglés. De estos resultados se deduce que cursar la asignatura en inglés no supone ninguna desventaja en cuanto a resultados finales frente a cursar la asignatura en castellano. Incluso el porcentaje de alumnado que obtiene calificaciones más alta es superior en el grupo de inglés.

En cuanto al esfuerzo del profesorado, la preparación de los contenidos de teoría y práctica el primer año de docencia en inglés supone un esfuerzo muy importante. También, se considera que el mantenimiento de estos contenidos de teoría y la impartición de clases de teoría conllevan esfuerzos mayores que la docencia en castellano. El resto de actividades relacionadas con el desarrollo de la docencia, sin embargo, no conllevan un esfuerzo mayor que en castellano.

VI. CONCLUSIONES

En [5] ya reflexionamos sobre incentivos para el alumnado y el profesorado. Algunos de estos incentivos se ven ahora apoyados por los resultados obtenidos en este estudio. Por tanto, aparecen en este caso como acciones recomendadas para mejorar la implantación de la docencia en inglés. Algunas de las cuales son:

- Mejorar la información de las asignaturas ofertadas en inglés para vencer las barreras más comunes que presenta el alumnado. Parece demostrado que la docencia en inglés no impacta negativamente en las calificaciones finales obtenidas por el alumnado; sin embargo, su percepción parece ser otra diferente.
- Publicitar el grado bilingüe en todos los bachilleratos bilingües de la región con el fin de atraer más estudiantes con experiencia previa en el uso del inglés en docencia.
- Apoyo al profesorado para la traducción o elaboración de los materiales de teoría y práctica durante el primer curso con docencia en inglés.

- Asesoría y formación en la impartición de docencia en inglés. Dentro del proyecto, se ha desarrollado una experiencia de evaluación y asesoramiento individual en la impartición de clases en inglés por parte de un profesor nativo.

Hasta ahora, hemos recopilado datos de dos cursos académicos; por lo tanto, uno de nuestros retos más inmediatos consiste en obtener más y mejores datos del alumnado y el profesorado para una monitorización más completa de la docencia en inglés.

Adicionalmente, analizar otras instituciones permitiría obtener una visión más global de la docencia en inglés en la universidad.

REFERENCIAS

- [1] Grupo de Trabajo de Internacionalización de Universidades. Estrategias de Internacionalización de las Universidades Españolas 2015-2020. Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, Octubre 2014.
- [2] David Fernández Lanvín y Javier de Andrés Suárez, *Docencia en inglés en asignaturas de ingeniería informática: experiencia práctica*. En Actas de las XV Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2009, páginas 263-270, Barcelona, Julio 2009.
- [3] David G. Rosado, José Antonio Cruz-Lemus, Isabel De Sivatte y Eduardo Fernández-Medina, *Aseguramiento y Mejora de la Calidad de la Opción Bilingüe del Grado y el Máster Semipresencial en Ingeniería Informática*. En Actas de las XX Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2014, páginas 167-174, Oviedo, Julio 2014.
- [4] Teresa Morell, Marian Aleson-Carbonell, David Bell, Pilar Escabias, Manuel Palazón y Rosa M. Martínez-Espinosa. *English as the medium of instruction: a response to internationalization*. En Actas de la XII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria, 2014, páginas 431-434, Alicante, Julio 2014.
- [5] Roberto Rodríguez-Echeverría, José M. Conejero, Álvaro E. Prieto, Cristina Vicente-Chicote, Jaime Galán, *Lost in translation? Reflexiones sobre la puesta en marcha de programas bilingües en grados de informática*, En Actas de las XXIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2017, páginas 51-58, Cáceres, Julio 2017.



Juan Antonio Rico Gallego es Doctor en Ingeniería Informática por la Universidad de Extremadura desde 2016, donde desarrolla su labor docente como profesor Contratado Doctor. Es miembro del Grupo de Ingeniería de Medios (GIM) de esta universidad. Ha realizado labores profesionales como consultor de software. Actualmente, sus principales líneas de investigación se centran en la optimización de rendimiento de aplicaciones

paralelas en plataformas heterogéneas de altas prestaciones y paralelización de aplicaciones de aprendizaje automático. Otros intereses de investigación comprenden la evolución y actuales retos en el desarrollo de software para plataformas Exascale.



Roberto Rodríguez Echeverría es profesor Contratado Doctor de la Universidad de Extremadura (UEX) y miembro del grupo Quercus de Ingeniería de Software de esta universidad.

Sus principales líneas de investigación son el Desarrollo de Software Dirigido por Modelos, Ingeniería Web, Modernización de Sistemas Software y Datos Abiertos. Es autor de más de 50 artículos científicos publicados en revistas y conferencias internacionales de prestigio. Ha participado en más de una decena de proyectos de investigación nacionales e internacionales y en más de una treintena de contratos de I+D con empresas. Adicionalmente, entre el 2004-2019, ha ocupado diferentes cargos de gestión dentro del Vicerrectorado de Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Universidad de Extremadura.



Fernando Sánchez Figueroa (Trujillo, 1968) es Profesor Titular de Universidad del Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos de la UEX y se encuentra acreditado como catedrático. Es presidente y co-fundador de la spin-off Homería Open Solutions con la que ha participado en 3 proyectos de I+D del VII Programa Marco de la UE. Es autor de más de 50 artículos científico-técnicos y ha firmado una veintena de contratos de I+D con entidades tanto privadas como públicas.



Jaime Galán-Jiménez recibió su título de Doctor por la Universidad de Extremadura en 2014, donde desarrolló su labor docente como profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos. En el año 2018 recibió el premio a la excelencia docente por la Universidad de Extremadura. Durante los últimos años, ha realizado distintas estancias de investigación en la Universidad de Roma La Sapienza y en la Universidad de Roma Tor Vergata, Italia. Actualmente, sus principales líneas de investigación están relacionadas con la planificación y el diseño de redes 5G, la provisión 5G en zonas rurales y de bajos recursos, redes definidas por software, virtualización de red y redes móviles oportunistas.



Juan Carlos Preciado es profesor Contratado Doctor en la Universidad de Extremadura, con los títulos de Doctor Europeo (con sobresaliente cum laude) en Ingeniería de Sistemas, Ingeniero en Informática e Ingeniero Técnico en Informática de Gestión. Actualmente compagino mi actividad académica, científica y profesional, con las funciones directivas en la Universidad desempeñando el cargo de Vicerrector de Calidad de la UEx. Durante

los últimos 8 años he sido Adjunto al Rector y Vicerrector. Soy miembro del comité de la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR para la normalización de las tecnologías de Ciudades Inteligentes en todas las categorías. Con una intensa trayectoria en investigación, en las áreas de Desarrollo de los datos intensivos de Software, Desarrollo Dirigido por Modelos, Ingeniería Web, Smart Cities & Ambient Intelligence y Business Intelligence & Business Analytics. He escrito publicaciones relevantes en revistas y libros internacionales y cuenta con artículos publicados en congresos y conferencias de alto nivel relacionadas con las áreas de Ingeniería de

Sistemas, Ingeniería de Software y Smart Cities. Soy miembro de Quercus Software Engineering Group de la UEx. He participado en 3 proyectos del FP7, en uno de ellos (BPM4People FP7-SME-2011- 285929) como IP del socio Universidad de Extremadura. En 2008 creamos la Spin-off Homeria Open Solutions, S.L., con el ánimo de transferir tecnología desde la Uex al tejido productivo. La spin-off está participando en 2 proyectos del FP7, SmartWater4Europe (FP7- ENV 2013 Water Inno Demo – 619024) y Cubrik (FP7-ICT-2011-7-287704).

He participado en contratos con entidades públicas o privadas. He sido IP en muchos de ellos. En total se han superado el 1.000.000 de euros de captación. Actualmente se cuenta con 1 patente concedida y en explotación empresarial y 4 propiedades intelectuales registradas, una de ellas ha sido transferida recientemente mediante contrato con la Universidad a la spin-off Homeria para que la explote con el cliente Burger King, a nivel Europa, para la visualización de datos.

Capítulo 9

Enseñando circuitos eléctricos a estudiantes de secundaria a través de una aplicación para dispositivos móviles

Roberto F. García Mena, Milagros Huerta Gómez de Merodio

Title— Using a mobile phone app to teach electric circuits to secondary students.

Abstract— It has been observed that the study of electric circuit theory can be a problem for secondary students. Furthermore, in many cases students learn to apply formulas without any real understanding of their meaning. For this reason, the implementation of a gamification method for teaching circuit theory is described in this paper. We created an application for Android mobile devices that allows simple electric circuits to be solved. This application has a tutorial, in both English and Spanish, to make it easier to use. When this method was applied in practice, students had to use the simulator to answer questions designed to test their knowledge.

Keywords— App Inventor, educational innovation, electric circuit, gamification, mobile phone

Abstract— Se ha observado que el estudio de la teoría de circuitos eléctricos puede ser un problema para los alumnos de secundaria. Además, en muchos de los casos, los alumnos aprenden a aplicar las fórmulas sin entender realmente su significado. Es por esto que, en este trabajo, se describe cómo se ha implementado un método basado en la gamificación para la enseñanza de la teoría de circuitos. Con este propósito se ha creado un simulador para dispositivos móviles Android que permite la resolución de circuitos eléctricos sencillos. Esta aplicación contiene un tutorial tanto en español como en inglés para facilitar su uso. Durante la realización de la práctica, los alumnos tuvieron que usar el simulador para responder a una serie de preguntas diseñadas para poner a prueba sus conocimientos.

Keywords— App Inventor, innovación docente, circuitos eléctricos, gamificación, teléfono móvil

I. INTRODUCCIÓN

NO sería descabellado decir que en el mundo actual estamos constantemente sometidos a una enorme cantidad de estímulos audiovisuales. No importa si estás en casa o en la calle, en la televisión, en una valla publicitaria o en internet, continuamente hay cientos de empresas y personas compitiendo por captar nuestra atención. Esto es tan cierto para los adultos como para los más jóvenes. No obstante, cuando los alumnos entran en clase, se les

intenta aislar del exterior, por ejemplo, prohibiendo el uso del teléfono móvil en los institutos.

Si bien esto puede ayudar, se sabe que la capacidad de atención de los alumnos en clase se limita a unos pocos minutos. De hecho, este tiempo es incluso menor cuando las materias se imparten exclusivamente mediante clases magistrales. En este contexto, se llama clase magistral a aquella en la que el profesor transmite el conocimiento en forma de discurso y los alumnos actúan únicamente como receptores del mensaje. Es por esto que, para atraer la atención de los alumnos, una de las posibles soluciones es la utilización en el aula de distintas metodologías tales como experimentos o cuestionarios [1].

En este caso, la metodología que se va a utilizar es la gamificación, cuya eficacia está siendo estudiada en la actualidad tanto para atraer la atención de los alumnos como para hacer que aprendan contenido [2].

En concreto, la experiencia que se ha diseñado consiste en la realización de un concurso de preguntas y respuestas para comprobar los conocimientos de los alumnos sobre la teoría de circuitos eléctricos. Con este propósito, se han creado un simulador de circuitos para teléfonos móviles Android y una presentación de diapositivas en las que se recogen las preguntas y las respuestas del concurso. Además, cada respuesta va acompañada de una demostración o de alguna pista para facilitar la resolución de las cuestiones. En la sección III se hablará más en detalle de la app y en la IV se hablará de la presentación.

Esta experiencia se ha probado por primera vez en el Instituto Provincial de Educación Permanente (IPEP) de Cádiz, aunque ha sido diseñada para poder ser implementada en centros donde no se disponga de acceso a ordenadores personales para los alumnos.

Se ha optado por crear una aplicación móvil para Android por dos razones. Por un lado, en España, prácticamente todos los adolescentes de entre 10 y 14 años tienen teléfono móvil inteligente [3]. Parece un desperdicio tener toda esa tecnología al alcance de la mano y no utilizarla en clase [4]. Por otro lado, entre los sistemas operativos, Android es con diferencia el más usado. En 2015, en España, la cuota de mercado de este sistema era aproximadamente del 85% siendo su principal competidor iOS con un 12%. En concreto, en la clase del IPEP donde se ha llevado a cabo la experiencia, todos los alumnos tenían teléfonos inteligentes Android, así que como mínimo había que desarrollar la aplicación para este sistema operativo.

II. OBJETIVOS

Para tratar de resolver la problemática descrita, se han planteado los siguientes objetivos:

- Atraer al alumnado mediante nuevas tecnologías.
- Permitir el trabajo colaborativo.
- Enseñar la física de los problemas y no solo las fórmulas.
- Permitir a los alumnos crear sus propios problemas.
- Aprovechar la tecnología en centros con pocos recursos.

A. Atraer al alumnado mediante nuevas tecnologías

Como ya se ha mencionado anteriormente, cada vez es más raro encontrar un alumno que no disponga de un teléfono móvil inteligente. Además, la potencia de estos es cada vez mayor llegando incluso a sobrepasar en capacidad de cálculo a los ordenadores convencionales de hace algunos años. Es por esto que, para este trabajo, se ha diseñado un simulador de circuitos eléctricos que puede funcionar en este tipo de dispositivos.

Los alumnos están acostumbrados a usarlos cada vez más [5], y disfrutan de ello. Sin embargo, el uso de estos dispositivos está restringido o incluso prohibido en muchos centros. Uno de los objetivos de esta práctica es atraer la atención de los alumnos permitiéndoles utilizar sus propios dispositivos móviles en el aula.

B. Permitir el trabajo colaborativo

Para la realización de esta actividad los alumnos deben trabajar en pequeños grupos (2 o 3 alumnos). En realidad, esto no es indispensable y se puede llevar a cabo de forma individual, pero se ha optado por esta estrategia por varias razones.

En primer lugar, para facilitar la labor de corrección. Durante la realización de la práctica, se solicita a los alumnos que construyan una serie de circuitos que deben cumplir ciertas características. Para ello usan el simulador diseñado para este propósito. Al finalizar, el docente debe encargarse de validar las respuestas de los alumnos. Mientras menor es la cantidad de grupos que hay en clase, más rápido se les puede atender. Esto es importante ya que cada pregunta tiene un límite de tiempo y, si la respuesta que obtienen no es válida, deben seguir trabajando lo antes posible.

Además, permite a los alumnos compartir los recursos. Si alguno no dispone de un dispositivo compatible con la aplicación, puede trabajar en el de un compañero.

Por último, fomenta el trabajo en equipo. El trabajo en equipo es una habilidad importante y siempre es bueno que los alumnos la practiquen. Además, la formación de equipos es una oportunidad para que colaboren alumnos con diferentes capacidades, permitiendo que aprendan unos de otros. De hecho, hay estudios que han demostrado la eficacia del trabajo colaborativo a la hora de aprender el contenido de asignaturas del ámbito científico y tecnológico [6].

C. Enseñar la física de los problemas y no solo las fórmulas

Uno de los problemas que es posible encontrar en las clases de ciencias, es que los alumnos no comprendan realmente los fenómenos físicos que representan las ecuaciones. En el caso

de la teoría de electricidad, los alumnos pueden aprender a aplicar las fórmulas de asociación en serie y en paralelo, pero no entender las implicaciones que este tipo de conexiones tienen a la hora de montar un circuito real.

Entender conceptos como caída de tensión o corriente eléctrica son tan necesarios como saber calcularlos, a la hora de diseñar un circuito eléctrico. Es por esto que, durante la práctica, los alumnos pueden usar un simulador que se encarga de realizar todos los cálculos. De esta forma, se intenta conseguir que los alumnos tengan que centrarse en entender la física y el funcionamiento del circuito.

D. Permitir a los alumnos crear sus propios problemas

Para realizar la práctica, los alumnos deben aprender a utilizar un simulador de circuitos en su teléfono móvil. Usando este simulador, los alumnos pueden comprobar sus ejercicios sin necesidad de intervención del profesor. No solo eso, aquellos que quieran pueden diseñar sus propios ejercicios con el nivel de dificultad que consideren apropiado. Esto permite un aprendizaje más personalizado pudiendo cada alumno adquirir el conocimiento a un ritmo distinto. Además, a la hora de preparar los exámenes, nunca se quedarán sin ejercicios para repasar, ya que siempre pueden crear uno nuevo y comprobar sus soluciones.

Por otra parte, tener el simulador en el móvil permite a los alumnos estudiar sin necesidad de modificar sus hábitos. No importa si estudian en casa, en la biblioteca o incluso en clase de problemas, siempre pueden tener la aplicación al alcance de la mano [7].

E. Aprovechar la tecnología en centros con pocos recursos

Por último, otro de los objetivos que se persigue con este trabajo es que se pueda implementar en centros con pocos recursos.

No en todos los centros se tiene acceso a un taller y, aunque se tenga, no siempre están equipados con lo necesario para realizar prácticas de electricidad. En estos casos, el uso de simuladores es una alternativa. No obstante, históricamente, los simuladores se han diseñado para usarse en ordenadores [8]. Esto, de nuevo, puede ser un problema cuando el centro no cuenta con recursos informáticos suficientes.

Por todo esto, se ha diseñado la aplicación para que se pueda ejecutar en teléfonos móviles inteligentes, ya que es una tecnología que ya poseen casi todos los alumnos.

III. APLICACIÓN MÓVIL

Como ya se ha mencionado anteriormente, para la realización de esta práctica se ha diseñado un simulador para teléfonos móviles. Ha sido programado usando la aplicación web App Inventor [9]. App Inventor está pensado para crear aplicaciones para dispositivos Android. En este caso, en lugar de escribir el código usando texto, como se hace en un lenguaje de programación convencional, el programa se crea a partir de una serie de piezas que deben arrastrarse y unirse como un puzzle. Este sistema está especialmente diseñado para programadores novatos, por lo que es muy fácil de usar.

Como contrapartida, el principal problema que tiene App Inventor es que la cantidad de herramientas es muy limitada cuando se pretende usar para crear algo más complejo.

En los siguientes apartados se describe el funcionamiento de la aplicación. También se habla de algunas de las dificultades que se han encontrado para crearla y cómo se han solucionado.

A. Interfaz

La interfaz de la aplicación se ha pensado para que sea intuitiva y fácil de usar en una pantalla táctil. Es por esto que se ha intentado evitar el uso de submenús y gestos que requieran mucha precisión por parte del usuario.

En la Figura 1 se puede ver el menú de inicio de la aplicación. Se han utilizado botones grandes y un diseño minimalista para hacerlo todo lo más intuitivo posible.

En el menú se puede elegir entre cuatro opciones. El botón superior da acceso al simulador, que es el que han usado los alumnos para la realización de la práctica. El botón central es un tutorial en el que se muestra cómo se usa la aplicación mediante un ejemplo práctico. El siguiente apartado es un selector de idioma. Se ha optado por un menú muy visual en el que los idiomas están representados por banderas. Por último, hay un apartado de créditos donde se recogen los nombres de las personas que han contribuido a la creación de la aplicación.

En el apartado del simulador, se ha optado también por usar una estética lo más simple posible. Como se muestra en la Figura 2, todas las opciones tienen un botón independiente. Esto ha permitido eliminar prácticamente todos los submenús



Fig. 1. Menú de inicio

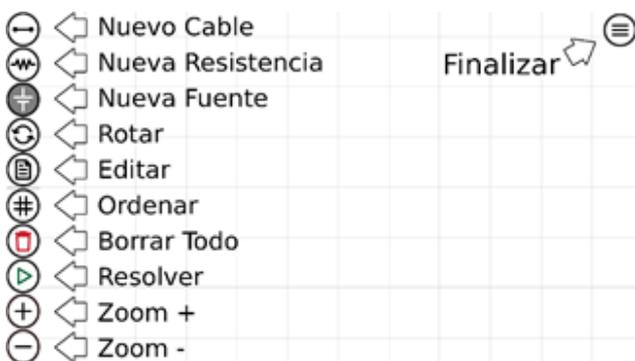


Fig. 2. Simulador

de la interfaz. De esta forma los alumnos tienen todas las herramientas a un solo toque. Esto es especialmente importante ya que la actividad consiste en un concurso de velocidad y hay un tiempo máximo para resolver cada pregunta.

Uno de los problemas de usar App Inventor es la dificultad para dibujar los circuitos. En este caso, cada componente debe dibujarse por separado. Inicialmente se pensó en usar un tipo de objeto llamado ImageSprite. Este tipo de objetos sirve para crear imágenes que se pueden mover por la pantalla fácilmente. Por otro lado, no se pueden crear automáticamente y hay que crear a mano todos los que se van a usar. El problema es que no es posible saber cuántos componentes va a utilizar el usuario. Es por esto que se ha decidido no usarlos.

Finalmente, la solución que se ha encontrado es crear cada componente utilizando la función DrawLine. Esta función permite dibujar una línea en la pantalla. Como datos de entrada se necesitan las coordenadas de los puntos inicial y final de cada línea.

Como ejemplo, en la imagen izquierda de la Figura 3, se muestran los puntos necesarios para dibujar las cuatro líneas que componen el símbolo de una fuente de tensión. En la imagen de la derecha se muestran los parámetros geométricos necesarios para realizar el dibujo.

En la Tabla I se muestran las coordenadas de los distintos puntos. Estas coordenadas se han medido a partir de la esquina superior izquierda y suponiendo que el cuadro delimitador es de 2x2.

Por último, hay que tener en cuenta que el usuario puede rotar, mover y cambiar el tamaño de cada componente. De esta forma, las coordenadas finales de cada punto (x_f , y_f) se calculan usando la Ecuación 1. (x , y) son los valores mostrados en la Tabla I, (x_0 , y_0) son las coordenadas del punto de la esquina superior izquierda dentro de la pantalla, T es el tamaño del componente en píxeles y $M(\theta)$ es la matriz de giro que aparece en la Ecuación 2. En este caso, θ es la orientación del componente medida en sentido horario.

De forma similar se calculan los puntos de las resistencias. Dibujar los cables es algo más sencillo ya que únicamente

$$\begin{pmatrix} x_f \\ y_f \end{pmatrix} = \frac{T}{2} \cdot \left(M(\theta) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} - 1 \right) + 1 + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$M(\theta) = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \quad (2)$$

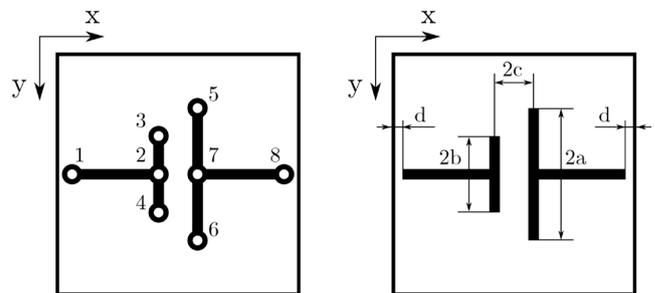


Fig. 3. Puntos de la fuente

TABLA I
COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE LA FUENTE

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8
x	d	1 - c	1 - c	1 - c	1 + c	1 + c	1 + c	2 - d
y	1	1	1 - b	1 + b	1 - a	1 + a	1	1

son cuatro líneas que van desde el centro del cuadro hasta cada uno de los bordes.

B. Funcionamiento

Como ya se ha mencionado anteriormente, la función principal de la aplicación es la de resolver circuitos eléctricos sencillos. En la Figura 2 se ven todos los controles de la interfaz.

Lo primero que hay que hacer es crear el circuito eléctrico. Para ello se pueden usar tres tipos de componentes: resistencias, cables y una fuente de tensión. Se empieza seleccionando el componente que se quiere añadir y luego se pulsa en la pantalla para colocarlo. Cada componente se dibuja dentro de un cuadro. El circuito se forma uniendo varios cuadros como si fuese un puzzle. Los cables se conectan automáticamente por cualquiera de sus lados pero los demás componentes hay que girarlos para que se conecten correctamente. Por último, se puede cambiar el valor de las resistencias y el voltaje de la fuente.

En la Figura 4 se puede ver un circuito dibujado en el simulador. No es necesario colocar cada componente exactamente en su posición final, con una aproximada es suficiente. De esta forma se pueden dibujar los circuitos de una manera más rápida y sencilla en una pantalla táctil.

Para resolver el circuito hay que pulsar el botón con el icono verde en forma de triángulo. Opcionalmente, se puede ordenar el circuito pulsando el símbolo # antes de resolverlo. De esta forma se puede observar si hay algún elemento mal conectado.

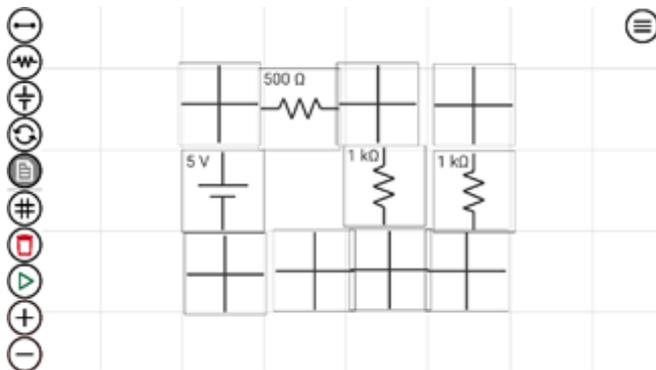


Fig. 4. Circuito sin resolver

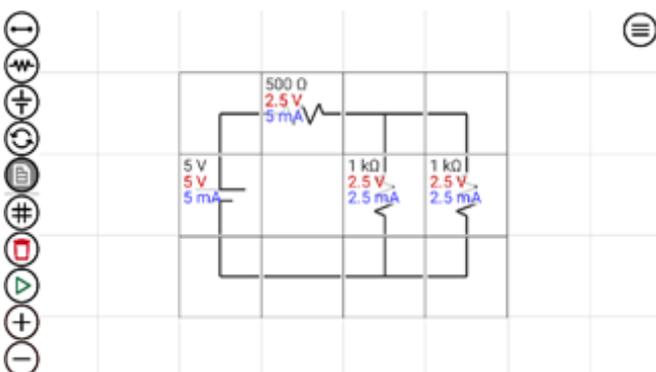


Fig. 5. Circuito resuelto

En la figura 5 se puede ver un circuito resuelto. Sobre cada componente aparece una marca con la intensidad que lo atraviesa y el voltaje que cae entre sus terminales.

Internamente el programa utiliza la ley de nodos, también llamada primera ley de Kirchhoff. De hecho, el nombre de la aplicación es “Kirchhoff” por este motivo. Usando este método matricial se calcula la tensión en cada nodo del circuito. Con estos datos puede obtenerse el voltaje que cae en cada componente restando la tensión de los dos nodos entre los que se conecta. Por último, se calcula la corriente que atraviesa cada resistencia usando la ley de Ohm. Para saber la intensidad que genera la fuente se suman las corrientes de todos los componentes que se conectan a uno de sus terminales.

IV. METODOLOGÍA

La experiencia que se ha diseñado consiste en un concurso de preguntas y respuestas para alumnos de secundaria. En este concurso los alumnos tienen que dibujar en la aplicación una serie de circuitos que cumplan ciertas condiciones. Para ello, se forman pequeños grupos de 2 o 3 personas. Los alumnos tienen que encontrar la solución a cada problema dentro de un tiempo determinado. Cuando lo consiguen, el profesor tiene que revisarla para asegurarse de que la respuesta es válida. Si no lo es, pueden continuar intentándolo hasta que encuentren la correcta o se acabe el tiempo.

Al final de cada ronda, se anotan los grupos que han resuelto el problema y el orden en el que lo han hecho.

Los problemas se van mostrando a toda la clase usando un proyector y una presentación de diapositivas. Antes de comenzar a trabajar cada nuevo problema, los alumnos tienen unos segundos para verlo. En ese momento, el profesor puede comentar las principales características que debe cumplir la solución. Además, los alumnos podrán decidir si quieren borrar el circuito que han dibujado en el apartado anterior, o si prefieren solo modificarlo. Después de asegurarse de que todos hayan entendido el problema, el profesor pone en marcha el cronómetro y los alumnos pueden comenzar a trabajar. Si algún alumno toca su teléfono antes de tiempo, su grupo debe borrar todo lo que tengan ya dibujado.

Al final de la sesión, los grupos reciben puntos en función de lo rápidos que han sido en cada ronda. Lógicamente, gana el grupo que más puntos consigue.

A. Preguntas

Para la realización de esta práctica, las preguntas se han agrupado en distintas temáticas. En concreto, los temas que se han tratado son los siguientes:

- Prueba
- Dibujo
- Ley de Ohm
- Conexión en serie
- Conexión en paralelo

La pregunta de prueba es un ejemplo que los alumnos resuelven con la ayuda del profesor para aprender a manejar la aplicación.

Las preguntas de dibujo se dividen a su vez en dos tipos. En el primer tipo se debe copiar un circuito a partir de una imagen tomada directamente de la aplicación. Con estos ejercicios los alumnos aprenden a trabajar con el simulador

de forma independiente. En el segundo tipo deben copiar un circuito a partir de su esquema. Para ello los alumnos deben saber identificar dibujos de circuitos equivalentes.

En los siguientes apartados las preguntas son similares. En todas falta, al menos, una resistencia. Los alumnos deben encontrar el valor de dichas resistencias para que se cumplan algunas condiciones.

En la Figura 6 se muestra uno de los problemas de asociación en serie. En este caso había que encontrar el valor de una resistencia para conseguir una caída de tensión de 6V entre sus terminales.

En la figura 7 se puede ver la solución del problema anterior. Además de una captura de pantalla con el resultado, cada solución incluye una pequeña explicación o una demostración con la clave para resolver el ejercicio.

B. Evaluación

En la asignatura en la que se ha llevado a cabo la práctica, la nota se calcula teniendo en cuenta tres cosas: exámenes, notas de clase y asistencia. En concreto, el resultado de este ejercicio se ha incluido dentro del apartado de notas de clase. Este apartado cuenta hasta un 40% de la nota final del alumno.

Para calcular la nota de la práctica, se le ha dado a cada grupo una cantidad de puntos en función de la velocidad a la que ha respondido cada pregunta. De esta forma, el primer grupo que termina recibe la máxima puntuación. Al siguiente se le da un punto menos, al siguiente otro punto menos y así hasta llegar al último que recibe solo un punto. Si un grupo no completa la prueba en el tiempo establecido, no recibe puntos en esa ronda.

Al final, el grupo que ha obtenido la máxima puntuación ha recibido también la máxima nota en la actividad. Los demás grupos han recibido una nota proporcional a la puntuación que han conseguido.

V. RESULTADOS

Antes de empezar a comentar los resultados obtenidos con este trabajo, hay que tener en cuenta que no se ha podido implementar con muchos alumnos.

La experiencia se ha llevado a cabo en el nivel II de la ESPA (Educación Secundaria para Personas Adultas) del IPEP de Cádiz. Se ha realizado en el tercer trimestre del curso académico 2017/2018. En concreto, se ha incluido como una actividad de repaso al final del tema de electricidad y electrónica. Por la situación especial de este centro, los resultados no se pueden extrapolar a un centro de secundaria normal, pero da una idea de lo que puede suceder con esos alumnos.

Con respecto a la participación, han asistido seis alumnos a la sesión en la que se ha realizado la prueba. Por esta razón se han formado tres grupos de dos alumnos cada uno. En total se han respondido en clase 8 preguntas de las 15 que se han preparado. Finalmente, el problema principal ha sido la falta de tiempo, a pesar de que los alumnos han querido seguir concursando incluso fuera del horario de clase.

En la Tabla II se recogen los resultados finales obtenidos por los distintos grupos. Para ello se ha puntuado a los alumnos siguiendo el sistema descrito anteriormente en el apartado IV-B.

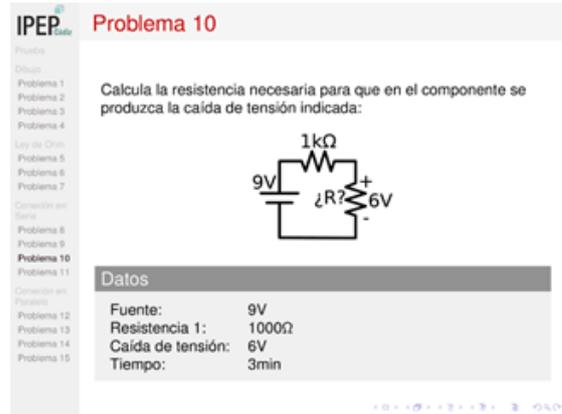


Fig. 6. Enunciado de un problema

TABLA I. RESULTADOS FINALES

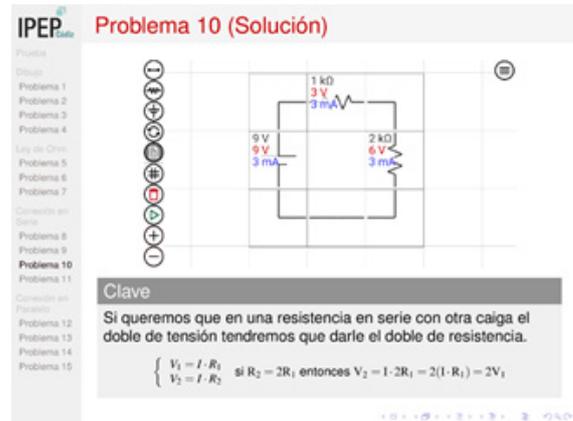


Fig. 7. Solución del problema

TABLA II
RESULTADOS FINALES

Puesto	Grupo	Puntos
I	2	19
II	1	16
III	3	7

VI. CONCLUSIONES

Se puede decir que la experiencia ha sido bastante satisfactoria ya que se han conseguido cumplir prácticamente todos los objetivos propuestos.

Se ha conseguido atraer la atención de los alumnos. Los alumnos han mantenido la concentración durante todo el tiempo que ha durado la actividad, en este caso 55 minutos. Se ha observado que no solo prestan atención a las preguntas, sino que se esfuerzan por comprender las explicaciones que acompañan a las soluciones. De hecho, los alumnos han estado tan concentrados que han querido seguir trabajando incluso tras acabar la clase.

También se ha fomentado el trabajo colaborativo. Cada grupo ha trabajado de forma diferente, pero todos los alumnos han tenido que cooperar con su compañero de grupo para resolver los problemas en el tiempo que tenían. No solo eso, también se ha observado que la competición ha sido un instrumento de motivación muy útil. Se ha notado que, en las últimas rondas, la concentración de los grupos que competían

por el primer puesto aumentó visiblemente. Además, estos grupos han sido los que más interés han mostrado en continuar con la competición fuera del horario de clase.

Por otro lado, parece que los alumnos han comprendido la física de los problemas. Esto se ha notado especialmente en el apartado de la conexión en serie. Las preguntas se han diseñado de forma que sean fáciles de responder si realmente se entiende cómo funciona la electricidad. Es por esto que todos los grupos terminaron la última pregunta en aproximadamente la mitad del tiempo que tenían disponible. Cuando se les ha preguntado la razón por la que encontraron la respuesta tan rápido, los alumnos han respondido que habían comprendido como se repartía la tensión entre varios componentes conectados en serie.

El cuarto objetivo propuesto seguramente ha sido el que menos se ha conseguido. En este caso, el bajo ratio de alumnos por clase hace que sea más fácil para los docentes proporcionar una atención personalizada. Es por esto que, aunque los alumnos pueden crear sus propias actividades para repasar, es poco probable que lo necesiten. No obstante, en un instituto convencional esto puede ser una ventaja interesante.

Por último, el objetivo de aprovechar la tecnología disponible también se ha conseguido. Aunque el IPEP dispone de aulas de informática, se ha llevado a cabo la actividad sin necesidad de usarlas. Además, los alumnos han disfrutado pudiendo utilizar sus propios dispositivos y, aunque existen simuladores más potentes para ordenador, normalmente no están pensados para ser tan rápidos de usar como el que se ha creado para esta práctica.

VII. LÍNEAS FUTURAS

A la vista de los resultados, hay algunos cambios que pueden aplicarse para mejorar la experiencia y para obtener más datos con el fin comprobar su eficacia. Entre estos se encontrarían:

- Llevarla a cabo en otros grupos con más cantidad de alumnos.
- Obtener datos de grupos de control para comparar.
- Medir los tiempos de las pruebas para comprobar si la velocidad de los alumnos mejora con la práctica.

También hay algunas modificaciones que se pueden hacer a la aplicación para mejorarla. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Añadir una sección de teoría directamente en la aplicación.

- Incluir un sistema automático de recogida de datos para que el profesor no tenga que ir de uno en uno comprobando las soluciones.
- Implementar las preguntas y respuestas en la propia aplicación para que los alumnos puedan jugar posteriormente en su casa.
- Añadir un sistema de guardado para que los alumnos puedan recuperar los circuitos que han creado.
- Incluir otros idiomas además de español e inglés.

AGRADECIMIENTOS

Al MIT por el premio “MIT APP INVENTOR APP OF THE MONTH, MAY 2018” concedido a la aplicación desarrollada para este proyecto.

A mi tutor Sergio Rodríguez Fernández y a todo el equipo del IPEP de Cádiz por la ayuda prestada para poder llevar a cabo esta experiencia.

REFERENCIAS

- [1] D. M. Bunce, E. A. Flens, and K. Y. Neiles, “How long can students pay attention in class? A study of student attention decline using clickers,” *J. of Chemical Edu.*, vol. 87(12), pp. 1438-1443, 2010.
- [2] H. A. Spires, “Digital game-based learning,” *J. of Adolescent & Adult Literacy*, vol. 59(2), pp. 125-130, 2015.
- [3] Ditrendia, “Informe Mobile en España y en el Mundo 2016”, 2016. [Online]. Available at: <https://ditrendia.es/wp-content/uploads/2016/07/Ditrendia-Informe-Mobile-en-Espa%C3%B1a-y-en-el-Mundo-2016-1.pdf> [Accessed: 14 May 2018]
- [4] M. G. Alonso de Castro, “Educational projects based on mobile learning,” *Teoría De La Educación: Educación y Cultura En La Sociedad De La Información*, vol. 15(1), pp. 10-19, 2014.
- [5] M. S. Ramírez-Montoya and F. J. García-Peñalvo, “La integración efectiva del dispositivo móvil en la educación y en el aprendizaje,” *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 20(2), pp. 29-47, 2017.
- [6] S. R. Jebson, “Impact of cooperative learning approach on senior secondary school students performance in mathematics,” *Ife Psychologia*, vol. 20(2), pp. 107-112, 2012.
- [7] F. J. García Peñalvo, J. C. Sánchez Prieto, and S. Olmos Migueláñez, “Understanding mobile learning: Devices, pedagogical implications and research lines,” *Teoría De La Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 15(1), pp. 20-42, 2014.
- [8] D. Pederson, “A historical review of circuit simulation,” *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 31(1), pp. 103-111, 1984.
- [9] “MIT App Inventor j Explore MIT App Inventor”, *Appinventor.mit.edu*, 2018. [Online]. Available at: <http://appinventor.mit.edu/explore/>. [Accessed: 19 May 2018].

Capítulo 10

Una Nueva Herramienta CAD para Asistir a Estudiantes de Diseño Industrial en la Realización de Esquemas Eléctricos -- CADDI

Patricia Ruiz and Bernabé Dorronsoro

Title—A New CAD Tool to Assist Industrial Design Engineering Students in the Implementation of Electrical Diagrams -- CADDI

s y trabajo futuroexplicativos con CADDI de de Ingenier

Abstract— The subject *Industrial Design* taught in most of the engineering degrees is composed of several parts. One of those parts consists in the creation of electrical diagrams and its transformation to other type of diagrams. Depending on the degree, students often find difficulties in understanding electrical diagrams. Moreover, the available practical resources for the students is scarce, thus a didactic tool that can automatically generate the ladder diagram out of the wiring diagram would be extremely useful for them in their studies. Unfortunately, such a tool does not exist yet. We present in this paper a novel CAD tool that offers this functionality. In this work we present CADDI, a tool designed to help students better understanding wiring and ladder diagrams. In CADDI, the user can either draw the ladder diagram using its graphical interface, or code the wiring diagram using a novel simple programming language, and it will automatically generate its corresponding ladder diagram. The mentioned new language was especially designed for this purpose by the students of Automata Theory and Formal Languages subject, from Computer Science Engineering degree of the University of Cádiz. In order to make CADDI accessible to all students, it was implemented as a web page. The tool is a great assistance for students. Since its implementation, the students use it regularly during their studies.

Keywords— Industrial design, electrical diagrams, Computer Aided Design, programming languages.

Abstract— La asignatura de Dibujo Industrial que se imparte en la mayoría de las ingenierías está dividida en varias partes. Una de ellas consiste en la realización de esquemas eléctricos y su transformación a otro tipo de esquemas. Dependiendo del grado en el que nos centremos, encontramos estudiantes que tienen grandes problemas para entender cómo se realizan los esquemas eléctricos. Además, los recursos disponibles para que los estudiantes puedan practicar la realización de estos esquemas es muy escasa, por lo que una herramienta didáctica que sea capaz de generar automáticamente esquemas explicativos a partir de esquemas de realización sería muy útil para los estudiantes. Desafortunadamente, esa herramienta no existe. En este trabajo presentamos CADDI, una herramienta diseñada para ayudar a los estudiantes a comprender los esquemas explicativos y de realización. En CADDI, el usuario puede tanto dibujar el circuito usando su interfaz gráfica, como programar el diagrama

de realización utilizando un sencillo lenguaje de programación que generará automáticamente el correspondiente esquema explicativo. Este nuevo lenguaje de programación ha sido diseñado específicamente con este propósito por los estudiantes de Teoría de Automatas y Lenguajes Formales del grado de Ingeniería Informática de la Universidad de Cádiz. Para hacer que CADDI sea accesible para el mayor número de estudiantes posible, se ha concebido en una página web. Esta herramienta es de gran ayuda para los estudiantes. Desde que se ha creado los estudiantes la utilizan con asiduidad.

Keywords— Diseño industrial, diseño de circuitos, diseño asistido por ordenador, lenguajes de programación

I. INTRODUCTION

LOS estudiantes de ingeniería deben haber adquirido, al final del grado, multitud de competencias diferentes. Una de ellas es la capacidad de escribir, firmar, y desarrollar proyectos para la construcción, reparación, creación o ensamblado de equipos mecánicos o sistemas eléctricos y electrónicos, plantas industriales, o procesos automatizados. Para ello, es esencial fomentar las capacidades de visión espacial, así como enseñarles técnicas para la representación gráfica usando tanto los métodos convencionales (geometría) como aplicaciones de diseño asistido por ordenador (CAD). Cualquier ingeniero debe ser capaz de leer, entender y preparar tanto planos como esquemas, y diseñar productos que puedan ser fabricados en serie. Esta es la razón por la que se puede encontrar en la mayoría de los grados de ingeniería la asignatura *Diseño Industrial* (DI) [1]. En la Universidad de Cádiz (UCA), esta asignatura se compone de tres partes claramente diferenciadas. Un primer bloque centrado en el diseño mecánico. Un segundo bloque centrado en el diseño eléctrico y un tercer bloque de diseño electrónico. En este trabajo nos centramos en la parte eléctrica, en la que se les enseña a los estudiantes cómo transformar un esquema eléctrico de realización en otro explicativo, y viceversa (explicados en la siguiente sección). Los estudiantes, especialmente los del grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del producto encuentran grandes dificultades en la parte eléctrica y electrónica de la asignatura. Uno de los principales problemas encontrados, además del hecho de que muchos de los estudiantes no están familiarizados con los conceptos básicos de electricidad, es la escasez de recursos disponibles para que los alumnos

puedan practicar en casa. Al final del semestre, se les pasa una encuesta de satisfacción a los estudiantes, donde entre otras cosas se les piden sugerencias para mejorar la calidad/metodología de la asignatura. Generalmente, más del 90% de los estudiantes solicitan más ejercicios resueltos de este tipo, entre otras cosas.

En este trabajo, presentamos una novedosa herramienta CAD, llamada *CADDI*, para asistir a los estudiantes de DI en la implementación de un esquema de realización y su transformación en el esquema explicativo. La creación de esta nueva herramienta didáctica está motivada por la ausencia de herramientas similares. No existe ninguna aplicación que permita diseñar un esquema de realización y que automáticamente lo transforme a explicativo. Además, una herramienta como ésta no sólo brinda a los estudiantes la posibilidad de crear cualquier esquema eléctrico de realización, sino también comprobar si la transformación en un esquema explicativo realizada por ellos de manera manual es correcta, corroborando así si los conocimientos adquiridos durante el proceso de aprendizaje de la asignatura.

Esta herramienta se ha creado en colaboración con los estudiantes del Grado en Ingeniería Informática de la UCA. En concreto, los estudiantes de la asignatura *Teoría de Automatas y Lenguajes Formales (TALF)* [2], [5]. En esta asignatura aprenden cómo crear lenguajes formales para definir lenguajes de programación [6], [8]. Los estudiantes tienen una serie de sesiones prácticas donde crean nuevos lenguajes de programación. En el contexto de este trabajo, se les pidió diseñar un lenguaje de programación específico y fácil de usar para la creación de esquemas de realización en *CADDI*, de forma que pueda ser utilizado para su transformación en un esquema explicativo.

Este artículo se organiza de la siguiente manera. A continuación, se explican los dos tipos de esquemas eléctricos que consideramos en este trabajo. La Sección III presenta *WDLang*, el nuevo lenguaje de programación creado para la representación de esquemas eléctricos. Posteriormente, en la Sección IV se explica la interfaz gráfica de *CADDI* así como sus dos modos de funcionamiento distintos desarrollados para el diseño de esquemas eléctricos. Finalmente, en la última sección se presentan nuestras principales conclusiones y se identifican posibles líneas de trabajo futuro.

II. TIPOS DE ESQUEMAS ELÉCTRICOS

Los esquemas eléctricos son representaciones abreviadas y simbólicas que dan información sobre la interacción entre componentes de circuitos eléctricos mediante información de sus conexiones físicas [7].

Hay diferentes tipos de esquemas eléctricos. Dependiendo del objeto, es decir de la misión que tiene que cumplir el esquema, se pueden clasificar en tres tipos: i) esquemas *de realización*, ii) esquemas *explicativos*, y iii) *esquemas mixtos*. En este trabajo nos vamos a centrar en los dos primeros tipos ya que son los más utilizados. El primero proporciona, generalmente, información sobre la localización física relativa y la distancia relativa de los diferentes componentes del dispositivo, o de la instalación. Es de gran utilidad durante la construcción de sistemas eléctricos, además de para la localización de problemas (para comprobar que todas las conexiones son correctas). El segundo tipo de esquemas, los explicativos, da información sobre la funcionalidad de

los componentes y las dependencias entre ellos, y ayuda en la comprensión del comportamiento operativo del circuito. Hay algunas reglas generales para la creación de esquemas como, por ejemplo, representar los conductores con líneas horizontales o verticales (nunca curvas), evitar el cruce de conductores en los esquemas en los esquemas explicativos, o que los distintos elementos de un mismo componente (por ejemplo, los interruptores y la bobina en un relé) pueden representarse separados en los esquemas explicativos, pero han de representarse obligatoriamente juntos de los de realización.

La Figura 1 muestra un ejemplo de un esquema de realización. Representa el circuito eléctrico típico de las escaleras de un edificio. Como se puede observar en la figura, el esquema a simple vista no explica el comportamiento operativo del circuito, pero muestra la posición física relativa de los componentes.

La Figura 2 presenta el esquema explicativo correspondiente al esquema de realización mostrado en la Figura 1. Como se puede observar, se representa una línea horizontal por cada conjunto de elementos que tienen dependencias.

El principal objetivo de *CADDI* es ayudar a los estudiantes de ingeniería en la comprensión de la técnica para transformar esquemas de realización en esquemas explicativos. Es una gran aportación en el entorno docente debido a la ausencia de herramientas similares, resultando además muy útil para comprender la funcionalidad del circuito representado. Como se ha mencionado con anterioridad, los esquemas de realización se utilizan para indicar la localización física relativa de los componentes del sistema, pero no están concebidos para dar información clara sobre la funcionalidad del circuito, por lo que son esquemas complementarios.

III. WDLANG: UN NUEVO LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA LA DESCRIPCIÓN DE ESQUEMAS ELÉCTRICOS

Existen herramientas CAD comerciales para crear esquemas eléctricos y diseñar sistemas eléctricos. Podemos

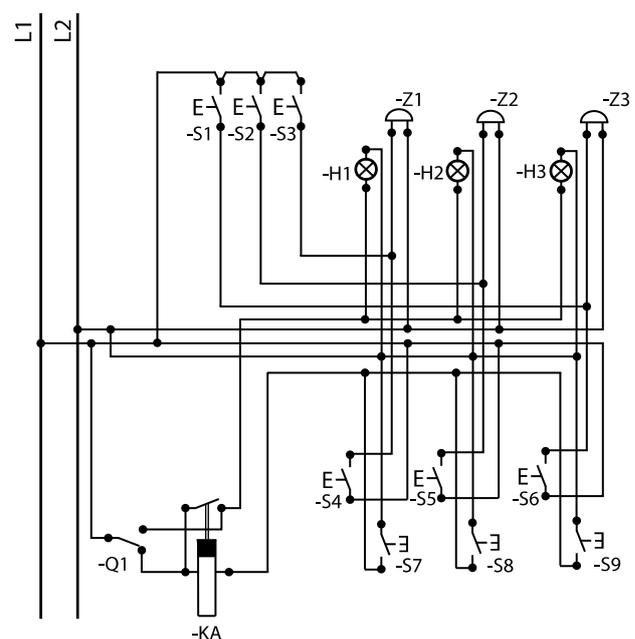


Figura 1. Esquema de realización del circuito eléctrico de las escaleras de un edificio.

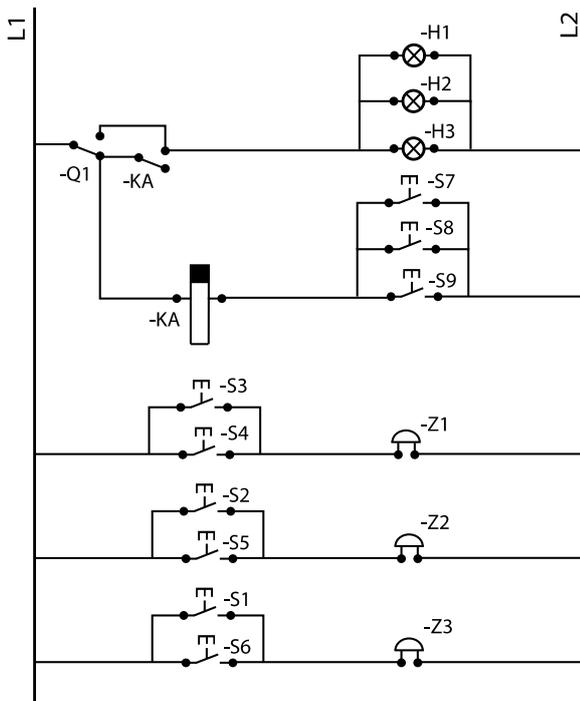


Figura 2. Esquema explicativo correspondiente al esquema de realización del circuito eléctrico de las escaleras de un edificio presentado en la Figura 1.

encontrar dos tipos de herramientas: i) aquellas que son muy básicas sólo para dibujar gráficamente el esquema y sin mostrar ningún tipo de funcionalidad o detección de errores [9], [10] y [11] y ii) herramientas más complejas para diseño profesional de sistemas incluyendo simulación y validación para encontrar inconsistencias del sistema para las que son necesarias un gran dominio de la electricidad [12], [13] y [14]. Por lo tanto, estas herramientas no son útiles desde un punto de vista educativo, y es necesario crear una herramienta propia.

Para poder realizar la transformación gráfica de un esquema de realización en uno explicativo se deben definir las relaciones y las conexiones entre los componentes que conforman el circuito. En una de las prácticas de la asignatura TALF, se les pidió a los estudiantes el diseño de un nuevo lenguaje de programación para representar esquemas eléctricos, diseñado a medida para sus compañeros de los otros grados de ingeniería. Esta práctica supone un trabajo completo muy enfocado a un caso concreto, que permite a los estudiantes aprender la importancia y trascendencia de la asignatura, que a menudo consideran una asignatura teórica sin aplicaciones prácticas. El trabajo requiere distintas habilidades por parte del estudiante que se consideran importantes para cualquier ingeniero en informática, como son los conocimientos en ingeniería del software y en programación o cómo crear documentación y un manual de usuario. Además, el trabajo potencia la creatividad y la capacidad de resolución de problemas del estudiante.

Además de la alta expresividad del lenguaje de programación, su facilidad de uso se presentó como un requerimiento de diseño, ya que los estudiantes que lo usarán tienen generalmente bajos conocimientos de programación. En contraste con lo que se puede pensar, este requerimiento supuso al principio una dificultad considerable para los estudiantes, acostumbrados al uso de lenguajes de programación complejos que requieren la definición de variables, sus tipos, constantes, estructuras, funciones,

objetos, etc., e inicialmente propusieron soluciones similares para el lenguaje requerido. Los estudiantes trabajaron por parejas, con el propósito de estimular discusiones entre ellos que les pudieran llevar a diseños de alta calidad. Se les pidió que incluyeran sólo unos pocos elementos eléctricos en su lenguaje, de entre todos los existentes. Tuvieron que restringirse a los siguientes doce elementos: lámpara, interruptor, enchufe, pulsador, relé, minuterio, fusible, sensor, timbre, regulador de potencia, sensor de movimiento, y cerradura eléctrica. La razón de crear esta lista reducida de elementos es no abrumarles con demasiados componentes eléctricos, cuya funcionalidad no entienden en muchos casos. Una vez que el lenguaje de programación está creado, es sencillo enriquecerlo con más elementos, siguiendo la misma sintaxis diseñada.

Entre las trece propuestas presentadas, se construyó finalmente un lenguaje con las mejores características de los diseños propuestos por los estudiantes, desde nuestro punto de vista. Lo hemos llamado *Wired Diagrams Language*, *WDLang*. El principal objetivo es el diseño de un lenguaje de programación de fácil uso, altamente expresivo, sin ambigüedades, y correcto. Nuestro lenguaje es simplemente una secuencia de instrucciones simples: no existen funciones, bucles, estructuras condicionales, o declaraciones de variables. Hay una instrucción por cada componente eléctrico, que identifica el tipo componente de manera unívoca, así como las conexiones a otros elementos del esquema. Cada instrucción incluye el tipo de componente seguido de un identificador único, y de una secuencia de conectores, que representan unívocamente las conexiones del elemento correspondiente. Por lo tanto, un componente determinado se representa de la siguiente manera:

$$\text{tipo_ID}(C_ID1, C_ID2, \dots)$$

donde ID, ID1, e ID2, son identificadores únicos (para cada elemento). Presentamos en el Algoritmo 1 el código WDLang correspondiente al esquema de ejemplo mostrado en las figuras 1 y 2. Como puede verse, las instrucciones comienzan por el tipo de elemento, seguido del carácter '_' y de un identificador único (que en este ejemplo se establece que sea el mismo que las etiquetas del esquema mostrado). A continuación, entre paréntesis se indican los nudos eléctricos a los que dicho elemento está conectado por cada uno de sus terminales. Por tanto, la instrucción 3 del Algoritmo 1 significa que la lámpara H_1 está conectada a la línea de alimentación L_2 y además, al nudo eléctrico C_1, al que H_2, H_3, KA_1 y Q_1 están también conectados. WDLang admite comentarios como los empleados en el lenguaje de programación C: bien escribiendo '/' al principio de la línea o bien encerrando un número de líneas consecutivas entre '/*' y '*/'.

La lista de componentes disponibles en WDLang, así como su tipo y número de conectores que posee cada uno, se muestra en la Tabla II. En general, todos los componentes tienen 2 bornes a excepción de:

1. Interruptor: el tercer borne podría estar desconectado si fuera necesario (por ejemplo, cuando el interruptor se usa para abrir o cerrar un circuito).
2. Relé: puede tener entre 4 y 18 bornes. Los dos primeros se corresponden con las conexiones de alimentación de la bobina, mientras que el resto de las conexiones se

ALGORITMO 1.
CÓDIGO DE EJEMPLO DEL ESQUEMA DE LA FIGURA 1

Comandos utilizados para crear el esquema
1: Q_1(L_1, C_1, C_2) // Interruptor
2: KA_1(C_2, C_3, C_2, C_1) // Minutero
3: H_1(C_1, L_2) // Tres lámparas, conectadas en paralelo
4: H_2(C_1, L_2)
5: H_3(C_1, L_2)
6: S_7(C_3, L_2) // Tres interruptores conectados en paralelo
7: S_8(C_3, L_2)
8: S_9(C_3, L_2)
// Dos interruptores en paralelo, conectados entre Z_1 y L_1
9: S_3(L_1, C_4)
10: S_4(L_1, C_4)
11: Z_1(C_4, L_2)
// Dos interruptores en paralelo, conectados entre Z_2 y L_1
12: S_2(L_1, C_5)
13: S_5(L_1, C_5)
14: Z_2(C_5, L_2)
// Dos interruptores en paralelo, conectados entre Z_3 y L_1
15: S_1(L_1, C_6)
16: S_5(L_1, C_6)
17: Z_3(C_6, L_2)

corresponden con sus interruptores. Un relé puede tener entre 1 y 8 interruptores asociados.

3. Minutero o relé retardado: tiene las mismas conexiones que un relé.
4. Regulador de potencia: tiene seis bornes. Los dos primeros son las conexiones de alimentación. Los dos siguientes son para el alumbrado, mientras que los dos últimos bornes se utilizan para conectar los pulsadores.
5. Sensor de movimiento: tiene seis bornes. Como en todos los casos anteriores, los dos primeros son empleados para la alimentación. Los dos siguientes se usan para conectar dispositivos de iluminación o acústicos, mientras que los dos últimos bornes se utilizan para conectar los sensores de movimiento.

IV. DISEÑO DE ESQUEMAS EXPLICATIVOS CON CADDI

CADDI se ha diseñado como una página web con el fin de hacerlo accesible al mayor número de estudiantes posible. Se ha implementado utilizando la librería JointJS [4], que ofrece una completa API para la visualización e interacción con esquemas y grafos.

Con CADDI se pueden crear esquemas eléctricos explicativos de dos formas distintas. Por un lado, podemos hacer uso de su interfaz gráfica para la construcción del esquema. Por otro lado, podemos emplear el lenguaje de programación WDLang identificando todos los componentes

TABLA II
LISTA DE SÍMBOLOS DISPONIBLES Y SU TIPO, TAL Y COMO ESTÁN DEFINIDOS EN WDLANG

Componente	Tipo	Nº de bornes
Lámpara	H	2
Enchufe	X	2
Timbre	Z	2
Interruptor	Q	3
Pulsador	S	2
Relé	K	[4, 18]
Minutero	KA	[4, 18]
Fusible	F	2
Sensor	d	2
Regulador de potencia	PR	6
Sensor de movimiento	B	6
Cerradura eléctrica	E	2

e indicando sus conexiones. Ambos métodos están descritos en las subsecciones siguientes.

A. Construcción de Esquemas Eléctricos Explicativos con el Interfaz Gráfico de CADDI

La web de CADDI ofrece un gran menú de componentes eléctricos, así como un lienzo para el diseño de circuitos eléctricos. Inicialmente, el lienzo sólo contiene dos líneas, representando L1 y L2, una a cada lado del lienzo. Además, a ambos lados del lienzo se encuentran unos paneles que contienen todos los componentes que se pueden utilizar. Simplemente pinchando con el ratón sobre estos componentes, se añadirán al lienzo. Los elementos pueden moverse por el lienzo, y conectarse a otros elementos. Para hacer una conexión, basta con arrastrar con el ratón desde el conector de un componente hasta el del otro, o hasta L1 o L2. Los componentes se pueden mover o rotar sin romper sus conexiones. Se pueden eliminar tanto los componentes como las conexiones de forma sencilla (al poner el ratón sobre el elemento aparece una 'x' que lo elimina al pulsarla). El lienzo puede limpiarse de todos los elementos simplemente haciendo click sobre él con el botón derecho del ratón.

También pueden asociarse dos elementos de manera que exista una dependencia funcional entre ellos. El caso más común es el de los relés. Los interruptores de un relé no se accionan manualmente, sino que cambian su posición cuando se excita la bobina asociada. Cuando ésta deja de estar excitada, los interruptores vuelven a su posición de reposo. En CADDI esta dependencia funcional se consigue colocando un elemento sobre el otro en el lienzo. Si colocamos un interruptor encima de una bobina, el identificador del interruptor cambiará inmediatamente y pasará a tener el mismo identificador que la bobina asociada.

La Figura 3 muestra una captura de pantalla del interfaz gráfico de CADDI.

B. Construcción de Esquemas Eléctricos Explicativos con WDLang

La web de CADDI ofrece al usuario la posibilidad de cargar un fichero de texto con el esquema eléctrico de realización programado en WDLang. El algoritmo 1 es un ejemplo de cómo se programa el circuito de la Figura 1 en CADDI. Al subir el fichero, CADDI lo procesa y muestra el esquema explicativo correspondiente. En el caso de nuestro ejemplo, la salida que mostraría CADDI se correspondería con la Figura 2. El esquema se puede modificar muy fácilmente, bien añadiendo elementos, borrándolos, o modificando las conexiones entre ellos, tal y como se describe en la Sección IV.A.

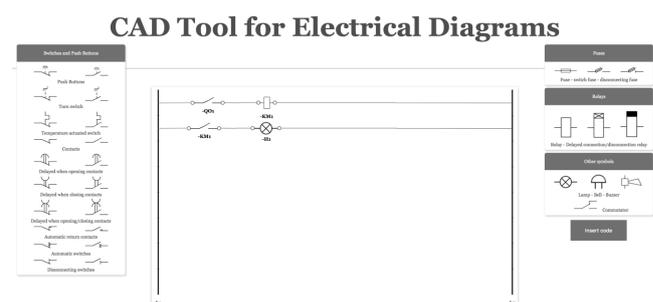


Figura 3. Interfaz gráfico de CADDI

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se propone CADDI, una novedosa herramienta CAD para el diseño de esquemas eléctricos y su transformación de esquemas de realización, en esquemas explicativos. Esta herramienta ayudará a los estudiantes de ingeniería a comprender los conceptos de parte de la asignatura de Diseño Industrial, así como a comprobar si el conocimiento adquirido de esquemas eléctricos es correcto o no. Gracias a CADDI, los estudiantes tendrán ayuda en la resolución de esquemas eléctricos, de forma que pueden programar un esquema eléctrico de realización utilizando un novedoso lenguaje de programación, y CADDI generará automáticamente el esquema eléctrico explicativo equivalente. El lenguaje de programación, llamado WDLang, ha sido especialmente diseñado para esta causa por estudiantes de Teoría de Automatas y Lenguajes Formales, del grado en Ingeniería Informática.

Como trabajo futuro, nos proponemos incluir más funcionalidades en CADDI, como por ejemplo cambiar los símbolos de los elementos al pulsar sobre ellos con el ratón, o marcar los diferentes componentes cuando son activados por el paso de la electricidad. Además, sería de gran utilidad incluir la capacidad de detectar automáticamente la corrección del esquema.

ACKNOWLEDGMENT

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por MINECO y FEDER gracias a los contratos TIN2014-60844-R (el proyecto SAVANT) y RYC-2013-13355. Los autores agradecen el apoyo de la Universidad de Cádiz, mediante el proyecto de innovación docente sol-201700083122-tra.



Dr. Patricia Ruiz es ingeniera en telecomunicaciones por la Universidad de Málaga (2009), España y doctora en informática por la Universidad de Luxemburgo (2013).

Ella trabajó en el centro público de investigación Henri Tudor en Luxemburgo en un proyecto europeo por el que le galardonaron con un premio nacional al mejor trabajo fin de carrera de la fundación Telefónica. Consiguió una beca predoctoral en la Universidad de Luxemburgo, donde realizó su tesis doctoral y después un postdoc. En 2015 obtuvo un contrato Juan de la Cierva-formación del plan estatal de Investigación Científica y Técnica de Innovación, y también consiguió una plaza de profesor en el departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Universidad de Cádiz a la que pertenece desde entonces. Las áreas de investigación más relevantes en las que trabaja incluyen el transporte sostenible, las redes móviles ad hoc y técnicas de optimización. En los últimos años se ha especializado en el desarrollo de algoritmos de comunicación utilizando metaheurísticas multi-objetivo para sistemas distribuidos. Es coautora de un libro publicado en Wiley/IEEE Communication Society, tiene varias publicaciones en revistas internacionales de alto impacto, así como en conferencias internacionales muy relevantes en el área de investigación.

La Dr. P. Ruiz trabaja como evaluadora experta de proyectos europeos del H2020 y revisora habitual y organizadora de números especiales en revistas internacionales de reconocido prestigio. Además, es activa en la organización de eventos científicos internacionales tales como sesiones especiales, summer schools y workshops en conferencias de prestigio.

REFERENCES

- [1] J. Heskett, *Industrial Design (World of Art)*. 1980.
- [2] J. E. Hopcroft, R. Motwani, J. D. Ullman. *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*, Addison-Wesley, Inc. Boston, MA, USA, 2006.
- [3] Estándar ISO 14617. *Símbolos Gráficos para Esquemas*. 2017.
- [4] Librería JointJS. <https://www.jointjs.com/>. Último acceso en junio de 2018.
- [5] Meduna, A., *Automata and Languages, Theory and Applications*, Springer-Verlag, 2000.
- [6] Turbak, F., Gifford, D., *Design Concepts in Programming Languages*, The MIT Press, 2008.
- [7] Estándar UNE-EN ISO 61082-1. *Preparación de documentos usados en electrotecnología. Rules*. 2015.
- [8] Watt, D. A., *Programming Language Design Concepts*, Wiley, 2006.
- [9] EZ Schematics. Wade Instruments and Service, Inc. url: http://www.wadeinstruments.com/ez_schematics/description.htm. Last accessed Dec 2018.
- [10] Electrical Schematics Sketching Software. EdrawSoft. url: <https://www.edrawsoft.com/electrical.php>. Last accessed Dec 2018.
- [11] Electra E8. Radica software. <https://radicasoftware.com/index.php>. Last accessed August 2018.
- [12] The Constructor. CMH Software, Inc. url: <https://www.cmhsoftware.com/constructor.html>. Last accessed August 2018.
- [13] Automation Studio P6 Professional Edition. Famic Technologies Inc. url: <https://www.famictech.com/pro/Electrical.html>. Last accessed August 2018.
- [14] elecworks. Trace Software International. url: <http://www.tracesoftware.com/elecworks/electrical-cad-software-advantages>. Last accessed August 2018.



Dr. Bernabé Dorrnsoro received the degree in engineering (2002) and the Ph.D. in Computer Science (2007) from the University of Málaga (Spain), and he is currently working at the University of Cádiz (Spain). His main research interests include sustainable computing, Grid computing, ad hoc networks, the design of new efficient metaheuristics, and their application for solving complex real-world problems in the domains of logistics, telecommunications, bioinformatics, combinatorial, multiobjective, and global optimization. Among his main successful publications, he has over 15 articles in high-impact journals and two authored books. Dr. Dorrnsoro has been member of the organizing committees of many conferences, workshops, and summer schools, and he usually serves as reviewer for leading impact journals and conferences.

Página en Blanco

Capítulo 11

Entrenador de comunicaciones digitales basado en FPGA controlado mediante LabVIEW

Oswaldo González, Manuel Rodríguez, Alejandro Ayala, Silvestre Rodríguez, Beatriz R. Mendoza

Title—Training System for Digital Communications Learning Based on FPGA and LabVIEW.

Abstract—This paper describes the design and implementation on FPGA (Field Programmable Gate Array) of a training system for learning the basics about digital communications. The developed system is able to generate the main digital modulated signals (ASK, FSK, BPSK, M-PSK, M-QAM) and it also contains an optimum receiver for demodulating these signals when they are corrupted by AWGN (Additive White Gaussian Noise). An AWGN generator is included into the same FPGA in case an external one is not available. Moreover, a software tool developed in LabVIEW is provided to analyze the different signals at the modulator and the demodulator. This work constitutes a tool for helping students to improve their understanding and learning about digital communication. Nevertheless, its design and implementation could also be focused as a Final Graduate Project for a bachelor's degree in Electronics Engineering. The project covers several topics on communications, signal processing, digital-to-analog conversion and programming in LabVIEW, as well as design and synthesis over logic devices by using hardware description languages. Therefore, it allows the student to go into the previous topics in a greater depth and it prepares him/her for applying the knowledge of them in the achievement of a specific objective. On the other hand, the project constitutes the solution of a non-trivial problem by using digital techniques, then making the student more confident to cope with new challenges in the future. From an educational point of view, this tool has been used in digital communication courses to assess its ability to improve students' learning. It has been demonstrated an above 30% enhancement on academic students' marks in digital communication topics since the introduction of practical sessions with this tool as part of subject program.

Keywords—Digital Communication, Engineering Education, Educational Technology

Resumen—Este trabajo describe el diseño e implementación en FPGA (*Field Programmable Gate Array*) de un entrenador para el aprendizaje de los conceptos básicos sobre sistemas de comunicación digital. El sistema implementado permite generar los principales tipos de señales de modulación digital (ASK, FSK, BPSK, M-PSK, M-QAM) y dispone de un receptor óptimo para la demodulación de señales corrompidas por ruido AWGN (*Additive White Gaussian Noise*). La propia FPGA incluye ya dicho generador de ruido AWGN. Finalmente, una herramienta software desarrollada en LabVIEW permite el análisis de las diferentes señales en el modulador y el demodulador implementados en la FPGA. Aunque este sistema está enfocado como una herramienta para promover un mejor aprendizaje de

los conceptos de comunicación digital, su diseño e implementación también puede enfocarse como un Trabajo de Fin de Grado en títulos relacionados con la Ingeniería Electrónica. En ese caso, el desarrollo del proyecto cubre aspectos relativos a los sistemas de comunicación, procesado de señal, conversión digital-analógica y programación en LabVIEW, así como el diseño y síntesis de dispositivos lógicos mediante lenguajes de descripción de hardware. Esto, por un lado, permitiría al o la estudiante no sólo profundizar en dichos tópicos de la Ingeniería y aplicar sus conocimientos al logro de un objetivo específico, sino que además plantea la resolución de un problema no trivial mediante técnicas digitales, lo que supone un incremento de su confianza para enfrentarse a nuevos retos en el futuro. Por otro lado, desde un punto de vista educativo, esta herramienta ha sido utilizada en cursos sobre comunicaciones digitales para evaluar la mejora de la comprensión del alumnado en dichas técnicas. Se ha observado un incremento del 30% en los resultados académicos obtenidos por los estudiantes en los tópicos de comunicación digital desde la introducción de estos entrenadores como parte del programa de prácticas de estas asignaturas.

Palabras claves—Comunicaciones Digitales, Educación en Ingeniería, Tecnologías para la Educación

I. INTRODUCCIÓN

LOS entrenadores de comunicaciones configuran una herramienta muy eficiente para facilitar a los alumnos la comprensión de los aspectos relacionados con los sistemas de comunicación [1]–[3], al permitirles trabajar con dispositivos que generan y procesan señales reales y no meramente con modelos matemáticos e ilustraciones expuestos en una pizarra o diapositiva. Si estos módulos *hardware* cuentan además con algún programa *software* que les permita analizar gráficamente qué está pasando en distintos puntos del entrenador, es posible acelerar aún más dicho aprendizaje.

En los tiempos actuales, no contamos con los recursos económicos necesarios para adquirir este tipo de productos y que además se adapten perfectamente a nuestras necesidades. Es por ello que en este trabajo se plantea el diseño e implementación de un entrenador de comunicaciones digitales de bajo coste y lo suficientemente completo para abordar el aprendizaje de muchos de los conceptos básicos sobre este tipo de sistemas de comunicación.

El diseño se ha decidido que esté basado en una FPGA, dadas las posibilidades de este tipo de productos para desarrollar sistemas de procesado digital eficientes y de bajo

coste, además que se han demostrado muy adecuadas para este tipo de aplicaciones [2], [4]–[7]. Aunque se plantea este trabajo como un producto ya desarrollado para el aprendizaje de los esquemas de comunicación digital, es posible también enfocarlo como un proyecto de fin de carrera donde el objetivo sea el diseño del mismo propiamente dicho.

De esta forma, tras una breve descripción general del sistema en la sección II, la sección III detalla los diferentes elementos a tener en cuenta para llevar a cabo la implementación del entrenador. La sección IV presenta los resultados obtenidos tras el uso del mismo como parte del programa de prácticas de una asignatura sobre ‘Comunicaciones Digitales’ en relación al rendimiento académico del alumnado previo a su implantación. Por último, se finaliza con la exposición de las principales conclusiones de este trabajo en la sección V.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

En la Fig. 1 se muestra el diagrama de bloques del entrenador a implementar. Como se puede observar, la mayor parte de las tareas a ejecutarse (generación de datos, modulación de los mismos, generación del ruido y demodulación de la señal recibida) recaen sobre la FPGA, que incluso controla la transferencia de información hacia el exterior mediante un conversor digital-analógico (DAC, *Digital-to-Analog Converter*) y un módulo UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*).

Adicionalmente, se requiere de un *software* instalado en el ordenador personal para poder analizar en tiempo real las distintas señales generadas en la FPGA, cuyos valores se reciben a través de su puerto serie.

III. DISEÑO DEL ENTRENADOR

Tal como se ha comentado previamente, en el desarrollo de este proyecto se optó por una realización digital del entrenador mediante el uso de lenguajes de descripción de *hardware* de alto nivel, en concreto VHDL (*Very high speed integrated circuit–Hardware Description Language*), para su

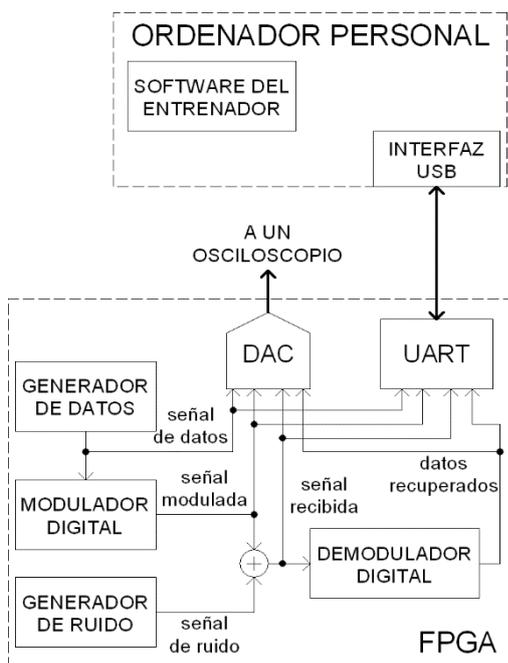


Fig. 1. Esquema de bloques del entrenador

posterior implementación en una FPGA comercial y prueba del mismo.

En los siguientes apartados se describirán los aspectos básicos necesarios para poder llevar a cabo la implementación del entrenador en una FPGA. En particular, internamente se trabajará con palabras de datos por lo que es importante definir el formato a utilizar. Por otro lado, la forma de generar las señales portadoras requeridas por el modulador y el demodulador son igualmente de especial relevancia.

A. Formato de los datos

Se utilizó notación de punto fijo para definir el formato utilizado por los datos procesados por las diferentes estructuras del diseño realizado. En dicho formato de datos, de los N bits que constituye cada palabra de datos, se consideró notación en complemento a dos, de tal forma que el bit más significativo indica el signo, mientras que un número M de los bits menos significativos (LSB, *Least Significant Bit*) se utilizan para la parte decimal (véase la Fig. 2).

Las FPGA comerciales suelen disponer de circuitos multiplicadores implementados internamente, por lo que los procesos de multiplicación pueden definirse fácilmente en VHDL y tienen una síntesis directa en la FPGA. Sin embargo, en este caso debe tenerse en cuenta que al multiplicar dos palabras tal como se definen en la Fig. 2, la palabra resultante será de $2N$ bits con una parte decimal de $2M$ bits (ver Fig. 3). Siempre que se trabaje con operandos que no produzcan *overflow* durante el proceso de multiplicación, esto es, que el resultado obtenido sea representable con N bits, es posible extraer, de la palabra resultante de $2N$ bits, aquéllos comprendidos entre la posición M y la posición $N + M - 1$ (considerando como LSB al bit 0) para configurar este resultado de N bits.

B. Generación de las portadoras

La generación de las ondas portadoras (en el modulador y demodulador) se basa en una tabla de K posiciones que contiene las muestras de una forma de onda senoidal y dos punteros de dirección a la misma, uno de ellos desfasado 90°

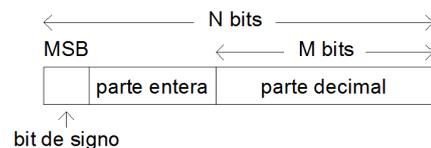


Fig. 2. Formato de la palabra de datos

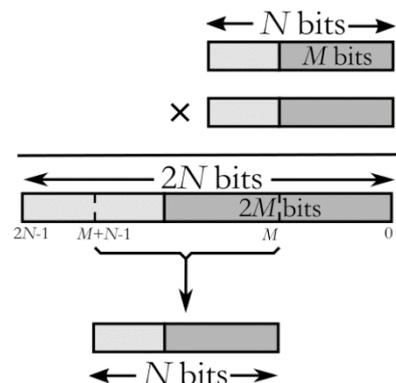


Fig. 3. Proceso de multiplicación de dos palabras de datos

respecto del otro, o lo que es lo mismo, $K/4$ posiciones (véase la Fig. 4). Cada uno de los datos de la tabla utiliza el formato descrito en la Fig. 2.

A cada flanco de la señal de reloj que controla el generador de portadora, los punteros incrementarán en una unidad su posición, describiendo la forma de la onda seno (y coseno).

La portadora desfasada 90° (coseno) sólo será necesaria para modulaciones con componentes en cuadratura (QPSK, M-PSK o M-QAM) o por el demodulador. Para modulaciones FSK basta con aplicar desplazamientos a los punteros en cada ciclo de reloj diferentes a la unidad, obteniéndose ondas de frecuencias múltiplos de la de la señal de referencia definida por la tabla.

C. Generador de datos

El generador de datos se basa en el uso de registros de desplazamiento realimentados (FSR, *Feedback Shift Register*), que ofrecen secuencias pseudoaleatorias de máxima longitud ($P = 2^R - 1$ bits, donde R es el número de biestables) para determinadas combinaciones de realimentación a través de una puerta XOR. En la Fig. 5 se muestra la estructura para el generador de $R=5$ biestables implementado en nuestro caso, donde se requiere realimentar las salidas del segundo y último para obtener una secuencia de longitud máxima.

Los biestables deben inicializarse a nivel lógico ‘1’, pues un valor ‘0’ en todos ellos provoca que el FSR presente de manera indefinida un nivel lógico bajo a su salida. Cuando están adecuadamente realimentados, el contenido de los biestables del generador llega a conformar, de manera pseudoaleatoria y con igual probabilidad, todas las palabras binarias posibles con R bits salvo “00...0”. Así, se han tomado los n LSB del generador de la Fig. 5 para disponer del dato a utilizar en cada caso por el modulador. Por ejemplo, para modulación 16-QAM se tomaban los $n = 4$ LSB, mientras que para QPSK sólo se requería de los $n = 2$ LSB.

D. Generador de ruido

Para obtener la señal de ruido AWGN se creó una tabla que contenía 256 valores que configuraban la función de distribución de probabilidad de un proceso aleatorio gaussiano. Luego, con un generador de datos como el de la Fig. 5 (en este caso, de 21 registros) se obtenía una palabra pseudoaleatoria

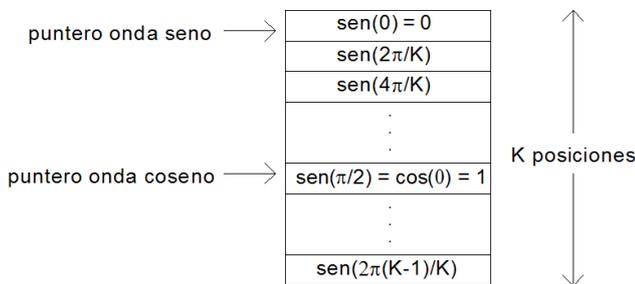


Fig. 4. Tabla de datos que describe las formas de onda senoidales.

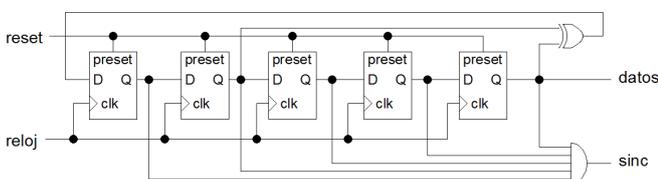


Fig. 5. Estructura del generador de datos

de 8 bits. La palabra obtenida se iba comparando con los distintos valores de la tabla con la función de distribución gaussiana, hasta encontrar aquél más próximo. La posición en la tabla de dicho valor se hacía corresponder con la amplitud del ruido aleatorio para la muestra actual, a falta de aplicar algún factor de ganancia seleccionable por el usuario. De esta forma, se obtendrán más muestras de ruido con amplitudes próximas a cero, donde la función de distribución gaussiana experimenta mayores variaciones de su valor, dado que la búsqueda se realiza a través de un valor pseudoaleatorio con una distribución uniforme. La Fig. 6 esquematiza el proceso de obtención de las amplitudes para las muestras de ruido.

En la Fig. 7 se muestra cómo el generador de ruido implementado proporciona una distribución de la amplitud de las muestras de ruido con una función de densidad de probabilidad gaussiana, demostrando un correcto funcionamiento.

E. Modulador digital

Para el diseño del modulador se optó por una estructura genérica donde dos portadoras en cuadratura son moduladas en amplitud por las componentes en fase x_i y en cuadratura y_i del símbolo i -ésimo a transmitir, obtenidos de la constelación correspondiente a partir de la palabra pseudoaleatoria de n bits suministrada por el generador de datos:

$$s_i(t) = x_i \sin \omega_c t + y_i \cos \omega_c t, \quad iT < t < (i + 1)T \quad (1)$$

donde $f_c = \omega_c/2\pi$ es la frecuencia de la señal portadora definida por el número K de muestras de la tabla de la Fig. 4 y la frecuencia del reloj del puntero. T es el tiempo de símbolo. Para señales binarias, donde $n = 1$ (BPSK, FSK y ASK), los símbolos no tienen componente en cuadratura ($y_i=0$).

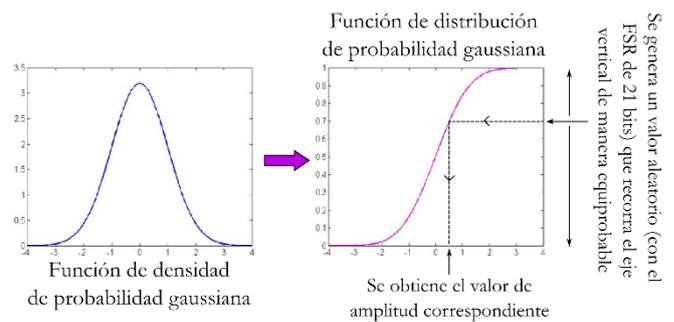


Fig. 6. Generación de las muestras de ruido

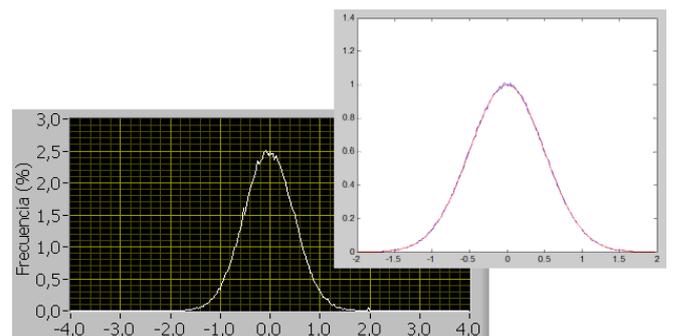


Fig. 7. Distribución de las muestras de ruido (amplitudes) durante una ejecución

F. Demodulador de datos

Para señales corrompidas por ruido AWGN, el detector óptimo consiste en *filtros de correlación* sincronizados a las portadoras en fase y en cuadratura [8]. A la salida de los correladores, el detector debe determinar el símbolo de la constelación que más se aproxime al símbolo demodulado.

En la Fig. 8 se muestra la estructura del demodulador implementado. Se ha supuesto que se dispone de una sincronización perfecta entre el generador de portadoras del demodulador y la señal recibida, aunque el entrenador permite la introducción de retardos para observar el efecto que producen sobre la demodulación de los datos. Para constelaciones complejas como 16-QAM, el símbolo recibido debe compararse con cada uno de los $L=2^n$ símbolos de la constelación M^L y determinar aquél que minimice la distancia euclídea entre ambos:

$$\begin{aligned} \hat{s}_j &= \arg \min_{s_j \in M^L} \|r_i - s_j\|_2^2 \\ &= \arg \min_{s_j \in M^L} \|(\tilde{x}_i - x_j)^2 - (\tilde{y}_i - y_j)^2\|_2^2 \end{aligned} \quad (2)$$

donde es el símbolo más probable de haber sido transmitido y denota la norma euclídea al cuadrado. Para constelaciones más simples como QPSK o modulaciones binarias es posible sustituir el bloque de búsqueda del símbolo más próximo por comparadores donde el umbral se establece al punto medio entre los posibles símbolos recibidos.

IV. RESULTADOS

La Fig. 9 muestra una instantánea del entrenador implementado, donde las señales suministradas por la tarjeta que contiene la FPGA son representadas en un osciloscopio, así como en el *software* residente en el ordenador que se ha desarrollado utilizando LabVIEW®. La FPGA por la que se ha optado finalmente es una Spartan 3A [9] del fabricante Xilinx®, de la que apenas se ha requerido un 25% de sus recursos lógicos para la implementación del entrenador.

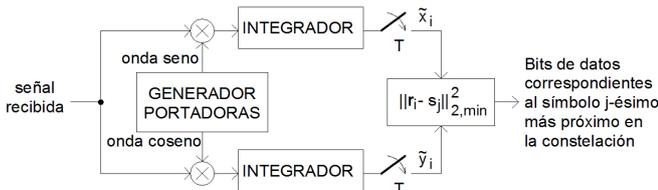


Fig. 8. Estructura del demodulador

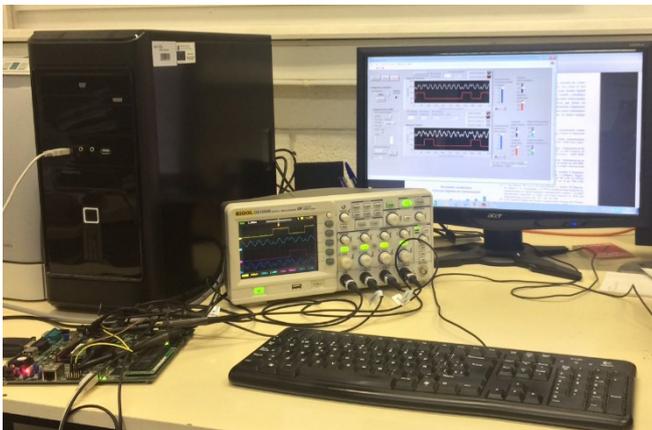


Fig. 9. Visual del entrenador

Como se ha comentado, el entrenador permite la visualización de las principales señales generadas en el mismo a través de la observación de los cuatro canales de salida de su conversor D/A. La Fig. 10 muestra la adquisición con un osciloscopio de dichas señales para el caso de modulación FSK (señal transmitida, datos transmitidos, señal recibida con ruido y datos demodulados). Podemos observar un perfecto funcionamiento del demodulador, donde los datos demodulados coinciden con los transmitidos con un retardo de un bit, correspondiente al tiempo de símbolo T (el requerido por los integradores de la Fig. 8 para obtener la estimación de los símbolos recibidos).

En relación al *software* desarrollado para analizar las señales suministradas por el entrenador de comunicaciones digitales, la Fig. 11 muestra dos instantáneas de los paneles principal y secundario que componen la interfaz de usuario.

El panel principal muestra la evolución temporal de las señales tanto en el modulador como en el demodulador, en este caso para modulación QPSK, donde además se proporciona información sobre el número de errores cometidos durante la demodulación de los datos si los hubiese habido. Obsérvese que los datos demodulados (señal en rojo en la gráfica inferior del panel) están retrasados un tiempo de símbolo T respecto de los datos originalmente transmitidos (señal en rojo en la gráfica superior), por lo que se comprueba que en esta captura no se han producido errores de transmisión.

El segundo panel puede utilizarse para analizar las constelaciones de las señales transmitidas y recibidas, así como la distribución de las muestras de ruido. La figura presenta una ejecución para 16-QAM. Observando la constelación de los símbolos recibidos, los obtenidos por combinación de las señales e a la salida de los filtros correladores (ver Fig. 8), se hace evidente la dispersión provocada por el ruido en el receptor.

El panel muestra además que se ha producido un error en la demodulación de un símbolo, presumiblemente entre los símbolos correspondientes a la tercera columna de la segunda fila de la constelación de símbolos recibidos, de un total de 95 símbolos demodulados hasta ese momento. Teniendo en cuenta que se ha utilizado codificación Gray para la definición de las constelaciones (entre símbolos adyacentes únicamente hay una diferencia en un solo bit entre los símbolos binarios que representan), eso implica que sólo habrá un único bit

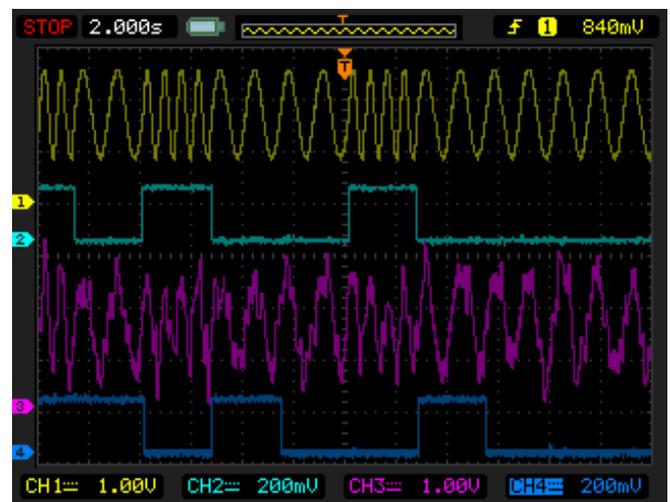
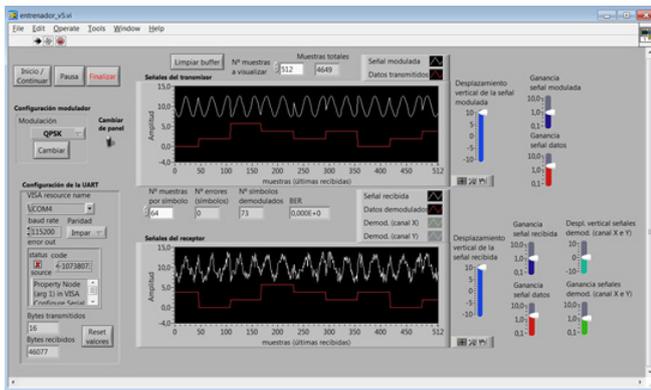
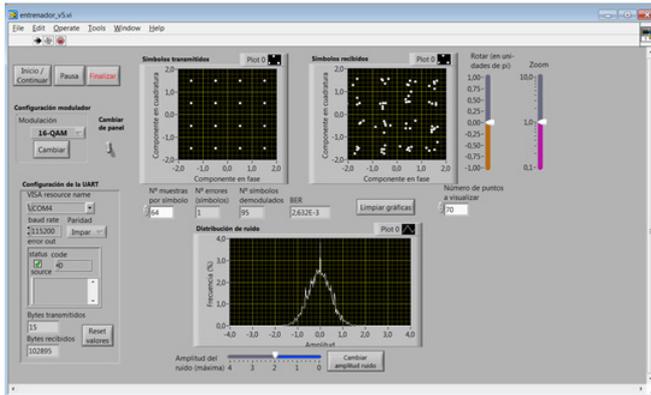


Fig. 10. Visualización de las señales del entrenador en un osciloscopio



(a) Panel principal durante el análisis de la modulación QPSK



(b) Panel secundario durante el análisis de la modulación 16-QAM

Fig. 11. Paneles para el análisis de las señales del entrenador

erróneo del total de $95 \text{ símbolos} \times 4 \text{ bits/símbolo} = 380$ bits transmitidos. Lo anterior lleva a una tasa de error de bit (BER, *Bit Error Rate*) de $1/380 = 2,632 \cdot 10^{-3}$, tal como indica el propio panel.

La Fig. 12 muestra los resultados académicos obtenidos por el alumnado en la temática de ‘Sistemas de Comunicación Digital’, antes y después de la introducción del entrenador de comunicaciones digitales como parte del programa de prácticas de una asignatura de máster. Durante los cursos 2013-2014 y 2014-2015 se produce un período de transición entre el máster precedente y el que lo sustituye, donde además la asignatura se traslada del primer año al segundo del máster, por lo que no se imparte, de ahí que no existan resultados para dichos cursos. Hay que indicar que el número de estudiantes de esta asignatura es reducido, con una media de cinco estudiantes anuales. Los resultados académicos mostrados se refieren al rendimiento del alumnado ante una

prueba escrita donde se solicitan respuestas cortas que buscan evaluar el aprendizaje de los principales conceptos relativos a los distintos aspectos sobre sistemas de comunicación digital cubiertos por la asignatura.

En el período previo a la introducción del entrenador, se observa que durante el último curso del mismo (2012-2013) los resultados académicos experimentan una notable mejora a pesar de no contarse con esta nueva herramienta en las sesiones prácticas. La nota media sube hasta 6,2 cuando en el pasado se encontraba generalmente por debajo del 5. Sin embargo, hay que indicar que durante ese curso, con un pico de matriculados que superaba los diez estudiantes, se contó con un grupo del alumnado especialmente competente, lo que lleva a una importante alteración de la realidad general. De hecho, durante ese curso, si bien es cierto que cerca del 30% de los estudiantes superaron la calificación de 8 sobre 10 en los temas sobre ‘comunicaciones digitales’ de la asignatura, el 60% de la clase obtuvo una calificación inferior a 6, donde la mitad de este segundo grupo no consiguió siquiera alcanzar el aprobado en esa temática de la asignatura. La desviación estándar de las calificaciones para este curso 2012-2013 (ver Fig. 12) delata esta situación, donde se observó una gran disparidad en el rendimiento de los distintos estudiantes.

Los pobres resultados del alumnado en los temas de ‘comunicaciones digitales’ observados durante los sucesivos cursos académicos, llevan durante el año 2014 a plantearse algún tipo de solución. Es por ello que se lleva a cabo el desarrollo del entrenador de comunicaciones digitales y su implantación en el programa de prácticas de la asignatura equivalente del nuevo máster. El efecto es inmediato manifestándose en dos aspectos del rendimiento académico. Por un lado, la nota media experimenta un incremento superior al 31%, pasando de 5,1 a 6,7. Si no tenemos en cuenta los cursos 2012-2013 y 2017-2018, donde son apreciables notas medias superiores a los promedios en ambos períodos (antes y después del uso del entrenador en las prácticas), estaríamos hablando de un incremento de un 34% desde una nota media de 4,8 a otra de 6,4 en el nuevo período. Por tanto, es patente la mejora en los resultados promedios del alumnado. Además, el segundo aspecto a resaltar en la asignatura del nuevo máster es que todo el alumnado ha superado hasta la fecha los exámenes relativos a estos tópicos sobre ‘comunicaciones digitales’, aun cuando se enfrentaban a exámenes equivalentes a los realizados por el alumnado del anterior máster, alumnado este último donde el 40% no fue capaz de superar ese módulo de la asignatura.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado el diseño e implementación en FPGA de un entrenador para el aprendizaje de comunicaciones digitales, donde se ha hecho uso de la herramienta de programación LabVIEW para el desarrollo del *software* residente en el ordenador. Igualmente, se muestran las posibilidades ofrecidas por el prototipo en cuanto a las diferentes características de los sistemas de comunicación digital que pueden ser analizadas con el mismo. A la vista de los resultados presentados, se puede considerar que el entrenador desarrollado constituye una herramienta bastante versátil para promover una mejor comprensión de este tipo de sistemas de comunicación, además de ser fácilmente adaptable para incorporar nuevas funcionalidades. Finalmente, se ha

Resultados académicos
'Sistemas Digitales de Comunicación'

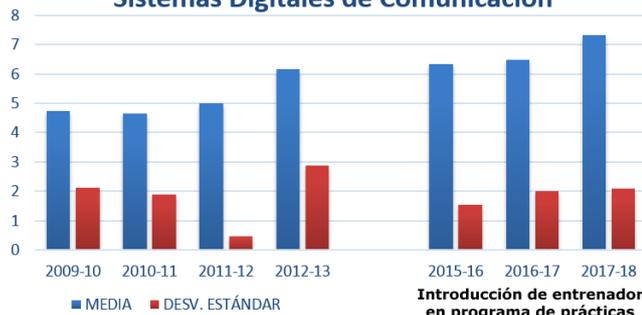


Fig. 12. Resultados académicos antes y después de incluir el entrenador como parte de las actividades prácticas

evaluado la potencialidad del entrenador para mejorar los resultados de aprendizaje sobre comunicaciones digitales en asignaturas de máster que abarquen esta materia, donde se aprecia una notable mejora en el rendimiento académico del alumnado, con incrementos superiores al 30% en las calificaciones medias, tras la implantación de su uso dentro del programa de prácticas de dichas asignaturas.

Por otro lado, comprendiendo el diseño y la implementación del entrenador como un posible trabajo de fin de titulación, su consecución conlleva el estudio de los sistemas de comunicación, procesamiento digital de señales, así como el uso de lenguajes de descripción de *hardware* para diseño digital y la programación en LabVIEW. En ese sentido, constituye un reto interesante para estudiantes de titulaciones relacionadas con la Ingeniería Electrónica, que tendrían que poner en práctica muchos de los conocimientos y habilidades adquiridas durante su formación, lo que les capacitaría para enfrentarse a problemas similares o más complejos en su futuro trabajo como ingenieros/as.

REFERENCIAS

- [1] J.M. Santiago, Jr., A.S. Ali, "Educational communication system (EDUCOMM)-a training device," in *Proceedings Frontiers in Education Conference*, Oct. 1988, pp. 142–148.
- [2] F. Ahamed, F.A. Scarpino, "An educational digital communications project using FPGAs to implement a BPSK detector," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 48, no. 1, pp. 191–197, Feb. 2005.
- [3] R. Serrano, J.M. Górriz, J. Ramírez, C.G. Puntonet, "Implementación de entrenadores de comunicaciones en placas PCB," in *VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica – TAE 2008*, Julio 2008, p. 112.
- [4] O. González, A. Ayala, S. Rodríguez, B.R. Mendoza, "Implementación en FPGA de un bucle Costas para la demodulación de señales de AM DSB-SC," in *XXIV Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio - URSI 2009*, Septiembre 2009, p. 57.
- [5] T. Mizuochi, Y. Konishi, Y. Miyata, T. Inoue, K. Onohara, S. Kametani, T. Sugihara, K. Kubo, H. Yoshida, T. Kobayashi, T. Ichikawa, "Experimental demonstration of concatenated LDPC and RS codes by FPGAs emulation," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, vol. 21, no. 18, pp. 1302–1304, Sept. 2009.
- [6] J. Lagos-Benites, M. Grosso, M. Sonza Reorda, G. Audisio, M. Pipponzi, M. Sabatini, V.A. Avantaggiati, "An FPGA-emulation-based platform for characterization of digital baseband communication systems," in *IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI and Nanotechnology Systems*, Oct. 2011, pp. 391–398.
- [7] O. Font-Bach, N. Bartzoudis, A. Pascual-Iserte, D. López Bueno, "A realtime FPGA-based implementation of a high-performance MIMO-OFDM transceiver featuring a closed-loop communication scheme," in *IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, Oct. 2012, pp. 100–107.
- [8] L.W. Couch II, *Digital and Analog Communication Systems*, Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, United States, 2007.
- [9] Spartan-3A FPGA Family: Data Sheet, Xilinx, Inc., 2010.



Oswaldo González obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica en el año 2000 por la Universidad de La Laguna (ULL), localizada en Tenerife (Islas Canarias, España), alcanzando su Doctorado sobre sistemas de Comunicación Óptica No Guiada (OWC, *Optical Wireless Communication*) en el año 2005 por esa misma universidad.

Se unió al departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas en el año 2001 como profesor e investigador ayudante, obteniendo finalmente la plaza de Profesor Titular de Universidad en el año 2011. Desde 2014 está adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial, como profesor titular del área de Tecnología Electrónica. Sus principales áreas de interés en investigación son en el campo de la caracterización de canales ópticos no guiados, y los sistemas de comunicación OFDM y OCDMA para comunicaciones en el visible (VLC, *Visible Light Communication*), temas sobre los que ha publicado varios trabajos en revistas internacionales (IEEE, IEE/IET, OSA), así como dos capítulos de libro sobre sistemas MIMO para OWC. Colaboró con la Agencia Espacial Europea (ESA) en el Proyecto 'Optical Wireless Links for intra-Spacecraft communications' (OWLS) de 2006 a 2008.



Manuel Rodríguez es Licenciado en Físicas y Doctor por la Universidad de la Laguna. Profesor Titular de Universidad del área de Tecnología Electrónica. Ha sido vicedecano de Ingeniería Electrónica y Director del Máster en Ingeniería Electrónica de la Universidad de La Laguna. Imparte docencia en la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, y en el Máster en Ingeniería Industrial en las materias Electrónica Digital y Diseño Electrónico. Posee dos sexenios de investigación y sus líneas de interés son:

sensores inteligentes, diseño de sistemas en FPGA para procesamiento y codificación de imágenes 3D, y redes de sensores inalámbricas.



Alejandro Ayala obtuvo la licenciatura en Ciencias Químicas en 1981 y el Doctorado en Ciencias Físicas en 1986 por la Universidad de La Laguna. Actualmente desarrolla su labor docente como profesor titular de universidad en el área de conocimiento de Tecnología Electrónica adscrito al Dpto. de Ingeniería Industrial de dicha universidad.

Sus áreas de interés en investigación se centran en el campo de la caracterización de canales ópticos no guiados y el diseño de sistemas de comunicación para interiores. Igualmente desar-

rolla una intensa colaboración con el Departamento de Física en el diseño e implementación de módulos de prácticas automatizados para fomentar el aprendizaje de los conceptos básicos abordados por las materias de dicha rama de la Ciencia.



Silvestre Rodríguez nació en Tenerife, España. Obtuvo la Licenciatura en Ciencias Físicas en la especialidad en Electrónica por la Universidad de Santiago de Compostela, Galicia, y el Doctorado por la Universidad de La Laguna, Tenerife, España, en 1992 y 2003 respectivamente. Actualmente es Profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial y miembro del Grupo de Sistemas Electrónicos y Comunicaciones Ópticas no Guiadas de la Universidad de La Laguna. Sus intereses de investigación incluyen la caracterización del canal óptico no guiado y el desarrollo de sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas tanto en el espectro infrarrojo como en el visible. Ha participado, siendo investigador principal en algunos de ellos, en más de 15 contratos, convenios y/o proyectos de investigación regionales, nacionales y europeos, y ha co-autorizado más de 60 artículos en revistas y congresos nacionales e internacionales.



Beatriz R. Mendoza nació en Tenerife, España. Obtuvo la Licenciatura en Ciencias Físicas en la especialidad de Física Aplicada, el Título de Ingeniera en Electrónica y el Doctorado por la Universidad de La Laguna, Tenerife, España, en 1999, 2001 y 2017 respectivamente. Fue Premio extraordinario de doctorado en la rama de Ingeniería y Arquitectura en el curso 2016/2017. Actualmente es Profesora Contratada Doctor adscrita al Departamento de Ingeniería Industrial y miembro del Grupo de Sistemas

Electrónicos y Comunicaciones Ópticas no Guiadas de la Universidad de La Laguna. Su labor investigadora se centra en el estudio y aplicación de receptores en diversidad angular en enlaces ópticos no guiados en el espectro infrarrojo y en el visible. Como miembro investigador ha participado en 9 proyectos de I+D+i, 2 contratos y 2 convenios, de diferentes ámbitos, regionales, nacionales y europeos. El resultado de estas investigaciones se ha visto reflejado en más de 50 publicaciones en revistas y actas en congresos nacionales e internacionales.

Capítulo 12

¿Pueden los exámenes impulsar el aprendizaje activo en la Educación en Ingeniería?

Carlos Efrén Mora, Javier Machado-Toledo, Peña Fabiani-Bendicho, Jorge Martín-Gutiérrez y Sara González-Pérez, Universidad de La Laguna

Title— Can exams foster active learning in Engineering Education?

Abstract— Active learning is a strategy that improves engineering students' analytical and interpretative skills, but students usually require some knowledge at the beginning of the problem solving process to keep motivation high. Most students feel uncomfortable and lost when having to find knowledge by themselves when they have not strong problem-solving skills, so the most common practice is combining lectures with active learning to guide students. Exams are then usual to test student's knowledge; however, it is important to make those exams relevant to students so they can contrast what they thought they know against what they really know. For this purpose, we developed a training test-exams concept to foster active learning. This method permitted engineering students realizing what knowledge they really learn in an active learning environment, and then using this knowledge as a starting platform for their problem-solving process.

Keywords— Active learning, engineering education, engineering students' motivation, project-based learning.

Resumen— El aprendizaje activo es una estrategia que mejora las habilidades analíticas e interpretativas de los estudiantes de ingeniería, pero éstos normalmente necesitan algunos conocimientos al principio del proceso de resolución de problemas para mantener alta su motivación. La mayoría de los estudiantes no se sienten a gusto y se pierden cuando tienen que encontrar los conocimientos que necesitan por sí mismos y no tienen habilidades desarrolladas para la resolución de problemas, por lo que la práctica más común es combinar la docencia tradicional con el aprendizaje activo para guiar a los estudiantes. Los exámenes se usan posteriormente para comprobar los conocimientos de los estudiantes; sin embargo, es importante que los exámenes sean relevantes para los estudiantes, de forma que éstos puedan contrastar lo que creían que sabían, con lo que realmente saben. Para este propósito, hemos desarrollado el concepto de exámenes de entrenamiento. Este método permitió

que los estudiantes de ingeniería fueran conscientes de lo que realmente aprenden en un entorno de aprendizaje activo, y que después pudieran usar estos conocimientos como soporte de partida para su proceso de resolución de problemas.

Palabras clave— Aprendizaje activo, educación en ingeniería, motivación de los estudiantes de ingeniería, aprendizaje basado en proyectos.

I. INTRODUCTION

Las estrategias y los métodos para evaluar el aprendizaje en ingeniería han evolucionado durante los últimos 15 años en las universidades europeas, principalmente debido a la Declaración de Bolonia de 1999 [1]. Estos cambios han empujado a las universidades españolas al empleo del concepto de *evaluación continua* dentro de sus reglamentos internos para evaluar el progreso académico de sus estudiantes. A pesar de esto, la idea de la evaluación formativa no aparece vinculada en la práctica académica a la evaluación continua. La confusión entre calificación y evaluación del aprendizaje puede ser la causa de la falta de conexión entre la evaluación continua y la evaluación formativa [2]. El presente caso de estudio es un ejemplo de cómo se pueden emplear herramientas de calificación como los exámenes para proveer a los estudiantes de información práctica acerca de su progreso académico mientras mejoran sus habilidades metacognitivas. Las experiencias se desarrollaron en la Universidad de La Laguna (España). En ellas participaron 69 estudiantes de tercer año de tecnologías marinas dentro de una asignatura vinculada a la ingeniería de control.

A. Evaluación, aprendizaje y motivación en la educación en ingeniería

El aprendizaje en la ingeniería requiere manejar conceptos abstractos que son difíciles de visualizar y de entender por parte de los estudiantes. Sin embargo, esos conceptos teóricos son necesarios para diseñar, implementar, operar, o incluso mantener cualquier tipo de sistema, independientemente de su campo de aplicación. Tradicionalmente, como ocurre en otras áreas de conocimiento, la solución a este problema consiste en dividir la asignatura en dos partes: *conocimiento teórico* y *conocimiento práctico*. Esto es algo que se ha mantenido hasta la actualidad, incluso en aquellos grados de ingeniería adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Esta división provoca que parte del proceso de aprendizaje —el que está orientado a la adquisición de

Este trabajo fue presentado originalmente al congreso Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (TAEE) en su edición de 2018. Carlos Efrén Mora es profesor de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, de la Universidad de La Laguna (e-mail: carmora@ull.edu.es). Javier Machado-Toledo es profesor en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de la Universidad de La Laguna. (email: jmachado@ull.edu.es). Peña Fabiani-Bendicho es profesora de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de La Laguna (email: mfabiani@ull.edu.es). Jorge Martín-Gutiérrez es profesor de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de La Laguna (email: jmargu@ull.edu.es). Sara González-Pérez es profesora de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de La Laguna. (email: sgonzal@ull.edu.es).

conocimientos– emplee únicamente métodos conductuales que se basan en una evaluación sumativa, por lo que el papel formativo de la evaluación queda en un segundo plano. Este énfasis que se le da a los procesos de evaluación sumativa provoca la mecanización del proceso de aprendizaje [3], y dificulta la aplicación del conocimiento en entornos prácticos, tales como el diseño y desarrollo de proyectos.

Es habitual que, cuando el profesorado planea un proceso de evaluación continua, lo haga dividiendo la evaluación en varias etapas en las que se realizan exámenes parciales, en vez de un único examen al final. Cuando se emplea este modelo, la mayor fuente de motivación, desde la perspectiva del estudiantado, es la posibilidad de dividir el esfuerzo en varios periodos, lo cual no se corresponde necesariamente con una motivación genuina por aprender. Mirando este modelo de evaluación desde un punto de vista formativo, los exámenes son únicamente herramientas para calificar. Como consecuencia de esto, la fuente de motivación es externa, es decir, un premio o un castigo, dependiendo del resultado obtenido [4]. Con esta perspectiva, los exámenes pierden todo su potencial como herramientas de aprendizaje. Incluso si se observa desde un punto de vista meramente conductual, el efecto real es el opuesto al pretendido por el docente, ya que se provoca una memorización de conceptos a corto plazo, en vez de la consolidación del aprendizaje.

Por lo tanto, si la intención es conseguir estudiantes con una motivación genuina por aprender, es importante conseguir que interioricen los efectos positivos que tiene el esforzarse por aprender. Esta motivación es reforzada posteriormente cuando nuestros estudiantes tienen una sensación de éxito mientras van logrando sus objetivos a lo largo del proceso de aprendizaje [5].

B. Aprendizaje vinculado a los problemas reales

Cuando el aprendizaje se basa en un enfoque puramente cognitivista, aplicándolo únicamente a problemas teóricos, se produce una desconexión del mismo con los problemas reales, olvidando que el conocimiento y el desarrollo profesional están socializados, y que reciben influencias del entorno donde se desarrolla el aprendizaje [6].

La capacidad de resolver problemas es una habilidad fundamental en ingeniería, pero tiene que coexistir con otras habilidades profesionales, transversales y habilidades técnicas específicas. Una de las estrategias emergentes que combinan conocimiento y habilidades en el currículo para ayudar a los futuros profesionales a enfrentarse a problemas reales es el Aprendizaje Basado en Problemas Orientado a Proyectos, en sus siglas en inglés PoPBL [7]. Sin embargo, aunque el hecho de enfrentarse a un problema real promueve un alto nivel de motivación inicial por las expectativas que genera en los estudiantes, esa misma motivación cae cuando surgen las primeras dificultades. Este descenso brusco de la motivación se agudiza cuando los estudiantes perciben que no tienen los conocimientos ni las habilidades necesarias para resolver el problema al que se enfrentan. Como consecuencia de esta dificultad, la estrategia educativa a emplear tiene que dotar a los estudiantes, tanto de la motivación necesaria, como de las habilidades y de los conocimientos necesarios para enfrentarse al problema que se les proponga.

En estos modelos educativos, el problema tiene que ser abierto y desestructurado, es decir, que permita múltiples

soluciones y que además éstas no puedan obtenerse a través de un algoritmo, requiriendo por tanto el uso de enfoques creativos. En este proceso, el papel del profesor o la profesora no es “enseñar la solución” sino “mostrar el camino para encontrarla”. Cuando se desarrollan proyectos para resolver problemas reales, es importante, especialmente para el alumnado de nuevo ingreso, prestar más atención al proceso de aprendizaje en sí que al producto terminado. Por este motivo, el objetivo del profesorado en este contexto es ser capaz de evaluar la calidad del aprendizaje cuando éste se desarrolla en un entorno complejo y real. Por este motivo, la evaluación tiene que contemplar la capacidad de los estudiantes de entender el producto final, independientemente de la eficacia de la solución adoptada. El objetivo del aprendizaje en este momento no es la solución en sí misma, sino saber por qué resuelve el problema, o por qué no. Por ello, la evaluación tiene que ser formativa, de forma que cada estudiante pueda responder a estas preguntas a través de un proceso de reflexión, a lo largo de su aprendizaje:

C. El enfoque desde la ingeniería de control

Conseguir que los estudiantes estén motivados, que sean capaces de entender los procesos de control y su interacción entre variables y parámetros, que elaboren estrategias de control, y que consoliden su aprendizaje, requiere entender cómo aprenden y qué factores afectan a su deseo de aprender. Cuando se usa este enfoque constructivista del aprendizaje es necesario considerar, además de los conocimientos, aquellas habilidades transversales necesarias en el propio proceso de aprendizaje. En este sentido, cuando se emplea el aprendizaje activo se han de tener en cuenta, junto con las habilidades técnicas relacionadas por ejemplo con el diseño y desarrollo de algoritmos, software, electrónica y elementos mecánicos, las habilidades de proceso tales como la resolución de problemas o la gestión de conflictos. Para desarrollar estas habilidades, el profesorado tiene que emplear las herramientas correctas para cada momento. El objetivo final es de mantener a sus estudiantes centrados en alcanzar sus resultados del aprendizaje. Esta complejidad hace que el diseño y la planificación del proceso de aprendizaje y los métodos de evaluación sea más difícil que en un entorno de aprendizaje tradicional, especialmente cuando los estudiantes tienen contacto por primera vez con un problema real de ingeniería.

En este capítulo describe el proceso seguido para adecuar la adquisición de conocimientos y habilidades a la futura práctica profesional de los estudiantes, considerando el aprendizaje como un proceso activo y social a través de la evaluación formativa como un factor motivacional.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A la hora de diseñar un nuevo curso pensando en los alumnos como estudiantes activos, es necesario tener en cuenta múltiples aspectos. No se puede diseñar un proceso de aprendizaje efectivo con un único método, por lo que es necesario un diseño lo suficientemente flexible para permitir que éste se adapte al perfil concreto del alumnado.

A. Aspectos conductuales

El enfoque conductual implica entender el aprendizaje como un proceso con una entrada (estímulo) y una salida

(respuesta). Este proceso se asocia con los aprendizajes previos y con las consecuencias de la respuesta al estímulo actual. Si las consecuencias son positivas para el individuo, hay un refuerzo. De esta forma, el aprendizaje puede entenderse como la formación de conexiones estímulo-respuesta debido a la exposición a un proceso repetitivo y sus consecuencias [8].

Desde la perspectiva de la educación en ingeniería, los estudiantes pueden tener ciertas inercias vinculadas a sus procesos de aprendizaje previos, las cuales hacen verdaderamente difícil superar los aspectos conductuales. Como consecuencia, nuestros estudiantes pueden necesitar un estímulo inicial, a fin de que puedan tener una referencia, de forma que sean capaces de enfrentar un proceso de aprendizaje autónomo. Los exámenes tradicionales y el refuerzo obtenido al superarlos les dan a los estudiantes esta referencia y sirven además como línea maestra para que sepan, por sí mismos, si lo están haciendo bien o mal. La necesidad de esta directriz explica por qué nuestros estudiantes prefieren problemas cerrados y estructurados, de forma que puedan resolverlos siguiendo un único procedimiento para obtener un único resultado, comparable con la solución correcta.

B. Aspectos cognitivistas

La teoría cognitivista entiende que el proceso de aprendizaje ocurre en la mente de los estudiantes a través de las fases de memorización, olvido, elaboración, transformación y almacenaje a largo plazo de la información [9]. El aprendizaje ocurre gracias al proceso de *asimilación* de nuevo conocimiento sobre el conocimiento preexistente, así como gracias al proceso de *acomodación*, mediante el cual se reajusta la estructura interna del cerebro para adaptarse a la nueva realidad. En la educación en ingeniería, tal y como ocurre en otras disciplinas, los estudiantes tienen modelos preexistentes que pueden ser confirmados y reforzados, pero que en ocasiones deben ser modificados para poder acomodarse a la nueva información recibida durante el proceso de aprendizaje [8].

C. Aspectos situacionales

La teoría del aprendizaje situacional varía con respecto al conductualismo y el cognitivismo en el hecho de que contempla el papel del entorno en la concepción del conocimiento, y cómo ese entorno afecta al aprendizaje.

Desde este punto de vista, el aprendizaje está situado dentro de una red social compleja, y por este motivo no puede entenderse sólo como la modificación de la estructura mental de un único individuo [6]. La práctica de la ingeniería encaja con el concepto de aprendizaje situacional: los proyectos requieren colaboración y trabajo en equipo, los recursos disponibles afectan a los resultados y, por último, un ingeniero o ingeniera tiene que participar dentro de una comunidad profesional, y por lo tanto necesita de una identidad dentro de la misma.

D. Aspectos emocionales

Los docentes tienen una influencia directa sobre las emociones y la motivación de sus estudiantes y viceversa. Cuando se emplean estrategias de aprendizaje activo, como el aprendizaje basado en problemas o en proyectos, esta influencia tiene unos efectos más intensos [10, 11] que en

un modelo de aprendizaje tradicional. Esto se debe a que las estrategias de aprendizaje activo tienen el potencial de crear conexiones entre estudiantes, así como entre estudiantes y profesores, de tal modo que estas conexiones pueden afectar positiva o negativamente al proceso de aprendizaje.

E. Aspectos motivacionales

La motivación académica de los estudiantes tiene varias dimensiones: las percepciones de empoderamiento, utilidad, éxito, interés y cuidados. Estas cinco dimensiones tienen una influencia decisiva en la motivación por aprender [5]. En la educación en ingeniería, los proyectos y los problemas complejos se usan habitualmente con la idea de mejorar la adquisición de competencias y aumentar la motivación de los estudiantes. Sin embargo, es necesario entender cuáles son los factores que tienen un efecto positivo o negativo, especialmente cuando se han de poner en práctica las habilidades transversales necesarias para facilitar el proceso de aprendizaje [12].

F. Aspectos de la evaluación

El uso de una evaluación formativa implica tener en consideración el progreso de cada estudiante mientras trabaja para lograr sus resultados del aprendizaje. De esta forma, las actividades de evaluación tienen que ser planificadas como instrumentos de aprendizaje [2] y que el proceso formativo tiene que organizarse sobre los resultados de aprendizaje, no únicamente sobre los contenidos. La correcta clasificación de los *Resultados Observados del Aprendizaje* (taxonomía SOLO) [13] permite esta organización, y facilita el diseño de la estrategia de aprendizaje y de los procesos de evaluación.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE APRENDIZAJE

Las experiencias presentadas en este estudio se realizaron durante el curso 2017-18 (42 estudiantes) y el curso 2018-10 (27 estudiantes), en una asignatura de 6 créditos denominada *Regulación y Control de Máquinas Navales*.

Se trata de una asignatura obligatoria que es parte del currículo del grado de Tecnologías Marinas de la Universidad de La Laguna, impartida en el tercer año, y que consta de los siguientes módulos:

1. Controladores Industriales.
2. Sensores y Actuadores.
3. Control Electromecánico.
4. Control Hidráulico.
5. Control y Gobierno del Buque.

El proceso de aprendizaje de la asignatura requiere que los estudiantes se involucren de forma activa, y fue diseñado teniendo en cuenta de forma paralela tanto aspectos conductuales como situacionales. Las estrategias empleadas tuvieron en cuenta, además de los resultados del aprendizaje vinculados a la asignatura, aquellos aspectos que pueden afectar a la motivación de los estudiantes, tal y como se explica en las siguientes secciones. Para lograr este fin, se simuló inicialmente la separación de la asignatura en dos partes: conocimientos y proyecto. Esta decisión se fundamenta en la inercia que tienen los estudiantes por los aprendizajes anteriores, y que les lleva a separar los aspectos teóricos de los prácticos. La visión de los estudiantes va cambiando a

lo largo del proyecto, cuando descubren que para realizar el trabajo práctico tienen que recurrir constantemente a los conocimientos teóricos que han trabajado, e incluso pueden verse en la necesidad de adquirir de forma autónoma nuevos conocimientos que inicialmente no habían previsto.

A. Resultados de aprendizaje

Con el objetivo de facilitar la evaluación formativa, el conjunto de resultados de aprendizaje se distribuyó en cuatro niveles diferentes, usando para ello los verbos sugeridos por la taxonomía SOLO. Los resultados de aprendizaje englobados en cada nivel son los siguientes:

Nivel I

- Identifica los elementos de un sistema de control (reguladores, sensores, transductores y actuadores).
- Sigue los procesos de control de bucle abierto y cerrado.
- Recuerda las diferentes estrategias de control.
- Identifica los nombres de las variables y parámetros en procesos de control.
- Identifica aquellos componentes que trabajan de forma conjunta para controlar y gobernar un barco.
- Sigue correctamente los principales procesos de control a bordo (motor principal y dirección).

Nivel II

- Describe las estrategias de control y los procedimientos de ajuste de los controladores PID.
- Desarrolla algoritmos y diagramas de flujo adecuados a las distintas estrategias de control.
- Elabora esquemas sobre control hidráulico y electromecánico básico.
- Combina elementos de control diferentes para una planta específica (por ejemplo, reguladores, sensores y actuadores).

Nivel III

- Explica cómo se ve afectada la planta por variaciones en los parámetros PID.
- Explica qué factores pueden producir una pérdida de estabilidad en la planta.
- Aplica control de bucle cerrado a un problema dado.
- Explica las causas de funcionamientos incorrectos de una máquina a partir de sus esquemas de control.
- Analiza el funcionamiento de los componentes eléctricos, hidráulicos y electrónicos integrados en el control del sistema de gobierno.

Nivel IV

- Diseña el sistema de control para una aplicación concreta.
- Predice el fallo de un sistema de control a partir del funcionamiento de una máquina.
- Desarrolla un controlador para una aplicación concreta.
- Comprueba el diseño de un sistema de control y evalúa su eficiencia.
- Mejora el diseño de un control eléctrico o hidráulico.
- Diseña esquemas de control.
- Justifica la eficiencia y los costes de un sistema de control determinado.

B. Procesos de aprendizaje vinculados a la adquisición de conocimientos.

Cuando los estudiantes se enfrentan a un problema nuevo pueden desmotivarse por la falta de conocimientos previos [12]. Si bien el hecho de comenzar un nuevo proyecto puede hacer que los alumnos manifiesten un gran interés, tienden a perderlo si dudan de su capacidad para continuar con el mismo. Cuando los estudiantes tienen una base educativa previa conductual, encuentran muy difícil adquirir de forma autónoma los conocimientos concretos que necesitan para realizar su proyecto.

Con el fin de evitar este factor de desmotivación, en el diseño de la estrategia de aprendizaje se emplearon técnicas conductuales basadas en procesos de repetición y refuerzo positivo, para lo que se usaron también estrategias activas de aprendizaje. Para ello se realizaron 14 seminarios distribuidos en 5 módulos evaluables (ver tabla I). Cada uno de los seminarios (ver tabla II) estaba formado por 3 sesiones, que incluían cada uno la exposición de un tema por parte de los estudiantes, un test de entrenamiento y una sesión de realimentación diseñada para aclarar y reforzar el aprendizaje.

El procedimiento seguido para desarrollar esta estrategia fue el siguiente: El instructor elegía cada semana un grupo de 5 alumnos para exponer un tema en la siguiente sesión presencial, proporcionándoles los materiales necesarios para prepararlo, como referencias, enlaces e instrucciones para organizar la presentación. El grupo de estudiantes impartía su

TABLA I
ESTRUCTURA DE LOS SEMINARIOS DE CONOCIMIENTOS

ESTRUCTURA DE LOS SEMINARIOS DE CONOCIMIENTOS		
Sesión	Duración	Descripción
1ª	45'	Lección impartida por un grupo de estudiantes.
2ª	30'	Test de entrenamiento o de evaluación.
3ª	45'	Sesión de realimentación.

TABLA II
DESCRIPCIÓN DE LOS SEMINARIOS POR MÓDULOS

Módulo	Seminario	Descripción
0. Introducción*	0.1	Presentación de la asignatura.
1. Controladores Industriales	1.1	Control en lazo abierto. Control en lazo cerrado. Control en dos pasos y escalonado.
	1.2	Control proporcional (P), proporcional-integral (PI), proporcional-derivativo (PD) y proporcional-integral-derivativo (PID).
	1.3	Sintonización de controladores. Usos industriales. Reguladores de velocidad en motores y turbinas.
2. Sensores y actuadores	2.1	Medidas de posición, velocidad, presión, caudal nivel y temperatura.
	2.2	Elementos actuadores: válvulas, servomotores y actuadores.
3. Control electromecánico	3.1	Componentes electromecánicos.
	3.2	Lectura de esquemas eléctricos, nomenclatura y simbología.
	3.3	Diseño y montaje de sistemas electromecánicos.
4. Control hidráulico	4.1	Componentes hidráulicos.
	4.2	Lectura de esquemas hidráulicos, nomenclatura y simbología.
	4.3	Diseño y montaje de sistemas hidráulicos (ejemplo del gobierno del buque mediante servotimón).
5. Control y gobierno del buque	5.1	Control de la maquinaria principal y auxiliar.
	5.2	Control de la planta eléctrica del buque.

*No computa dentro de la evaluación de la asignatura.

lección que, tal y como era de esperar, contenía errores, sobre todo a causa de la falta de experiencia de los estudiantes y de interpretaciones incorrectas de los contenidos. El instructor anotaba los errores para explicarlos de forma correcta durante la sesión de realimentación después de realizar el test de entrenamiento. Una vez finalizada la lección, los estudiantes respondían un cuestionario (*test de entrenamiento*) en formato electrónico. La base de datos a partir de la cual se elaboraban las preguntas y respuestas era lo suficientemente extensa como para garantizar que cada alumno respondía un cuestionario totalmente diferente. Una vez realizada esta prueba, los estudiantes obtenían de forma inmediata sus puntuaciones, en un rango de 0 a 10, pero no tenían acceso ni a las preguntas ni a sus respuestas. A partir de ese momento, en la sesión de realimentación, el instructor pedía a los estudiantes que plantearan las dudas surgidas durante la realización del cuestionario, las cuales eran aclaradas junto con las cuestiones anotada por el propio instructor durante la exposición del tema.

Este proceso de exposición, test de entrenamiento y sesión de realimentación se repetía cada semana hasta completar cada módulo, el cual finalizaba con la realización de un último cuestionario (*test de evaluación*) cuyo resultado, al contrario que en los test de entrenamiento, sí computaba para la calificación de la asignatura.

En paralelo a la realización de estas sesiones, los alumnos tenían que realizar cinco sesiones prácticas de laboratorio, una para cada uno de los cinco módulos (ver la distribución de módulos en la tabla I). Estas sesiones prácticas eran obligatorias, pero no evaluables en la calificación final. Su finalidad era enfrentar a los estudiantes a sistemas reales, lo cual les ayudaba a consolidar los conocimientos teóricos y adquirir habilidades mediante la experiencia que luego necesitarían para el desarrollo del proyecto.

C. Procesos de aprendizaje vinculados al desarrollo del proyecto.

Después de terminar el primer módulo los estudiantes habían adquirido los conocimientos y las habilidades básicas necesarios para abordar el problema planteado que tenían que resolver con su proyecto durante el curso. Esto minimizó los efectos negativos que causa la disminución de la motivación por la falta de confianza inicial de cada estudiante. Para la realización del proyecto disponían de las horas de laboratorio no utilizadas en las sesiones prácticas (horas presenciales en las que contaban con profesorado) y del tiempo asignado en la guía docente para el trabajo autónomo de los estudiantes (trabajo no dirigido de cada equipo de estudiantes).

Cada equipo de trabajo (entre 4 y 6 estudiantes) siguió el mismo procedimiento para resolver el problema planteado. Dicho procedimiento fue expuesto por el profesor a principio de curso, e incluía los 5 pasos ilustrados en la fig. 1. La "clarificación" se usaba para discutir y definir los detalles del problema. Durante la "lluvia de ideas" los estudiantes tenían que pensar en posibles soluciones y plantearse metas de aprendizaje. En la fase de "planificación" debían definir el plan a seguir para resolver el problema. El periodo de "investigación y desarrollo" estaba destinado a trabajar en el problema y desarrollar soluciones encaminadas al diseño y construcción del prototipo. Por último, durante la fase de "comprobación y síntesis", los estudiantes debían reflexionar

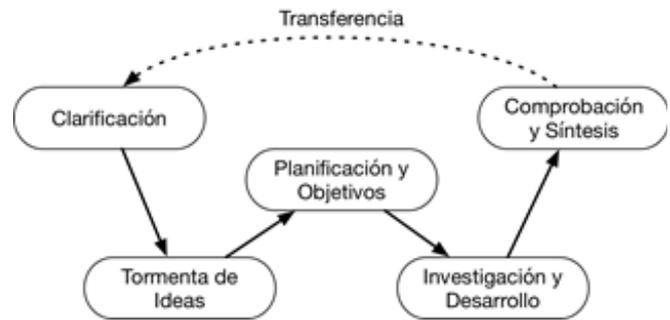


Fig. 1. Proceso de 5 pasos empleado para la resolución del problema.

sobre su trabajo, analizar su solución, discutir si ésta resolvía o no el problema propuesto y sugerir mejoras o alternativas a la misma.

Mientras pasaban por todas las fases del proceso de resolución de problemas, los estudiantes se enfrentaban gradualmente al problema guiados por su instructor, quien orientaba las actividades de aprendizaje en cada paso de manera que los estudiantes pudiesen trabajar a su propio ritmo, pero con la obligación de respetar las fechas límites para los entregables de cada fase.

El proceso de resolución de problemas descrito se usó durante el curso académico 2017-2018 para desarrollar un sistema capaz de controlar la posición de un pistón hidráulico. Durante el curso 2018-19 los estudiantes tenían que ser capaces de construir y controlar un dispositivo para enfriar latas de bebida. En ambos casos, al final del proceso de aprendizaje cada equipo tenía que presentar un prototipo funcional (fig. 2) y un documento técnico que explicara el sistema desarrollado y los resultados obtenidos en el proceso de validación del prototipo.

D. Evaluación del aprendizaje

Las sesiones presenciales de trabajo con los estudiantes se usaron también como sesiones de evaluación formativa (fig.3): gracias a la estructura de los seminarios y las pruebas, los estudiantes podían preguntar sus dudas y el profesor les ayudaba a fijar los conocimientos y las habilidades que necesitaban para continuar con el proyecto. Los test de entrenamiento permitían confirmar o negar la base previa de

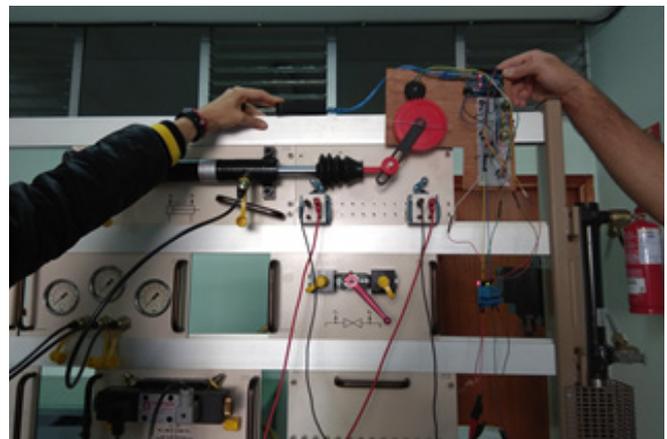


Fig. 2. Uno de los prototipos desarrollados en el curso 2017-18.



Fig. 3. Sesión de trabajo presencial de uno de los equipos de estudiantes.

los estudiantes, por lo que les servían de guía a lo largo de su proceso formativo. Durante las sesiones presenciales de trabajo en el proyecto, los estudiantes eran cuestionados por el instructor, quien asumía el rol de facilitador, y les retaba a que probasen nuevos planteamientos para comprobar si funcionaban como ellos pensaban inicialmente o no.

En cuanto a la evaluación sumativa, se emplearon los resultados de los test de evaluación (en una escala de 0 a 10), así como los resultados obtenidos en una entrevista grupal para cada equipo de trabajo. Estas entrevistas tenían la finalidad de poder colocar a cada estudiante en uno de los niveles de resultados de aprendizaje descritos en la sección III-A. El prototipo, en sí mismo, no se fue evaluado, pero su realización era obligatoria para poder acceder a la entrevista. La calificación del proyecto fue individual y se obtenía en función de las respuestas dadas a todas las preguntas que el instructor formulaba asociadas con cada nivel de resultados de aprendizaje: Nivel I (5.0 a 5.9), Nivel II (6.0 a 6.9), Nivel III (7.0 a 8.9) y Nivel IV (9.0 a 10.0). Para superar la asignatura el estudiante tenía que responder correctamente como mínimo a las cuestiones asociadas con el primer nivel.

IV. RESULTADOS AL TERMINAR EL PERIODO DE APRENDIZAJE

Para evaluar el impacto que ha tenido la nueva estrategia de aprendizaje activo frente a otras anteriores, se han utilizado los resultados correspondientes a los cursos 2015-16 y 2016-17 como elementos de control. En ambos cursos los estudiantes también desarrollaron un proyecto, pero la fase de conocimientos se basaba únicamente en clases magistrales convencionales. En el curso 2016-17, la evaluación se realizó mediante cuestionarios. Los estudiantes no realizaban tests de entrenamiento, si bien tenían la posibilidad de intentar recuperar o incluso subir su calificación cuando se sintiesen que estaban preparados. En el curso 2015-16, sin embargo, las pruebas de conocimientos no se basaron únicamente en exámenes tipo test, sino que los estudiantes tuvieron que superar exámenes de desarrollo vinculados al proyecto y evaluados mediante una rúbrica, por lo que no es posible comparar la mera adquisición de conocimientos del curso 2015-16 con el resto de cursos analizados.

Los estudiantes de los cursos incluidos en el caso de estudio (2017-18 y 2018-19) reaccionaron de forma similar, con una evolución positiva a lo largo de sus procesos de aprendizaje. La evaluación final se obtuvo ponderando por separado los conocimientos y el trabajo en el proyecto: la

calificación promediada de los 5 test de conocimientos (30%), el informe (14%), y la entrevista final (56%). Para superar la asignatura fue obligatorio obtener 5 o más puntos en todos los tests, en el informe y en la entrevista final. En caso de no conseguir la calificación mínima en todas las pruebas, la evaluación se puntuaba con la calificación más baja.

A. Resultados de los test de entrenamiento y evaluación

Las figuras 4 y 5 muestran, de izquierda a derecha, los resultados acumulados de los cinco módulos para el primer y el segundo test de entrenamiento, y la puntuación acumulada de los test de evaluación finales de todos los módulos, correspondientes a los cursos 2017-18 y 2018-19. El efecto de los test de entrenamiento en ambos cursos no es significativo a nivel cuantitativo. Hay una ligera mejora entre el primer y el segundo test de entrenamiento en ambos cursos, pero donde se observa una variación de forma más clara es en el test de conocimientos. Justo en este test cada estudiante tiene que hacer el examen de forma individual sabiendo que el resultado es esencial para su calificación en la asignatura, pero sin poder consultar a nadie, al contrario de lo que ocurría en los test de entrenamiento. Este efecto está causado probablemente por la procrastinación de los estudiantes y su necesidad de sentir cierto nivel de presión antes de ser capaces de invertir el tiempo requerido para mejorar sus calificaciones. Los test de entrenamiento actúan a nivel motivacional. Aunque se trate de preguntas difíciles, el hecho de haber tenido contacto

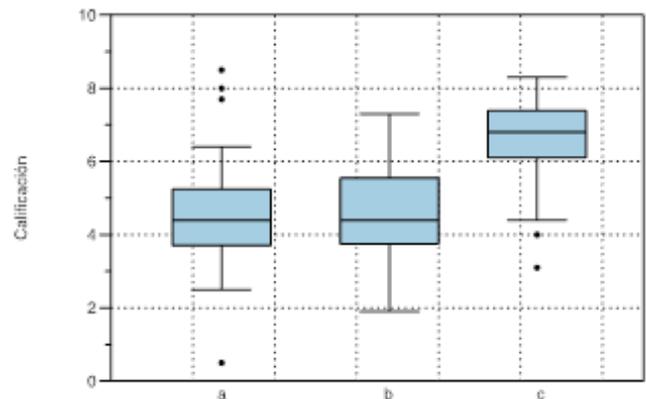


Fig. 4. Puntuación acumulada de los test de entrenamiento y de evaluación para lo 5 módulos correspondientes al curso 2017-18. (a) Primer test de entrenamiento. (b) Segundo test de entrenamiento. (c) Test de evaluación.

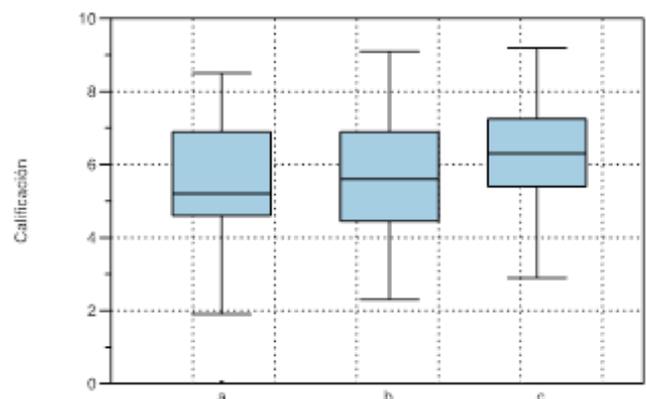


Fig. 5. Puntuación acumulada de los test de entrenamiento y de evaluación para lo 5 módulos correspondientes al curso 2018-19. (a) Primer test de entrenamiento. (b) Segundo test de entrenamiento. (c) Test de evaluación.

con este modelo de examen les hace sentir un mayor nivel de seguridad a la hora de enfrentarse a los test de evaluación.

B. Resultados finales en la evaluación

De los 42 estudiantes matriculados en la asignatura en el curso 2017-18, 7 no realizaron ningún examen o test. De los 35 restantes, 6 no superaron la entrevista, y 2 no superaron las pruebas de conocimientos. La mediana obtenida para los 35 estudiantes que se presentaron a las pruebas es de 6,7 puntos en una escala de 0 a 10. En la distribución de los resultados obtenida después de evaluar los proyectos, prácticamente la mitad de los estudiantes se situaron en el nivel II y la otra mitad en el nivel III (ver la distribución de cuartiles en la caja de la figura 6).

En cuanto a los resultados finales del curso 2018-19, en el momento de la entrega de este capítulo se disponen sólo de la evaluación de dos de los equipos (un equipo de 4 y otro de 3 estudiantes) al no haber terminado aún el curso académico. Aunque está pendiente de evaluación el resto de proyectos, los autores han decidido incluir estos resultados por ser una muestra representativa de los 22 estudiantes del curso 2018-19. La mediana de este grupo de alumnos es de 6,6 puntos, con una distribución muy similar a los resultados del curso 2017-18

Al comparar los resultados finales en todos los cursos analizados (ver fig. 6) el principal efecto que se observa es la disminución de la dispersión y un valor más alto de la mediana en los últimos dos cursos: en los cursos 2015-16 y

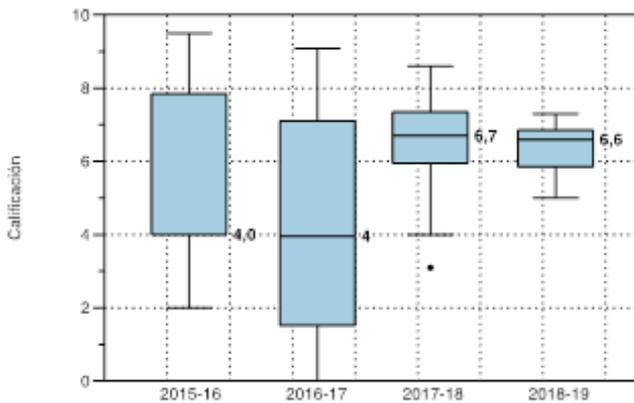


Fig. 6. Comparación de los resultados académicos finales entre los cursos 2015-16, 2016-17, 2017-18 y 2018-19.

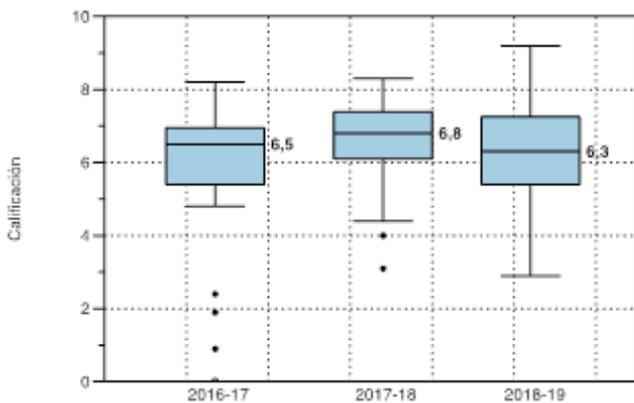


Fig. 7. Comparación de los resultados de los test de evaluación entre los cursos 2016-17, 2017-18 y 2018-19.

2016-17 se situaba en torno al 4,0, mientras que en los cursos 2017-18 y 2018-19 se sitúa justo por encima del 6,5.

Señalar por último que, a pesar de las variaciones en el resultado final, si se observa la fig. 7, donde se comparan los resultados sólo en las pruebas de evaluación, no hay prácticamente diferencia a nivel de las pruebas de conocimientos entre los cursos 2016-17, 2017-18 y 2018-19. El curso 2015-16 no se ha podido comparar en la fig. 7 debido a que, tal y como se indica al comienzo de esta sección, la estrategia evaluativa difiere de los cursos posteriores.

V. CONCLUSIONES

Aunque es posible actuar sobre el nivel de motivación de los estudiantes de ingeniería con el objeto de mejorar sus resultados de aprendizaje, es necesario además tener en cuenta, a la hora de diseñar los procesos de aprendizaje, otros factores que pueden alterar su desempeño, tales como las inercias previas que puedan tener o el efecto de procrastinación. El efecto que tiene el diseño del proceso de aprendizaje en nuestro caso de estudio es coherente con el comportamiento de la motivación de los estudiantes que se sugiere en los fundamentos teóricos, los cuales indican que, a mayor nivel de seguridad inicial, se experimenta una mejora de la motivación, lo que facilita el abordaje de los proyectos por parte de los estudiantes. El efecto de procrastinación se ha tenido en cuenta subiendo el nivel de estrés, a través de los test de evaluación, allí donde es necesario para provocar una mejora en el rendimiento de los estudiantes. Los resultados obtenidos al comparar la mera adquisición de conocimientos con los resultados finales que incluyen la evaluación de los proyectos apuntan a que, de alguna forma, los estudiantes son más capaces de integrar los conocimientos cuando reciben pequeñas dosis de motivación que cuando simplemente se enfrentan a exámenes convencionales. Los test de entrenamiento tienen el efecto de hacerles sentir más capaces, mientras mantienen la estructura conductualista a la que se han acostumbrados a lo largo de etapas educativas anteriores. También se han tenido en cuenta las inercias a través de los test de evaluación, creando la falsa percepción inicial de que conocimientos y práctica están separados, aunque las pruebas están diseñadas para que esos conocimientos sean reforzados y posteriormente integrados a través de un proyecto a nivel práctico. Aunque se trata únicamente de un único caso de estudio, el efecto observado hace pensar que se trata de una estrategia que funciona bien cuando los estudiantes no tienen aún la autonomía suficiente como para abordar un problema o un proyecto complejo sin desmotivarse. Cuando el examen se convierte en una herramienta de evaluación formativa los estudiantes reciben ese refuerzo positivo y además son capaces de confirmar o rechazar sus aprendizajes previos, tanto gracias a la realimentación proporcionada por su instructor, como por la que son capaces de proporcionarse entre ellos. Esto les permite un mejor desempeño en sus proyectos, lo que conlleva una mejora en sus resultados académicos.

REFERENCIAS

- [1] M. L. Montero Curiel, *El proceso de Bolonia y las nuevas competencias*. Junta de Extremadura. Consejería de Educación, 2010.
- [2] C. Hamodi, V. M. López Pastor, and A. T. López Pastor, "Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior", *Perfiles educativos*, vol. 37, no. 147, pp. 146-161, 2015.

- [3] M. A. Moreira, “¿Al final, qué es aprendizaje significativo?” *Curriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa*, no. 25, pp. 29–56, 2012.
- [4] R. M. Ryan and E. L. Deci, “Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being”. *American psychologist*, vol. 55, no. 1, p. 68, 2000.
- [5] B. D. Jones, “Motivating students to engage in learning: The music model of academic motivation”, *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, vol. 21, no. 2, pp. 272–285, 2009.
- [6] A. Johri, B. M. Olds, and K. O’Connor, “Situative frameworks for engineering learning research”, in *Cambridge handbook of engineering education research*, A. Johri and B. M. Olds, Eds., 2014.
- [7] E. Moesby, “Curriculum development for project-oriented and problem-based learning (POPBL) with emphasis on personal skills and abilities,” *Global Journal of Engineering Education*, vol. 9, no. 2, pp. 121–128, 2005.
- [8] W.C. Newstetterand, M.D.Svinicki, “Learning theories for engineering education practice,” in *Cambridge handbook of engineering education research*, A. Johri and B. M. Olds, Eds., 2014.
- [9] M. Alias, T. A. Lashari, Z. A. Akasah, and M. J. Kesot, “Translating theory into practice: integrating the affective and cognitive learning dimensions for effective instruction in engineering education,” *European Journal of Engineering Education*, vol. 39, no. 2, pp. 212–232, 2014.
- [10] M. M. MacKinnon, “Core elements of student motivation in problem-based learning,” *New directions for teaching and learning*, vol. 1999, no. 78, pp. 49–58, 1999.
- [11] D. Bowman and P. Hughes, “Emotional responses of tutors and students in problem-based learning: lessons for staff development,” *Medical Education*, vol. 39, no. 2, pp. 145–153, 2005.
- [12] C. E. Mora, B. An̄orbe Diaz, A. M. Gonzalez-Marrero, J. Martín-Gutiérrez, and B. D. Jones, “Motivational factors to consider when introducing problem-based learning in engineering education courses,” *International Journal of Engineering Education*, vol. 33, no. 3, pp. 1000–1017, 2017.
- [13] J. B. Biggs and K. F. Collis, *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press, 2014.



Carlos Efrén Mora es profesor de Tecnologías Marinas. En su doctorado estudió las dificultades que existen al implantar el aprendizaje activo en la educación técnica superior. Sus principales intereses de investigación se centran en la educación en ingeniería y en la educación de ingenieros social y medioambientalmente responsables. En sus publicaciones científicas ha analizado los procesos de aprendizaje vinculados al aprendizaje desde

el punto de vista de la motivación de los estudiantes, y qué factores pueden mejorarla o minarla. El profesor Mora trabaja como profesor en la Universidad de La Laguna (ULL) desde el 2004 enseñando Regulación y Control de Máquinas Marinas, y es actualmente miembro de la Sociedad Europea de Educación en Ingeniería.



Javier Machado-Toledo, Licenciado en Marina Civil, en la sección de Máquinas Navales por la Universidad de la Laguna, Máster Executive MBA por la Escuela de Organización Industrial (EOI). Desde 2016 desempeña el cargo de Delegado en la Comunidad Autónoma de Canarias en la multinacional TÜD SÜD ATISAE, que compagina con la actividad de profesor asociado en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería en la Universidad de la Laguna, impartiendo clases en las asignaturas de Simulación de Cargas Líquidas y Mantenimiento y Reparación de Instalaciones Marinas, en los Grados de Náutica y Transporte Marítimo y Tecnologías Marinas. Sus intereses se centran actualmente en el aprendizaje mediante resolución de problemas, así como en el estudio y empleabilidad de la transformación digital en el mundo industrial.



Mª Peña Fabiani-Bendicho, es la licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de La Laguna y Doctora en Ciencias Físicas por la Universidad de La Laguna. Inició su investigación, tanto pre como post doctoral, en el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), centrado en el desarrollo de nuevos métodos numéricos y computacionales para la resolución de ecuaciones diferenciales no lineales en tres dimensiones. Disfrutó durante dos años

de una beca de la Agencia Espacial Europea en el Kippenheuer Institut für Sonnenphysics (Freiburg, Alemania) que continuó con una beca postdoctoral del IAC en los telescopios Alemanes de Izaña (Tenerife), tras lo que obtuvo un contrato del CNRS (Centre National pour la Reserche Scientiphique, Francia) para trabajar en el telescopio THEMIS (Izaña, Tenerife). Desde el 2002 es profesora de la Universidad de la Laguna, del departamento de Ingeniería Industrial, impartiendo docencia en los Grados y Master de Ingeniería Industrial.



Jorge Martín-Gutiérrez, es profesor de Ingeniería Mecánica y Computacional. Realizó su tesis doctoral en la Universidad Politécnica de Valencia. Su investigación se centro en la mejora de las habilidades espaciales mediante el uso de tecnologías de Realidad Aumentada. Actualmente su trabajo explora el uso de herramientas de visualización de información como nuevos métodos de aprendizaje. Su interés se centra en el desarrollo de aplicaciones educativas basadas en las nuevas tecnologías, así como en estudios de motivación y usabilidad, centrandose su trabajo en el desarrollo de aplicaciones informáticas. Desde 2002 trabaja como Profesor en la Universidad de La Laguna enseñando Diseño asistido por Ordenador y Oficina Técnica.



Sara González-Pérez es Profesora del departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Laguna, del área de Ingeniería Eléctrica. Es doctora en Física Aplicada por la Universidad de La Laguna, donde obtuvo la máxima calificación Sobresaliente Cum Laude y el premio extraordinario de doctorado en la rama de Ciencias. Durante la etapa pre-doctoral su investigación se centró en la fabricación y caracterización de materiales (Tecnología de Materiales para aplicaciones industriales). En su etapa post doctoral ha continuado su labor investigadora en el área de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética. Autora de decenas de publicaciones en revistas internacionales de alto índice de impacto, ha participado como investigadora en una decena de proyectos de investigación y desarrollo. Durante la última década se ha involucrado activamente en una gran cantidad de eventos de divulgación científica, tanto en calidad de organizadora (Pint of Science) como de divulgadora en ferias, talleres, debates, etc.

En su etapa post doctoral ha continuado su labor investigadora en el área de las Energías Renovables y la Eficiencia Energética. Autora de decenas de publicaciones en revistas internacionales de alto índice de impacto, ha participado como investigadora en una decena de proyectos de investigación y desarrollo. Durante la última década se ha involucrado activamente en una gran cantidad de eventos de divulgación científica, tanto en calidad de organizadora (Pint of Science) como de divulgadora en ferias, talleres, debates, etc.

Capítulo 13

Ecosistemas Software: Análisis de revisiones sistemáticas de literatura

Alicia García-Holgado y Francisco J. García-Peñalvo, Members, IEEE

Title—Software ecosystems: Analysis of systematic literature reviews.

Abstract— Software ecosystems, and in particular, technological ecosystems, allow solving problems related to the management of information and knowledge in all types of organizations. In order to improve the definition and development of this type of technological solutions, first, previous investigations must be identified and analyzed. In this way it is intended to clarify if there are solutions in the literature that allow solving the identified problems. As a preliminary phase to the systematic literature review, an analysis focused on systematic literature studies about software ecosystems has been carried out. This analysis was done through a systematic mapping.

Keywords— Technological ecosystems, software ecosystems, software engineering, systematic mapping, systematic literature review.

Abstract— Los ecosistemas *software*, y en particular, los ecosistemas tecnológicos, permiten resolver problemas relacionados con la gestión de la información y el conocimiento en todo tipo de organizaciones. Con el fin de mejorar la definición y desarrollo de este tipo de soluciones tecnológicas, en primer lugar, se deben identificar y analizar las investigaciones previas. De esta manera se pretende esclarecer si existen soluciones en la literatura que permitan resolver los problemas identificados. Como fase previa a la revisión sistemática de la literatura, se ha llevado a cabo un análisis centrado en estudios sistemáticos de la literatura sobre ecosistemas *software*. Dicho análisis se ha realizado a través de un mapeo sistemático.

Keywords— Ecosistemas tecnológicos, ecosistemas *software*, ingeniería de *software*, mapeo sistemático, revisión sistemática de la literatura.

I. INTRODUCCIÓN

LA metáfora de ecosistema, que proviene del área de la biología, se utiliza en diferentes contextos para transmitir la naturaleza evolutiva de los procesos, actividades y relaciones. Desde un punto de vista tecnológico, Iansiti y Levien [1] son los primeros en relacionar la tecnología con los ecosistemas empresariales al afirmar que evolucionan en torno a una plataforma. Según Manikas [2], la investigación en ecosistemas *software* (SECO) comenzó en 2005 con el libro de Messerschmitt y Szyperski [3].

Hay diferentes definiciones de SECO en la literatura [4-8]. Además, aunque el término más común es ecosistema

software, hay algunos autores que utilizan otros términos como ecosistema digital [9, 10], ecosistema de servicio [11] o ecosistema tecnológico [12, 13], entre otros, para hablar de un conjunto de componentes de *software* que están relacionados entre sí de alguna manera para dar lugar a sistemas más complejos. Cada término tiene diferentes matices. Concretamente, los autores de este trabajo utilizan el término “ecosistema tecnológico” para destacar las características evolutivas y el factor humano como parte del ecosistema, que está compuesto por componentes de *software* heterogéneos sin una plataforma o elemento central.

Es necesario mejorar la definición y el desarrollo de los ecosistemas tecnológicos para resolver los principales problemas detectados en estudios anteriores [12, 14]. Para alcanzar este objetivo, se requiere identificar y analizar las soluciones disponibles en la literatura en el campo de la ingeniería de *software* aplicada a los ecosistemas.

La revisión sistemática de la literatura (SLR), una metodología propuesta por Kitchenham y Charters [15], proporciona las pautas para identificar y analizar la literatura asociada con un tema específico. La primera actividad definida por esta metodología es la identificación de la necesidad de una revisión. Antes de planificar y realizar una SLR sobre soluciones de ingeniería de *software* para definir y desarrollar ecosistemas *software*, es necesario identificar si hay otras SLR en la literatura con el mismo objetivo. Para hacer esto, se ha realizado una SLR enfocada en revisiones sistemáticas de literatura y estudios de mapeo sobre ecosistemas *software*.

Este capítulo tiene como objetivo describir el mapeo realizado para complementar la revisión sistemática de la literatura sobre SLRs de ecosistemas *software*.

El capítulo está dividido en cinco secciones. La segunda sección describe la fase de planificación del estudio de mapeo. La tercera sección presenta el proceso de extracción de datos. La cuarta sección responde a las preguntas de mapeo. La quinta sección analiza los resultados. Finalmente, la última sección resume las principales conclusiones de este trabajo.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se basa en las directrices proporcionadas por Kitchenham y Charteres [15] para llevar a cabo revisiones sistemáticas de la literatura y las proporcionadas por Petersen [16, 17] en relación a los estudios de mapeo. En particular, el proceso se organiza en tres fases principales: la planificación, la realización e la elaboración del informe.

A. Preguntas de investigación

El objetivo principal de este estudio es encontrar y analizar las revisiones sistemáticas de la literatura y los mapeos sobre los ecosistemas de *software*. Concretamente, el presente mapeo sistemático de la literatura tiene como objetivo responder las siguientes preguntas:

- MQ1. ¿Cuántos estudios se publicaron a lo largo de los años?
- MQ2. ¿Quiénes son los autores más activos en el área?
- MQ3. ¿Qué tipo de artículos se publican?
- MQ4. ¿En qué fuentes aparecen este tipo de estudios?
- MQ5. ¿Cuáles son las bases de datos más utilizadas en este tipo de estudios?
- MQ6. ¿Qué términos de búsqueda se utilizan para definir la cadena de búsqueda en este tipo de estudios?
- MQ7. ¿En qué dominios se enfocan los estudios?
- MQ8. ¿Qué años cubren los estudios de revisión y mapeo?
- MQ9. ¿Qué tipo de revisiones se publican?

Posteriormente se ha utilizado el método PICOC propuesto por Petticrew y Roberts [18] para definir el alcance de la revisión:

- Población (P): revisiones sistemáticas de la literatura y mapeos sistemáticos.
- Intervención (I): realizar una revisión sistemática de la literatura sobre arquitectura de *software* e ingeniería dirigida por modelos, en inglés *Model Driven Engineering* (MDE), en ecosistemas tecnológicos.
- Comparación (C): no hay comparación.
- Resultados (O): las revisiones y mapeos sistemáticos sobre ecosistemas tecnológicos.
- Contexto (C): contextos relacionados con los ecosistemas tecnológicos y los ecosistemas *software*.

B. Criterios de inclusión y exclusión

Una vez establecido el alcance de la revisión, se ha definido un conjunto de criterios de inclusión y exclusión para seleccionar aquellos trabajos que son relevantes a la hora de responder las preguntas de investigación definidas. Específicamente, se definieron cinco criterios de inclusión (IC) y los cinco criterios de exclusión (CE) correspondientes:

- IC1: el documento describe una revisión de la literatura o un mapeo centrado en ecosistemas *software* o tecnológicos Y
- IC2: La revisión de la literatura o el mapeo presentado siguen un proceso sistemático Y
- IC3: el documento está escrito en inglés Y
- IC4: el documento se publica en revistas, libros, conferencias o talleres de revisión por pares Y
- IC5: la versión completa del documento está disponible a través de la institución de los autores o mediante la membresía de los autores a una asociación.

Respecto a los criterios de exclusión:

- EC1: el documento no describe una revisión de la literatura o un mapeo centrado en ecosistemas *software* o tecnológicos O
- EC2: la revisión de la literatura o el mapeo presentado no siguen un proceso sistemático O

- EC3: el documento no está escrito en inglés O
- EC4: el documento no se publica en revistas, libros, conferencias o talleres de revisión por pares O
- EC5: la versión completa del documento no está disponible a través de la institución de los autores o la membresía de los autores a una asociación.

C. Estrategia de búsqueda

En primer lugar, las fuentes seleccionadas para llevar a cabo las búsquedas son cuatro bases de datos electrónicas: Scopus, Web of Science (WoS), IEEE Xplorer y ACM Digital Library. Estas bases de datos fueron elegidas de acuerdo con un conjunto de requisitos:

- Es una base de datos de referencia en el ámbito de la investigación.
- Es una base de datos relevante en el área de investigación en este estudio de mapeo.
- Permite utilizar una cadena de búsqueda igual o similar al resto de las bases de datos seleccionadas.
- Es una base de datos disponible a través de la institución de los autores o la membresía de los autores a una asociación.
- Con respecto a los términos de búsqueda, se identificaron a partir del PICOC y los sinónimos o alternativas utilizados en la literatura para hablar sobre revisiones sistemáticas y ecosistemas tecnológicos.

Los términos de búsqueda se han definido en inglés de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión. En particular, los términos de búsqueda elegidos relacionados con los ecosistemas son: *technological ecosystem* (ecosistema tecnológico), *software ecosystem* (ecosistema *software*), *SECO*, *information ecosystem* (ecosistema de información), *ERP ecosystem* (ecosistema ERP), *open ecosystem* (ecosistema abierto), *learning ecosystem* (ecosistema de aprendizaje).

Por otro lado, los términos relacionados con las revisiones sistemáticas de la literatura son: SLR, *Systematic Literature Review* (revisión sistemática de la literatura), *systematic mapping* (mapeo sistemático), *literature review* (revisión de la literatura).

D. Cadenas de búsqueda

Las cadenas de búsqueda para cada fuente elegida se han definido a partir de los términos de búsqueda conectados por operadores booleanos AND / OR. Además, en Scopus y WoS se usó el comodín (*) para incluir tanto el singular como el plural de cada término.

No se aplicaron restricciones de tiempo en la búsqueda, es decir, los resultados no fueron limitados por el año de publicación de los artículos. Con respecto a las áreas o categorías temáticas, se aplicaron algunas restricciones en WoS y Scopus para evitar documentos relacionados con los ecosistemas biológicos. En particular, las categorías “VETERINARY SCIENCES” y “AGRICULTURE DAIRY ANIMAL SCIENCE” fueron excluidas en WoS y las áreas temáticas “Agricultural and Biological Sciences” y “Social Sciences” en Scopus. En cuanto a los tipos de documentos, solo se han incluido artículos en conferencias, artículos en revistas, capítulos de libros y revisiones.

Los términos elegidos se han buscado en el título, las palabras clave y el resumen de los documentos. A continuación, se presenta la consulta base:

("technological ecosystem" OR "software ecosystem*" OR SECO OR "information ecosystem*" OR "ERP ecosystem*" OR "open ecosystem*" or "learning ecosystem*") AND (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review")*

Esta consulta se ha adaptado a cada una de las bases de datos seleccionados, de tal forma que, a continuación, se muestran las cadenas correspondientes:

- WoS:

TS=(("technological ecosystem" OR "software ecosystem*" OR SECO OR "information ecosystem*" OR "ERP ecosystem*" OR "open ecosystem*" or "learning ecosystem*") AND (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review"))*

- Scopus:

TITLE-ABS-KEY ("technological ecosystem" OR "software ecosystem*" OR seco OR "information ecosystem*" OR "ERP ecosystem*" OR "open ecosystem*" OR "learning ecosystem*") AND TITLE-ABS-KEY (slr OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ch") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "AGRI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MEDI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "SOCI")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))*

- IEEE Xplorer:

("technological ecosystem" OR "software ecosystem" OR SECO OR "information ecosystem" OR "ERP ecosystem" OR "open ecosystem" or "learning ecosystem") AND (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review")

- ACM Digital Library:

((acmdlTitle: ("technological ecosystem" OR "software ecosystem" OR SECO OR "information ecosystem" OR "ERP ecosystem" OR "open ecosystem" OR "learning ecosystem") OR recordAbstract: ("technological ecosystem" OR "software ecosystem" OR SECO OR "information ecosystem" OR "ERP ecosystem" OR "open ecosystem" OR "learning ecosystem")) AND (acmdlTitle: (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review") OR recordAbstract: (SLR OR "Systematic Literature Review" OR "systematic mapping" OR "literature review")))

III. EXTRACCIÓN DE DATOS

El proceso de extracción de datos es un proceso iterativo e incremental que se ha dividido en varias etapas en las que se han llevado a cabo diferentes actividades. Para describir el proceso, se utiliza un flujo PRISMA [19] (Figura 1).

En primer lugar, se han identificado los resultados obtenidos tras aplicar las cadenas de búsqueda. Para ello, los resultados se han descargado en formato CSV (valores separados por comas), posteriormente se han almacenado en un repositorio en GitHub [20] y se han organizado en una hoja de cálculo en Google Sheets (<http://bit.ly/2yz5n3Y>). La hoja de cálculo está configurada para detectar automáticamente

títulos duplicados con el fin de facilitar su detección y eliminación. Además, para cada trabajo se ha indicado en qué fuentes está presente.

En segundo lugar, se han analizado el título, el resumen y las palabras clave de cada trabajo, y se han aplicado los criterios de inclusión y exclusión. Los trabajos se organizaron en otra hoja dentro del mismo documento de Google Sheets, y cada trabajo se ha marcado como candidato o no, según los criterios de inclusión y exclusión (<http://bit.ly/2MJRVqu>).

Finalmente, cada trabajo candidato se ha leído en detalle para decidir si cumple con un conjunto de características o criterios de calidad. Durante este análisis, se han respondido las siguientes preguntas:

- ¿Realiza un mapeo de literatura?
- ¿Realiza una revisión de la literatura?
- ¿Cuál es el dominio?
- ¿Qué aspectos de los ecosistemas tecnológicos analiza?
- ¿Cuáles son las preguntas de investigación?
- ¿Qué años abarcan?
- ¿Cuáles son las fuentes utilizadas?
- ¿Qué términos de búsqueda se utilizan?

Después de la lectura completa de los trabajos, se identificaron otros documentos relevantes. Concretamente, un documento, que también se ha leído en profundidad para responder a las preguntas descritas anteriormente. Toda la información se ha organizado en una tercera hoja de cálculo (<http://bit.ly/2K3D0vP>). La Tabla 1 muestra la correspondencia entre las variables recopiladas y las preguntas de mapeo.

TABLA 1
RELACIÓN ENTRE VARIABLES RECOGIDOS Y PREGUNTAS DE MAPPING

Variable	Valor	Pregunta
Mapping	Campo lógico para indicar que el estudio realiza un mapeo	MQ9
Review	Campo lógico para indicar que el estudio realiza una revisión	MQ9
Domain	Dominio o dominios en los que se centra el estudio	MQ7
Period	Rango de años en los que se publicaron los estudios elegidos	MQ8
Databases	Bases de datos electrónicas utilizadas para realizar el estudio	MQ5
Search terms	Palabras utilizadas para definir la cadena de búsqueda	MQ6
Authors	Conjunto de nombres de los autores	MQ2
Year	Año de publicación	MQ1
Type of publication	Uno de los siguientes valores: artículo, libro, capítulo y comunicación	MQ3
Present in WoS	Campo lógico para indicar si el trabajo aparece en esta base de datos	MQ4
Present in Scopus	Campo lógico para indicar si el trabajo aparece en esta base de datos	MQ4
Present in IEEE Xplorer	Campo lógico para indicar si el trabajo aparece en esta base de datos	MQ4
Present in ACM Digital Library	Campo lógico para indicar si el papel aparece en esta base de datos	MQ4

Los resultados obtenidos después de llevar a cabo este proceso se describen en la Figura 1 a través del flujo PRISMA [19]:

- Después de aplicar las cadenas de búsqueda en cada fuente, se han obtenido 62 artículos, de los cuales 23 son de Scopus, 16 de WoS, 7 de IEEE Xplorer y 16 de ACM Digital Library.
- Después de eliminar los duplicados, hay 43 artículos.
- Una vez que se han aplicado los criterios de inclusión y exclusión al título, el resumen y las palabras clave, hay 12 artículos (27.9% de los trabajos únicos recuperados).
- Se agregó un papel después de leer los seleccionados.
- Finalmente, se han analizado en profundidad un total de 13 artículos (30.23% de los trabajos únicos recuperados).

IV. RESULTADOS DEL MAPEO

Esta sección presenta los datos obtenidos después del proceso de extracción de datos y el análisis de los documentos seleccionados. Se ha utilizado un *notebook* en Python de Jupyter (<http://jupyter.org>) como soporte técnico de este proceso [20]. El *notebook* se conecta a la hoja de cálculo en Google Sheets (<http://bit.ly/2K3D0vP>) y procesa los datos. El *notebook* se basa en el trabajo desarrollado por Cruz-Benito <http://bit.ly/2tS9JgF>.

A. MQ1. ¿Cuántos estudios se publicaron a lo largo de los años?

Para responder a la primera pregunta de mapeo, se ha contabilizado el número de trabajos seleccionados por año. Los resultados abarcan desde 2011 hasta 2018. La última actualización de la revisión se realizó en marzo de 2018. La Figura 2 muestra visualmente la distribución de trabajos por año.

B. MQ2. ¿Quiénes son los autores más activos en el área?

La segunda pregunta de mapeo se centra en los autores de las obras seleccionadas. El número de trabajos publicados por cada autor se ha contabilizado para responder a esta pregunta.

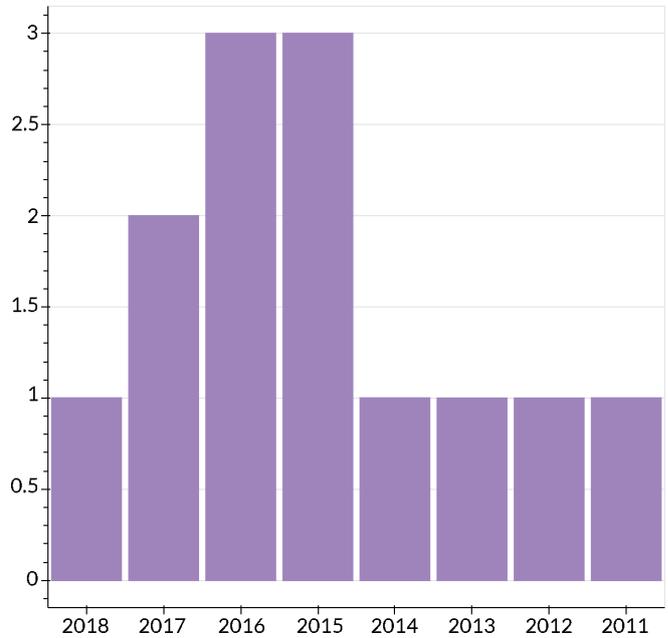


Figura 2. Gráfica con el número de publicaciones por año.

Aunque no es habitual que un autor publique varias revisiones sistemáticas o mapeos sobre el mismo tema, algunos autores han realizado más de un estudio. En particular, Manikas aparece en tres obras [2, 21, 22] y Alves [23, 24] y Andersson [25, 26] aparecen en dos obras. Los otros autores aparecen solo una vez en el contexto de este estudio de mapeo. La Tabla 2 muestra la lista completa de autores y el número de trabajos en los que aparecen.

C. MQ3 ¿Qué tipo de artículos se publican?

De acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, solo se incluyen los trabajos que han participado en un proceso de revisión por pares, ya sea en revistas, conferencias, libros o talleres.

Cada base de datos electrónica proporciona metadatos de cada trabajo, el tipo de publicación es parte de esta información. La nomenclatura utilizada se unificó para tener una respuesta clara a la pregunta de mapeo actual. En particular, el tipo “Proceedings paper” utilizado en WoS fue reemplazado por el término utilizado en Scopus, “Conference paper”.

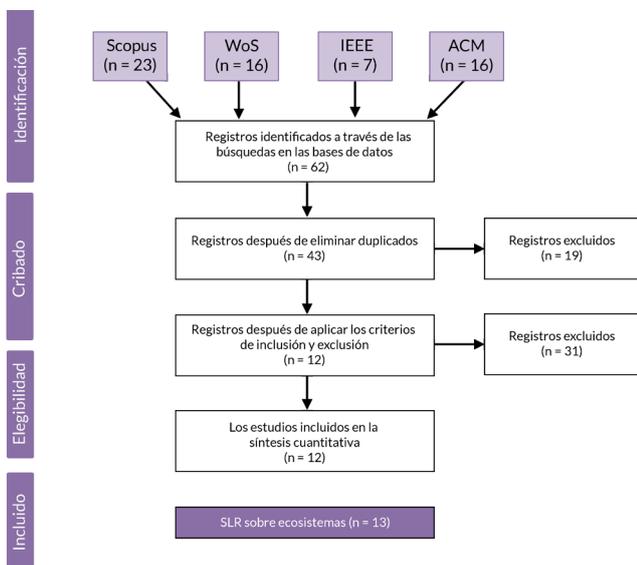


Figura 1. Flujo PRISMA. Adaptado de [19].

TABLA 2.

NOMBRE DE LOS AUTORES DE REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS SISTEMÁTICAS Y ESTUDIOS DE MAPEO SOBRE SECO

Nombre	Total
Manikas, K	3
Alves, C.; Andersson, J	2
Ameller, D; Axelsson, J; Barbosa, O.; Costal, D; Dias-Neto, AC; Duc, A.N.; Dybå, T.; Fiedler, M; Fontao, AD; Fotrousi, F; Franch, X; Franco-Bedoya, O; Fricker, SA; Gao, S.; Hansen, KM; Hanssen, G.; Hyrynsalmi, S; Jansen, S.; Jarvi, A; Le-Gall, F; Nokkala, T; Oliveira, J.; Papatheocharous, E; Pettersson, O; Seppanen, M; Sindre, G.; Suominen, A; Vegendla, A.; dos Santos, RP	1

TABLA 3.

PAPELES AGRUPADOS POR TIPO DE PUBLICACIÓN.

Tipo	Total	Trabajos
Artículo	4	[2] [22] [27] [28]
Ponencia en congreso	9	[23] [29] [30] [31] [32] [26] [21] [25] [24]

D. MQ4. ¿En qué fuentes aparecen este tipo de estudios?

Esta pregunta permite determinar cuál de las cuatro bases de datos electrónicas elegidas para realizar este estudio tiene el mayor número de trabajos entre los seleccionados.

La Tabla 4 muestra en qué base de datos están disponibles los trabajos finales después de aplicar el protocolo de búsqueda. Todos los documentos están disponibles en Scopus y la mayoría en WoS (9 documentos). Solo un trabajo seleccionado está disponible en IEEE Xplorer, y ninguno en ACM.

E. MQ5. ¿Cuáles son las bases de datos más utilizadas en este tipo de estudios?

La primera fase de una revisión sistemática de la literatura se centra en la planificación del estudio y la definición del protocolo de búsqueda. La selección de las fuentes en las que se realiza el estudio afecta a los registros recopilados. Esta pregunta de mapeo apunta a saber cuáles son las bases de datos electrónicas elegidas como fuentes en las revisiones y mapeos relacionados con los ecosistemas tecnológicos (Figura 3).

Las fuentes principales son IEEE Xplorer, que se utiliza en 12 artículos, seguido de ACM Digital Library y ScienceDirect que aparece en 11 trabajos. Además, hay dos bases de datos, Inspec y Compendex, que están disponibles a través de Engineering Village, que se utiliza en 2 trabajos.

TABLA 4
DOCUMENTOS AGRUPADOS POR BASE DE DATOS ELECTRÓNICA.

Base de datos	Total	Trabajos
WoS	9	[2] [22] [27] [30] [31] [32] [26] [21] [25]
Scopus	13	[2] [22] [27] [28] [23] [29] [30] [31] [32] [26] [21] [25] [24]
IEEE Xplorer	1	[31]
ACM Digital Library	0	

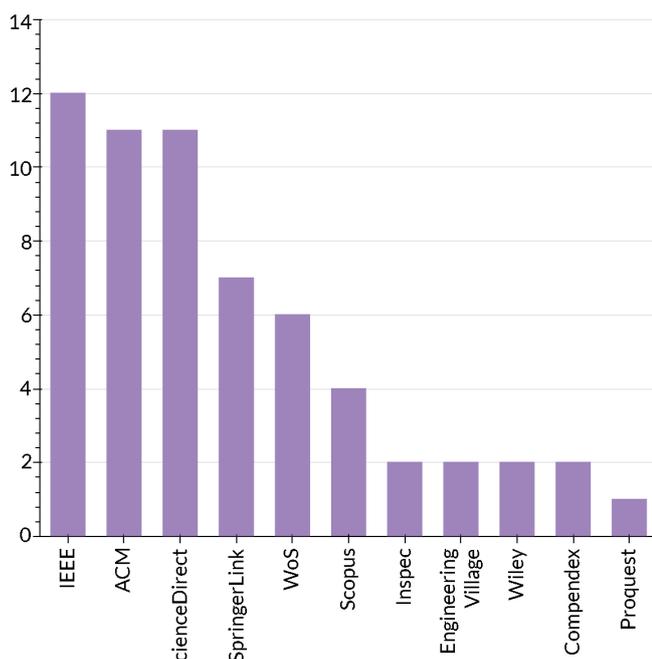


Figura 3. Gráfica con el número de papeles que usan cada fuente.

F. MQ6. ¿Qué términos de búsqueda se utilizan para definir la cadena de búsqueda en este tipo de estudios?

Con respecto a los términos de búsqueda, el término más común es “software ecosystem”, que aparece en 11 trabajos. La versión plural aparece junto con la versión singular solo en 5 trabajos. El término “software supply network” se utiliza en 3 trabajos como una forma de identificar los ecosistemas *software*. Hay tres términos que aparecen solo en 2 trabajos: “business model”, “ecosystem” y “significance”. Los otros términos aparecen solo una vez en el contexto de este estudio de mapeo. En relación con el término “technological ecosystem” no se utiliza en ninguno de estos documentos. La Tabla 5 muestra la lista completa de términos de búsqueda y la cantidad de trabajos que los utilizan.

G. MQ7. ¿En qué dominios se enfocan los estudios?

La revisión sistemática de la literatura o los mapeos se centran en un dominio específico para analizar su estado de la cuestión, pero cada dominio puede tener varios subdominios o dominios asociados. Aunque todos los estudios seleccionados pertenecen al dominio de los ecosistemas *software*, algunos estudios se centran en un aspecto o subdominio particular de los ecosistemas *software* (Figura 4).

TABLA 5
NÚMERO DE ARTÍCULOS QUE UTILIZAN LOS TÉRMINOS DE BÚSQUEDA.

Palabras clave	Total
<i>software ecosystem</i>	11
<i>software ecosystems</i>	5
<i>software supply network</i>	3
<i>business model</i>	2
<i>ecosystem</i>	2
<i>significance</i>	2
<i>FLOSS; FOSS; ISO42010; OSS; academic community; activity; advantage; advantages; analy*; analytic; android; app; apple; application; applications; apps; area; areas; attribute; blackberry; businessmodel; challenge; challenges; characteristic; cloud ecosystem; cloud supply network; communic* ecosystem; communic* supply network; consequence; consequences; digital ecosystem; digital supply network; discipline; disciplines; document; documentation; documenting; eco system; eco-system; elicit*; embedded; embedded software; embedded system; field; free software; game; games; google; health; ict ecosystem; ict supply network; implication; implications; indicator; industry; innovation system; ios; key characteristic; kpi; libre software; limitation; limitations; maintainability; manag*; market; marketplace; measure; metric; microsoft; mobile; mobile ecosystem; mobile supply network; model; model*; modeling; negotiate; nokia; non-functional requirement; open innovation; open source; open-source; opensource; performance; platform ecosystem; product development; product line; product-line; productline; quality attribute; reliability; requirement; restriction; restrictions; reward; safety; security; service ecosystem; service supply network; software development; software engineering; software intensive ecosystem; software intensive supply network; software quality; software supply Industry; software supply industry; software vendor; software vendors; specif*; strategic innovation; subject area; subject field; success factor; systems engineering; telecom* ecosystem; telecom* supply network testability; third party; third-party; usability; valid*; verif*; view; viewpoint; windows</i>	1

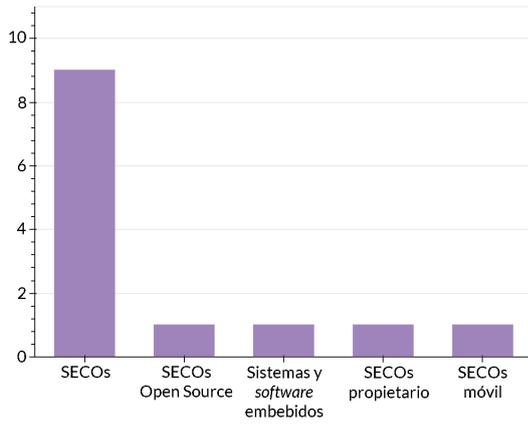


Figura 4. Gráfica con el número de trabajos por dominio.

La mayoría de los documentos se centran en los ecosistemas *software* en general (9). Los otros se centran en un tipo particular de ecosistema *software* de acuerdo con dos dimensiones, licencia (código abierto y propietario) y dispositivo (integrado y móvil). En particular, con respecto a la licencia, 1 documento sobre ecosistemas *software* de código abierto y 1 artículo sobre ecosistemas *software* propietario; y con respecto al dispositivo, 1 documento sobre ecosistemas integrados y 1 documento sobre ecosistemas *software* móvil.

H. MQ8. ¿Qué años cubren los estudios de revisión y mapeo?

Otro punto de estudio en el presente capítulo es el análisis del período que abarcan los diferentes estudios. La Figura 5 proporciona una visión general de los diferentes periodos; el eje “x” representa el año de publicación del documento más antiguo y el eje “y” representa el año de publicación del documento más reciente obtenido después de aplicar el protocolo de búsqueda en cada uno de los estudios.

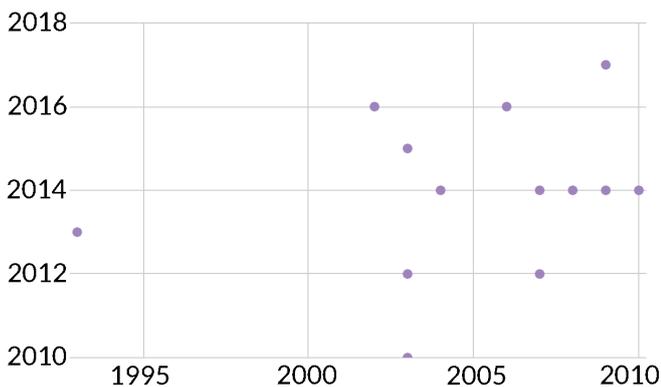


Figura 5. Distribución de los períodos de tiempo cubiertos por cada estudio.

TABLA 5. TRABAJOS CLASIFICADOS POR TIPO DE ESTUDIO.

Trabajos	Tipo
[29] [24] [32] [21]	Revisión
[27] [25] [31] [26] [30] [28] [23]	Mapeo
[2] [22]	Revisión y mapeo

I. MQ9. ¿Qué tipo de revisiones se publican?

Finalmente, hay dos tipos de estudios, revisión sistemática de la literatura y estudios de mapeo sistemático. Además, es posible realizar ambos estudios juntos, es decir, algunos trabajos combinan preguntas de investigación con preguntas de mapeo. Hay más estudios de mapeo (7 trabajos) entre los documentos seleccionados que revisiones sistemáticas (4 trabajos). Por otra parte, 2 trabajos conducen ambos estudios. La tabla 5 muestra la clasificación de los trabajos según el tipo de estudio realizado.

V. DISCUSIÓN

Hay 13 trabajos seleccionados sobre revisiones sistemáticas de literatura y/o estudios de mapeo sobre ecosistemas *software*, pero cada estudio se centra en diferentes aspectos de este tipo de soluciones (Tabla 6). Para más detalles, un resumen de los principales hallazgos de cada estudio está disponible en [33].

Con respecto a los diferentes dominios en los que se enmarca cada estudio, hay dos estudios que brindan una visión general sobre el estado de la investigación en SECO, un mapeo sistemático realizado por Barbosa y Alves en 2011 [23], y una SLR realizada por Manikas y Hansen en 2013 [2] y actualizado en 2016 [22]. Hay un tercer trabajo en 2012 sobre los fundamentos teóricos de los ecosistemas *software* [29], pero es un artículo breve publicado en una conferencia y no proporciona una visión general completa.

TABLA 6. RESUMEN DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Trabajo	¿Qué aspectos de los ecosistemas tecnológicos se analizan?
[23]	Primer mapeo sistemático sobre ecosistemas <i>software</i> . Identifica las características y un conjunto de limitaciones y desafíos de los ecosistemas <i>software</i> .
[29]	Describe los fundamentos teóricos de los ecosistemas <i>software</i> .
[2]	Revisión sistemática de literatura sobre ecosistemas <i>software</i> . Analiza los tipos de soluciones para mejorar los ecosistemas <i>software</i> .
[30]	Analiza los indicadores clave de rendimiento (KPI). Identifica los objetivos de los ecosistemas <i>software</i> en los que se aplican los KPI.
[32]	La revisión sistemática se centra en el concepto de “salud del ecosistema”, que se refiere a un conjunto de indicadores clave de bienestar, longevidad y rendimiento del ecosistema <i>software</i> .
[26]	Realiza un mapeo de la literatura centrado en diferentes aspectos de los ecosistemas, líneas de productos e innovaciones estratégicas en el desarrollo de <i>software</i> integrado y productos de sistemas.
[31]	Proporciona una visión general de los ecosistemas <i>software</i> móvil (MSECO). Identifican sus principales características y determinan las áreas comunes que se investigan en la literatura.
[25]	Mapeo sistemático sobre cómo se describen y documentan los ecosistemas <i>software</i> .
[22]	Este trabajo es una revisión de [2].
[21]	Realiza un análisis de los ecosistemas <i>software</i> propietario utilizando las publicaciones identificadas en el anterior SLR.
[27]	Estudio de mapeo sistemático sobre ecosistemas <i>software</i> de código abierto centrado en lo que son y cómo se modelan.
[24]	Se centra en un aspecto particular de los ecosistemas <i>software</i> , los mecanismos de gobierno de este tipo de soluciones tecnológicas.
[28]	Realiza un mapeo sistemático sobre la ingeniería de requisitos en los ecosistemas <i>software</i> .

Además, hay 4 trabajos [21, 26, 27, 31] centrados en el estado de la investigación, pero en un subdominio particular de SECO. Estos documentos analizan las características y el estado del arte de un tipo específico de SECO (código abierto, propietario, móvil e integrado).

Finalmente, hay 5 estudios que profundizan en una característica particular o técnica relacionada con los ecosistemas *software*: 1 trabajo sobre ingeniería de requisitos [28]; 1 trabajo que analiza los mecanismos de gobernanza en SECO [24]; 1 trabajo centrado en indicadores clave de rendimiento (KPI) [30]; 1 trabajo sobre “salud del ecosistema” que se refiere a un conjunto de indicadores clave de bienestar, longevidad y rendimiento de un SECO [32]; y 1 trabajo sobre cómo documentar o describir los SECO [25].

Los resultados de este estudio de mapeo confirman la declaración de Manikas [2], la investigación en ecosistemas *software* está en sus inicios. La distribución de puntos en la Figura 5 muestra el período en el que el campo de los ecosistemas *software* está ganando importancia entre las investigaciones publicadas. La mayoría de los estudios analizan trabajos publicados durante las últimas dos décadas. Esto es comprensible debido a la primera publicación en la que aparece el concepto de ecosistema *software* en 2005 por Messerschmitt y Szyperki [3]. Además, la mayoría de las revisiones y mapeos sistemáticos de la literatura analizados se publicaron durante los últimos cuatro años (Figura 2).

Hay que destacar que todos los estudios se centran en los ecosistemas *software*, dejando de lado otros conceptos, como los ecosistemas digitales o los ecosistemas tecnológicos. Aunque algunos estudios incluyen estos conceptos en sus términos de búsqueda, 11 trabajos (84.62% de los registros finales seleccionados) utilizan el término ecosistema *software*. Además, 4 trabajos solo usan el término ecosistema *software* (singular o plural) para construir la cadena de búsqueda, principalmente los estudios realizados por Manikas [2, 21, 22].

VI. CONCLUSIONES

Hay varios trabajos en la literatura que describen una revisión sistemática de la literatura o un estudio de mapeo relacionado con los ecosistemas *software*. Algunos estudios proporcionan una visión completa de este tipo de soluciones y otros profundizan en aspectos específicos, pero algunos aspectos aún requieren atención. En particular, algunos estudios clasifican los diferentes enfoques para desarrollar ecosistemas *software*, como patrones arquitectónicos o metamodelos, pero no hay una revisión sistemática centrada en estas arquitecturas de *software* e ingeniería dirigida por modelos en ecosistemas *software*.

Respecto a los ecosistemas tecnológicos, aunque este concepto está enmarcado en el campo de los ecosistemas *software*, presenta diferentes matices que necesitan soluciones centradas en la evolución del ecosistema [12, 13, 34] y la inclusión del factor humano al mismo nivel que los componentes *software* [35], pero todos los estudios analizados se centran en los ecosistemas *software*.

Este trabajo proporciona una base para identificar brechas y oportunidades de investigación en el área de los ecosistemas *software*. Proporciona un estado de la cuestión global a través de estudios validados, tomando como puntos de referencia la revisión sistemática realizada por Manikas [2, 22] y el mapeo sistemático por Barbosa y Alves [53].

Finalmente, el análisis de los diferentes estudios sienta las bases para llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura centrada en soluciones en el campo de la ingeniería de *software* aplicada a los ecosistemas *software*, con especial énfasis en los ecosistemas tecnológicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se ha llevado a cabo dentro del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca (<http://knowledgesociety.usal.es>) con el apoyo del Ministerio español de Educación, Cultura y Deporte a través de una beca FPU (FPU014/04783).

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España a través del proyecto DEFINES (Ref. TIN2016-80172-R) y la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León (España) a través del proyecto T-CUIDA (Ref. SA061P17).

REFERENCES

- [1] M. Iansiti and R. Levien, “Strategy as ecology,” *Harvard Business Review*, vol. 82, no. 3, pp. 68-78, 2004.
- [2] K. Manikas and K. M. Hansen, “Software ecosystems – A systematic literature review,” *Journal of Systems and Software*, vol. 86, no. 5, pp. 1294-1306, 05/05/2013 2013.
- [3] D. G. Messerschmitt and C. Szyperki, “Software ecosystem: understanding an indispensable technology and industry,” *MIT Press Books*, vol. 1, 2005.
- [4] M. Lungu, M. Lanza, T. Gırba, and R. Robbes, “The Small Project Observatory: Visualizing software ecosystems,” *Science of Computer Programming*, vol. 75, no. 4, pp. 264-275, 2010.
- [5] M. Lungu, “Towards reverse engineering software ecosystems,” in *Software Maintenance, 2008. ICSM 2008. IEEE International Conference on*, 2008, pp. 428-431: IEEE.
- [6] S. Jansen, A. Finkelstein, and S. Brinkkemper, “A Sense of Community: A Research Agenda for Software Ecosystems,” in *31st International Conference on Software Engineering - Companion Volume, 2009. ICSE-Companion 2009. Vancouver, BC, 16-24 May 2009 USA*: IEEE, 2009, pp. 187-190.
- [7] J. Bosch, “From software product lines to software ecosystems,” in *Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference* San Francisco, California, USA: Carnegie Mellon University, 2009, pp. 111-119.
- [8] J. Bosch and P. M. Bosch-Sijtsema, “Softwares product lines, global development and ecosystems: Collaboration in software engineering,” in *Collaborative Software Engineering* Berlin, Heidelberg: Springer, 2010, pp. 77-92.
- [9] K. Pillai, H. King, and C. Ozansoy, “Hierarchy Model to Develop and Simulate Digital Habitat Ecosystem Architecture,” in *2012 IEEE Student Conference on Research and Development (SCoReD) USA*: IEEE, 2012.
- [10] S. S. Ostadzadeh, F. Shams, and K. Badie, “An architectural model framework to improve digital ecosystems interoperability,” in *New Trends in Networking, Computing, E-learning, Systems Sciences, and Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 312, K. Elleithy and T. Sobh, Eds. Cham: Springer, 2015, pp. 513-520.
- [11] J. Shen, L. Zhang, Z. Fan, M. Abbasi, and I. Rafique, “A UML-based software services ecosystem modeling approach,” *Applied Mechanics and Materials*, vol. 198-199, pp. 766-771, 2012.
- [12] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, “The evolution of the technological ecosystems: an architectural proposal to enhancing learning processes,” in *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality (TEEM'13) (Salamanca, Spain, November 14-15, 2013)* New York: ACM, 2013, pp. 565-571.
- [13] F. J. García-Peñalvo and A. García-Holgado, “Open Source Solutions for Knowledge Management and Technological Ecosystems,” (Advances in Knowledge Acquisition, Transfer, and Management (AKATM) Book Series. Hershey: IGI Global, 2017.

- [14] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "Architectural pattern for the definition of eLearning ecosystems based on Open Source developments," in *Proceedings of 2014 International Symposium on Computers in Education (SIE) (Logroño, La Rioja, Spain, November 12-14, 2014)*, J. L. Sierra-Rodríguez, J. M. Doderó-Beardo, and D. Burgos, Eds.: Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Catalog Number CFP1486T-ART, 2014, pp. 93-98.
- [15] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Version 2.3," EBSE-2007-01, 2007, Available: <http://bit.ly/2Kr7M6l>.
- [16] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M. Mattsson, "Systematic mapping studies in software engineering," presented at the Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, Italy, 2008.
- [17] K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz, "Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update," *Information and Software Technology*, vol. 64, pp. 1-18, 2015.
- [18] M. Petticrew and H. Roberts, *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Malden, USA: Blackwell Publishing, 2005.
- [19] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and PRISMA Group, "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement," *PLoS medicine*, vol. 6, no. 7, p. e1000097, 2009.
- [20] A. García-Holgado and F. J. García-Peñalvo, "Code repository that supports the research presented in the paper "Mapping the systematic literature studies about software ecosystems"," ed, 2018.
- [21] K. Manikas, "Supporting the Evolution of Research in Software Ecosystems: Reviewing the Empirical Literature," in *Software Business. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 240, A. Maglyas and A. L. Lamprecht, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2016, pp. 63-78.
- [22] K. Manikas, "Revisiting software ecosystems Research: A longitudinal literature study," *Journal of Systems and Software*, vol. 117, pp. 84-103, 2016/07/01 2016.
- [23] O. Barbosa and C. Alves, "A systematic mapping study on software ecosystems," in *3rd International Workshop on Software Ecosystems 2011, IWSECO 2011*, vol. 746Brussels, Belgium: CEUR-WS, 2011, pp. 15-26.
- [24] C. Alves, J. Oliveira, and S. Jansen, "Software Ecosystems Governance - A Systematic Literature Review and Research Agenda," presented at the Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems, 2017.
- [25] O. Pettersson and J. Andersson, "A Survey of Modeling Approaches for Software Ecosystems," in *Software Business. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 240, A. Maglyas and A. L. Lamprecht, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2016, pp. 79-93.
- [26] E. Papatheocharous, J. Andersson, and J. Axelsson, "Ecosystems and Open Innovation for Embedded Systems: A Systematic Mapping Study," in *Software Business. ICSOB 2015. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 210, J. Fernandes, R. Machado, and K. Wnuk, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2015, pp. 81-95.
- [27] O. Franco-Bedoya, D. Ameller, D. Costal, and X. Franch, "Open source software ecosystems: A Systematic mapping," *Information and Software Technology*, vol. 91, pp. 160-185, 2017/11/01 2017.
- [28] A. Vegendla, A. N. Duc, S. Gao, and G. Sindre, "A Systematic Mapping Study on Requirements Engineering in Software Ecosystems," *Journal of Information Technology Research*, vol. 11, no. 1, pp. 49-69, 2018.
- [29] G. Hanssen and T. Dybå, "Theoretical foundations of software ecosystems," presented at the 4th International Workshop on Software Ecosystems 2012, IWSECO 2012, Cambridge, MA, USA, June 18th, 2012, 2012.
- [30] F. Fotrousi, S. A. Fricker, M. Fiedler, and F. Le-Gall, "KPIs for Software Ecosystems: A Systematic Mapping Study," in *Software Business. Towards Continuous Value Delivery. ICSOB 2014. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 182, C. Lassenius and K. Smolander, Eds. Cham: Springer, 2014, pp. 194-211.
- [31] A. d. L. Fontão, R. P. d. Santos, and A. C. Dias-Neto, "Mobile Software Ecosystem (MSECO): A Systematic Mapping Study," in *2015 IEEE 39th Annual Computer Software and Applications Conference*, vol. 2, 2015, pp. 653-658.
- [32] S. Hyrynsalmi, m. Seppänen, T. Nokkala, A. Suominen, and A. Järvi, "Wealthy, Healthy and/or Happy — What does 'Ecosystem Health' Stand for?," in *Software Business. ICSOB 2015. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 210, J. Fernandes, R. Machado, and K. Wnuk, Eds. (Software Business, Cham: Springer, 2015, pp. 272-287.
- [33] A. García-Holgado, "Análisis de integración de soluciones basadas en software como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos educativos," PhD, Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento, University of Salamanca, Salamanca, Spain, 2018.



Alicia García-Holgado es Ingeniera Informática (2011, Universidad de Salamanca, España), Máster en Sistemas Inteligentes (2013, Universidad de Salamanca, España) y Doctora por la Universidad de Salamanca en el Programa de Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento (2018). Desde 2009 es miembro del Grupo de Investigación GRIAL. Sus principales líneas de investigación están relacionadas con el desarrollo de

ecosistemas tecnológicos para la gestión del conocimiento y los procesos de aprendizaje en contextos heterogéneos, y la brecha de género en el ámbito tecnológico. Ha participado en numerosos proyectos nacionales e internacionales de I+D+i. Es miembro de IEEE (*Women in Engineering, Education Society* y *Computer Society*), de ACM (y ACM-W) y de AMIT.



Francisco José García-Peñalvo es Catedrático de la Universidad del Departamento de Informática y Automática en la Universidad de Salamanca (USAL), con 3 sexenios de investigación y 4 quinquenios docentes reconocidos. Además, es Profesor Distinguido de la Escuela de Humanidades y Educación del Tecnológico de Monterrey, México. Desde 2006 es el director del Grupo de Investigación Reconocido por la USAL (y Grupo de

Excelencia de Castilla y León) GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y eLearning). Es director de la Unidad de Investigación Consolidada de la Junta de Castilla y León (UIC 81). Ha sido Vicedecano de Innovación y Nuevas Tecnologías de la Facultad de Ciencias de la USAL entre 2004 y 2007 y Vicerrector de Innovación Tecnológica de esta Universidad entre 2007 y 2009. Actualmente es el Coordinador del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la USAL. Es miembro de IEEE (*Education Society* y *Computer Society*) y de ACM.

Capítulo 14

Uma solução sustentável para os alunos fazerem mais experimentos com circuitos elétricos e eletrônicos

Gustavo R. Alves, Senior Member, IEEE, Manuel C. Felgueiras, Maria C. Viegas, André V. Fidalgo, Maria A. Marques, Member, IEEE, Ricardo J. Costa, Natércia M. Lima, Manuel Castro, Fellow, IEEE, Javier García-Zubía, Senior Member, IEEE, Andreas Pester, Wlodek Kulesza, Member, IEEE, Juarez B. Silva, Member, IEEE, Ana Pavani, Member, IEEE, Maria I. Pozzo, Susana Marchisio, Ruben A. Fernández, Vanderli F. de Oliveira, and Luis C. Schlichting

Title— A sustainable approach to let students do more real experiments with electrical and electronic circuits.

Abstract—The present paper focus on the use of remote laboratories in higher education from a sustainability viewpoint. The particular case of engineering education, and, within it, the more specific subject of experiments with electrical and electronic circuits is presented first, to then discuss the benefits of using remote labs, while considering the three dimensions of sustainable development, i.e.: economic practice, environmental protection, and social integration. The paper debates how remote labs address each dimension.

Keywords—Remote labs, STEM education, sustainability, VISIR

Abstract—Este capítulo aborda a utilização de laboratórios remotos no Ensino Superior sob o ponto de vista da sustentabilidade. Apresenta-se inicialmente o caso particular do Ensino de Engenharia, e dentro deste o assunto específico de experimentos com circuitos elétricos e eletrônicos, para em seguida discutir os benefícios da utilização de laboratórios remotos, considerando as três dimensões do desenvolvimento sustentável, i.e.: prática económica, proteção ambiental e integração social. O capítulo discute ainda a forma como os laboratórios remotos endereçam cada dimensão.

Keywords—Laboratórios remotos, educação em CTEM, sustentabilidade, VISIR

Este trabalho foi apresentado originalmente no CONGRESSO TEEM18. G. R. Alves pertence ao Departamento de Eng. Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Politécnico do Porto, 4249-015 Porto, Portugal (tel.: +351 228340535; fax: +351 228321159; e-mail: gca@isep.ipp.pt).

M. C. Felgueiras, A. V. Fidalgo, e R. J. Costa pertencem ao Departamento de Eng. Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Politécnico do Porto, 4249-015 Porto, Portugal (e-mail: {mcf,anf,rjc}@isep.ipp.pt).

M. C. Viegas, M. A. Marques, e N. M. Lima pertencem ao Departamento de Física do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Politécnico do Porto, 4249-015 Porto, Portugal (e-mail: {mcm,mmr,nmm}@isep.ipp.pt).

M. Castro pertence à Universidade Nacional de Educação à Distância, Madrid, Espanha, (e-mail: mcastro@ieec.uned.es).

J. García-Zubía pertence à Escola de Engenharia da Universidade de Deusto, Espanha, (e-mail: zubia@deusto.es).

A. Pester pertence à Universidade de Ciências Aplicadas da Caríntia, Áustria, (e-mail: andreas.pesther@gmail.com).

I. INTRODUÇÃO

ESPERA-SE que os engenheiros possuam uma boa capacidade de experimentação. De facto, a sua formação compreende várias aulas laboratoriais, onde adquirem e praticam competências experimentais. Entende-se que estas competências são adquiridas ao completarem com sucesso um conjunto de objetivos de aprendizagem associados aos laboratórios de instrução curricular em Engenharia [1-3]. Alguns destes objetivos de aprendizagem implicam a manipulação de objetos e aparatos sob experimentação e de equipamentos de teste e medição existentes no laboratório, e.g. os objetivos 5 e 7 listados nas referências [1, 4], o que por sua vez implica a presença física dos alunos no laboratório, dito tradicional. Outros objetivos de aprendizagem podem ser cumpridos em laboratórios ditos não-tradicionais, i.e., laboratórios virtuais ou remotos. A problemática de qual tipo de laboratório (tradicional, não tradicional) melhor se adequa a um dado objetivo de aprendizagem foi já discutida em [1, 3, 5-6]. O presente capítulo aborda um aspeto diferente e pouco explorado: a utilização dos laboratórios não tradicionais sob o ponto de vista da sustentabilidade. Por outras palavras, a questão abordada não é se os laboratórios tradicionais devem ser substituídos por laboratórios não tradicionais, por razões económicas, nem qual é a melhor fórmula para combinar laboratórios tradicionais e não tradicionais de maneira a atingir os melhores resultados educacionais com o mínimo investimento ou custo de manutenção. A literatura existente

W. Kulesza pertence ao Instituto de Tecnologia de Blekinge, Karlskrona, Suécia, (e-mail: wlodek.kulesza@bth.se).

J. B. da Silva pertence à Universidade Federal de Santa Catarina, campus Araranguá, SC, Brasil, (e-mail: juarez.silva@ufsc.br).

A. Pavani pertence à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, (e-mail: apavani@puc-rio.br).

M. I. Pozzo pertence ao Instituto Rosário de Investigación em Ciências de Educación, Argentina, (e-mail: pozzo@irice-conicet.gov.ar).

S. Marchisio pertence à Universidade Nacional de Rosário, Argentina, (email: smarch@fceia.unr.edu.ar).

R. A. Fernández pertence à Universidade Nacional de Santiago del Estero, Argentina (e-mail: raf@unse.edu.ar).

V. F. de Oliveira pertence à Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, Brasil, (e-mail: vanderli@acessa.com).

L. C. Schlichting pertence ao Instituto Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis, SC, Brasil, (e-mail: schlicht@ifsc.edu.br).

debateu já estes dois aspetos, sendo que as conclusões apontam para uma solução híbrida, i.e., os laboratórios não tradicionais complementam a formação obtida nos laboratórios tradicionais [1-9]. Ou seja, os primeiros não se destinam a substituir os últimos.

O contributo original do capítulo é a discussão do custo associado a determinados experimentos e as poupanças possíveis ao permitir que os alunos façam mais desses experimentos num laboratório remoto, em vez de num laboratório tradicional, uma vez garantido um conjunto de condições e pressupostos.

O resto do capítulo encontra-se organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve os tipos de experimentos e a sua contextualização em cursos de graduação em Engenharia; a seção 3 descreve resumidamente o laboratório remoto VISIR, onde se podem realizar esses experimentos; a seção 4 discute os aspetos de sustentabilidade oferecidos pelo VISIR; e, finalmente, a seção 5 conclui o capítulo.

II. EXPERIMENTOS COM CIRCUITOS ELÉTRICOS E ELETRÓNICOS

A. Breve contextualização

No contexto deste capítulo entende-se um experimento com um circuito elétrico e eletrónico como qualquer experimento que se possa efetuar com um conjunto de componentes elétricos e eletrónicos, que se possam inserir e interligar numa placa de prototipagem rápida, alimentados por uma fonte de alimentação em corrente contínua (CC) e/ou um gerador de sinal, e passíveis de serem sujeitos a medições feitas com um multímetro e/ou um osciloscópio. Estes 4 instrumentos, em conjunto com a placa de prototipagem, estão presentes em todas as bancadas laboratoriais para experimentos com circuitos elétricos e eletrónicos, não diferindo muito entre as várias instituições de ensino de engenharia, em todo o Mundo. Neste ambiente, os alunos podem montar os circuitos, usando os componentes disponibilizados pelo docente, e em seguida experimentá-los:

- Aplicando um determinado estímulo de entrada e medindo uma ou mais variáveis em um ou mais pontos do circuito. Por exemplo: (1) o aluno monta um simples circuito com dois componentes (de dois pinos cada) em série (A e B); (2) aplica um estímulo com o gerador de sinal; (3) mede uma dada variável no componente A; e (4), finalmente, mede essa mesma variável no componente B.
- Alterando o estímulo de entrada e medindo novamente as mesmas variáveis. Considerando, por exemplo, uma simples senoide como estímulo de entrada, pode-se pedir ao aluno que altere (1) a frequência, (2) a amplitude, ou (3) o valor médio da onda, medindo o impacto (aumento, diminuição) de cada alteração nas variáveis de saída.
- Modificando a topologia do circuito e/ou os valores dos componentes, e repetindo em seguida os procedimentos anteriores.

Tipicamente, os alunos seguem um guião laboratorial para, no final, produzirem um relatório experimental, com as medições e conclusões obtidas, a ser entregue ao docente no final da aula prática, ou até um determinado prazo (e.g. uma semana). A Fig. 1 ilustra este típico cenário, com um

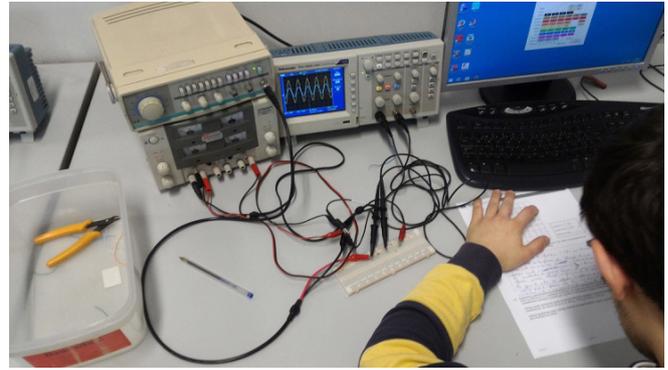


Fig. 1. Imagem de uma típica aula prática, num laboratório tradicional, para realização de experimentos com circuitos elétricos e eletrónicos.

aluno a preencher o guião laboratorial enquanto observa os dados sob medição. Nesta imagem apenas não se vê o multímetro, visualizando-se, contudo, a fonte de alimentação tripla em CC, o gerador de sinais, o osciloscópio, e a placa de prototipagem com o circuito montado e interligado aos referidos instrumentos.

B. Âmbito e tipos de experimentos

O tipo de experimento pode variar de acordo com o objetivo definido no guião laboratorial. Por exemplo, se o objetivo é simplesmente verificar uma dada lei física, e.g. a Lei de Ohm, expressa na equação (1), então o experimento pode implicar a obtenção de várias medidas para construir um gráfico que verifique se a relação entre a variável (ou estímulo) de entrada (e.g. a tensão U aplicada a uma resistência de $x \Omega$) e a variável medida (e.g. I , a corrente elétrica que atravessa a resistência) corresponde a essa lei (neste caso, uma relação linear).

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

O objetivo de aprendizagem deste tipo de experimento corresponde assim ao objetivo 4 definido em [1], i.e.: “**Análise de dados:** Demonstrar capacidade de recolher, analisar e interpretar dados, e de formar e suportar conclusões. Possuir capacidade de julgamento de ordens de magnitude, conhecer sistemas de unidades e saber efetuar conversões.”¹

Os experimentos realizados com este tipo de montagem (um instrumento para aplicação de estímulos de entrada, uma resistência, e um instrumento de medição) podem depois evoluir para níveis mais complexos, e.g. verificar que a Lei de Ohm é válida tanto para CC como para corrente alternada (CA), ou explicar possíveis desvios com base na Lei de Joule, i.e., a corrente que flui através da resistência provoca um aquecimento que pode alterar o valor da própria resistência de acordo com a seguinte equação:

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2 + \dots] \quad (2)$$

Este último tipo de experimento pode visar outro objetivo de aprendizagem, e.g. o objetivo 2 definido em [1], i.e.: “**Modelos:** Identificar as potencialidades / limitações

¹ Tradução livre do autor.

dos modelos teóricos como ferramentas de previsão de comportamentos do mundo real. Pode incluir a capacidade de avaliar se uma dada teoria é capaz de descrever adequadamente um dado evento físico e ainda estabelecer ou validar uma relação entre dados obtidos por medição e princípios físicos subjacentes.”¹

Os docentes podem ainda querer forçar situações extremas, pedindo por exemplo aos alunos que apliquem um dado estímulo que danifique ou destrua o componente dado (a resistência, neste caso). Neste tipo de situação, os docentes poderão querer endereçar os objetivos 12 ou 13 (ou uma combinação de ambos), i.e.: “Ética no laboratório: Comportar-se com o mais elevado nível ético, nomeadamente reportando informação de forma objetiva e interagindo com integridade.”¹, ou “**Percepção sensorial:** Utilizar os sentidos humanos para reunir informação e emitir juízos credíveis de engenharia na formulação de conclusões sobre problemas do mundo real.”¹, respetivamente.

C. Avaliação

Finalmente, os alunos são avaliados por aquilo que fazem no laboratório (tradicional e não tradicional). Esta avaliação é usualmente feita por observação indireta (e.g. avaliação do relatório entregue), direta (observação do desempenho dos alunos no decorrer da realização do experimento), ou uma combinação de ambas. A avaliação pode também visar trabalho individual ou de grupo. Um possível cenário será: um semestre com 12 aulas práticas – os alunos completam um módulo de 5 aulas práticas, em grupos de trabalho (cada aula implica a entrega de um relatório de grupo, avaliado pelo docente), e no final do módulo os alunos têm uma aula de avaliação prática individual. Esta sequência é depois repetida, ou seja [$2 \times (5+1) = 12$ aulas]. Neste possível cenário, a componente prática pode contribuir com 50% para a nota de avaliação final da unidade curricular, com, por exemplo, 5 pontos (max.) para cada relatório laboratorial e 25 pontos (max.) para cada avaliação laboratorial individual, perfazendo assim um total de 100 pontos (afetado pela percentagem definida a priori, i.e., 50%). Em jeito de exemplo, diretamente relacionado com circuitos elétricos, uma unidade curricular de Introdução à Eletricidade poderá ter um conjunto inicial de experimentos com resistências, por exemplo: Lei de Ohm, associação série / paralelo de resistências, Leis de Kirchhoff, Lei de Joule e circuitos equivalentes de Thévenin e de Norton, todos em CC; seguido de um conjunto similar de experimentos feitos em CA, após a introdução de dois novos componentes usados neste outro domínio, i.e., condensadores e bobines.

III. O LABORATÓRIO REMOTO1 VISIR

O acrónimo VISIR deriva da expressão original em inglês “*Virtual Instrument Systems In Reality*”, que identifica um laboratório remoto para experimentos com circuitos elétricos e eletrónicos, e que inclui: (1) uma fonte de alimentação tripla em CC; (2) um gerador de sinal; (3) um multímetro; (4) um osciloscópio; e (5) uma matriz de cartas de circuito impresso empilháveis que permitem a interligação de componentes elétricos e eletrónicos, entre si e ainda aos instrumentos de teste e medição referidos. Esta matriz pode ser vista como como uma placa virtual de prototipagem que emula a placa identificada na Fig. 1, tornando assim o VISIR numa espécie

de bancada laboratorial remota individual, acessível por qualquer aluno, a qualquer hora, a partir de qualquer local.

O VISIR recebeu em 2015 o prémio de melhor laboratório remoto do Mundo, atribuído pelo *Global Online Laboratory Consortium* (GOLC), na sua 1ª edição. É também o laboratório remoto com mais publicações acerca, em termos mundiais, com mais de 100 títulos [10-21]. Atualmente, está instalado em Karlskrona, Suécia, onde foi originalmente desenvolvido pelo Prof. Ingvar Gustavsson em 1999 [22], bem como em Espanha (Bilbao e Madrid), Portugal (Porto), Áustria (Villach e Viena), Índia (Madras), Geórgia (Batumi), Marrocos (Settat), Argentina (Rosário e Santiago del Estero), Brasil (Aranaguá, Florianópolis e Rio de Janeiro), e ainda na Costa Rica (São José).

A Fig. 2 ilustra a interface cliente principal do VISIR, que representa uma placa virtual de prototipagem onde os alunos podem colocar os componentes que são disponibilizados na parte superior da janela (de maneira similar ao que acontece numa aula prática em que o docente entrega os componentes aos alunos de cada bancada), interligando-os depois entre si, para montar um dado circuito, bem como aos instrumentos de teste e medição. Depois de montado o circuito e ajustados os parâmetros de cada instrumento, o aluno pressiona o botão “Perform experiment” (Fig. 2, canto inferior direito). Nessa altura, é enviada uma descrição do circuito ao servidor do VISIR que estabelece as mesmas ligações entre os mesmos componentes, existentes na matriz de comutação (Fig. 3, lado esquerdo), e os instrumentos de teste e medição existentes no sistema PXI (Fig. 3, lado direito). Os círculos a vermelho,

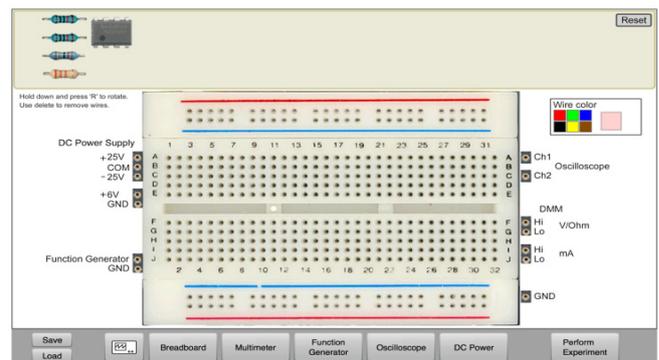


Fig. 2. Vista da interface principal do cliente do VISIR, ilustrando uma placa virtual de prototipagem. Os componentes estão disponíveis no espaço superior da janela. Os botões da parte inferior da janela permitem aceder aos painéis virtuais dos instrumentos de teste e medição. Sempre que o utilizador pressiona o botão “Perform Experiment” (canto inferior direito) é realizado um experimento remotamente.

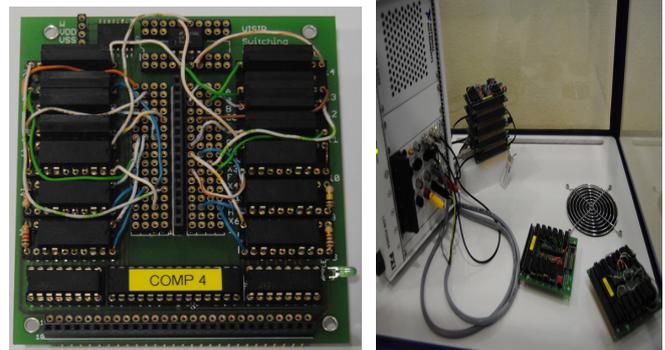


Fig. 3. Imagem de uma carta da matriz de comutação (esquerda) e imagem dos equipamentos de teste e medição inseridos no chassis PXI da National Instruments (direita).

inseridos em cada uma das figuras (2 e 3), visam ilustrar esta mesma correspondência entre a imagem de um componente (a colocar na placa virtual de prototipagem) e o próprio componente real, existente na matriz de comutação.

Um dos aspetos mais importantes do VISIR é precisamente a possibilidade de usar os mesmos componentes usados nos experimentos realizados no laboratório tradicional. Esta importância está relacionada com a natureza real dos dados medidos remotamente, que serão idênticos aos dados medidos localmente. Em cenários educacionais em que se combina cálculo, simulação, e experimentos reais (locais e remotos), os alunos podem ser assim questionados acerca das possíveis diferenças entre os valores obtidos por cada método [23-29]. Desta forma, o VISIR funciona como um complemento a uma aula prática realizada num laboratório tradicional, fornecendo dados de natureza (real) similar.

IV. DIMENSÕES DE SUSTENTABILIDADE DO VISIR

A. Prática Económica

1) Como complemento de aulas práticas laboratoriais:

A Fig. 4 mostra o horário semanal de um laboratório tradicional utilizado para as aulas práticas (2 horas cada) de duas Unidades Curriculares (UC) na área da Eletrónica (Eletrónica 1, ELTR1; e Eletrónica, ELTRO), que decorreram no Instituto Superior de Engenharia do Politécnico do Porto. ELTR1 faz parte da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e Computadores (LEEC), que todos os anos recebe cerca de 150 novos alunos. Esta UC, em particular, tem cerca de 300 alunos inscritos, cada ano, devido a uma elevada taxa de reprovação (a UC decorre no 2º semestre do 1º ano curricular). Este laboratório dá ainda apoio a ELTRO, uma UC da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia (LEE-SEE), que tem um menor número de alunos inscritos. De acordo com a Fig. 4, ELTR1 tem 16 turmas práticas e ELTRO tem 7 turmas práticas. O horário de funcionamento do laboratório vai das 8:00 da manhã às 23:30 da noite, sendo que (1) o período das 8:00 às 9:00 da manhã e o das 19:00 às 20:00 da noite estão reservados para aulas teóricas, e (2) o período das 20:00 às 20:30 da noite está reservado para o jantar. Estes dados levam a uma taxa de ocupação do laboratório de aproximadamente 59% (max.) ou 70%, se se considerar os períodos reservados para aulas teóricas e jantar. A conclusão principal é que os alunos dificilmente podem utilizar o laboratório para fazerem mais experimentos, nomeadamente para prepararem uma aula em avanço ou então repetirem um dado conjunto de experimentos que não tenham podido completar ou em que tenham tido dúvidas. A Fig. 4 mostra que existem poucos períodos para este efeito. A solução de ter um segundo laboratório disponível para tal é possível, porém dispendiosa. Neste tipo de situação, o laboratório remoto VISIR emerge como uma alternativa que se configura como uma boa prática económica para Instituições de Ensino Superior (IES).

2) *Para diminuir equipamento em reparação:* Um problema típico das aulas práticas laboratoriais do 1º ano reside na falta de competências experimentais dos alunos, em particular na montagem de circuitos e na sua interligação aos equipamentos de teste e medição existentes nas bancadas. Este problema é particularmente evidente para os técnicos que dão apoio aos laboratórios, nomeadamente pelo número



Fig. 4. Horário semanal de um laboratório para duas unidades curriculares na área da eletricidade e eletrónica, num dado semestre (ano letivo 2016-2017, Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Politécnico do Porto).

de fusíveis (de multímetro) queimados que têm de substituir, todos os semestres. Os autores tiveram já oportunidade de documentar este tipo de situação em [30], sendo que a Fig. 5, aqui reproduzida, fornece uma boa imagem do problema. Note-se que não se trata apenas do custo dos fusíveis queimados (que é reduzido), mas sim do tempo que é despendido na sua substituição e do tempo em que os multímetros se encontram inoperacionais, enquanto se procede à substituição. Mais uma vez, o laboratório remoto VISIR foi usado com sucesso na minimização deste problema, ao usar-se como uma espécie de preâmbulo para as aulas práticas do laboratório tradicional. Dado que as interligações efetuadas na placa virtual de prototipagem do VISIR são praticamente



Fig. 5. Quantidade de fusíveis, para multímetro, queimados ao final de um semestre, provenientes de um único laboratório tradicional.

idênticas às interligações que têm de ser feitas na placa de prototipagem existente em cada bancada do laboratório tradicional, os erros cometidos na montagem do circuito, no VISIR, não produzem qualquer dano para os equipamentos, com a vantagem de alertarem os alunos para a situação. Ao passarem esta primeira fase com sucesso, a probabilidade de cometerem o mesmo erro, quando montam o mesmo circuito no laboratório tradicional, é substancialmente menor. Esta é uma das vantagens usualmente associadas aos laboratórios remotos, i.e., procedimento realístico, contudo imune ao erro, graças a proteções feitas ao nível do projeto de *hardware* e *software* do próprio laboratório remoto [31]. Assim, tal como já descrito em [30], a utilização do laboratório remoto VISIR como antecâmara para o laboratório tradicional permitiu uma redução de 50% no número de fusíveis queimados, num único laboratório e num único semestre.

B. Prática Económica e Proteção Ambiental

Um segundo problema detetado nos laboratórios que servem alunos do 1º ano é o número de componentes que são inutilizados (i.e., deitados ao lixo) todos os semestres. Esta situação pode ser descrita da seguinte forma: os alunos devem montar circuitos simples (e complexos, em alguns casos) para adquirir e desenvolver capacidades psicomotoras, nesse processo. O tipo de componentes usados nos experimentos com circuitos elétricos e eletrónicos, montados na placa de prototipagem, pode ser visualizado na Fig. 6. Estes componentes são relativamente pequenos (ver escala da régua graduada), sendo que os seus terminais metálicos, utilizados para inserção na placa de prototipagem (e posterior interligação), tendem a quebrar após num número limitado de inserções e/ou dobragens (usualmente, em torno de 100). A Fig. 7 ilustra precisamente alguns exemplos de componentes danificados. Note-se que os alunos devem montar o circuito, efetuar as medições necessárias (de acordo com o estipulado no guião laboratorial), e no final desmontar o circuito de maneira a que os alunos da aula seguinte possam começar a partir do zero, adquirindo assim as mesmas competências.

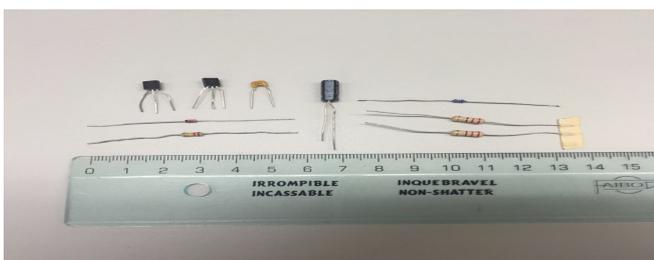


Fig. 6. Exemplos de componentes usados em experimentos com circuitos elétricos e eletrónicos (e.g., condensadores, resistências, díodos, transistores, etc.).

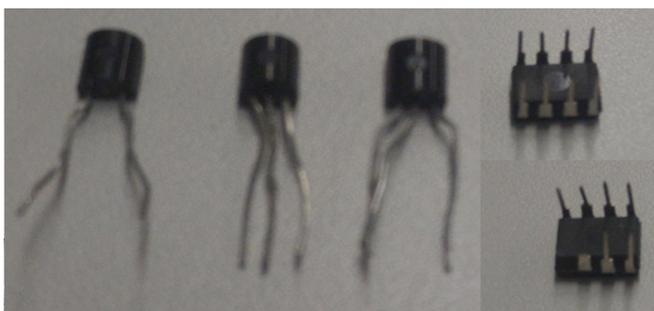


Fig. 7. Componentes eletrónicos danificados, devido a terminais quebrados.

Uma vez que frequentemente não há tempo para separar e guardar adequadamente os componentes usados, é necessário usar novos componentes na aula seguinte. No final do semestre, novamente por falta de tempo para proceder a uma adequada separação e armazenamento, a amálgama de componentes usados nas aulas práticas é pura e simplesmente considerada lixo, tal como se ilustra na Fig. 8. No lado oposto, os mesmos componentes colocados na matriz de comutação do VISIR são normalmente usados em milhares de experimentos. Um dado em particular, retirado de [19], indica uma resistência ter sido já usada em mais de 1 milhão de experimentos, no laboratório remoto VISIR instalado na Universidade Nacional de Educação a Distância (UNED), em Madrid, Espanha. Assim, alguns simples cálculos permitem estimar que o valor das poupanças associadas a um simples componente (de dois terminais) podem chegar às poucas centenas de euros, i.e.:

$$\text{custo de 1 resistência (> 250 unidades)} = \text{€ } 0,03 \quad (3)$$

$$1.000.000 \text{ utilizações} / 100 \text{ vezes} = 10.000 \quad (4)$$

$$10.000 * \text{€ } 0,03 = \text{€ } 300,00 \quad (5)$$

Este tipo de problema é também detetável em aulas de avaliação laboratorial individual, em que os alunos experienciam alguma pressão e nervosismo adicionais. Em jeito de exemplo refira-se uma determinada avaliação, efetuada em ELTR1, em que é solicitado aos alunos que montem um simples circuito baseado num Amplificador Operacional (ou AmpOp, ver lado direito da Fig. 7) e, em seguida, efetuem algumas medições. Tipicamente, e porque se trata de uma avaliação individual, divide-se uma turma em duas tranches, cada uma com metade dos alunos. Assim, numa aula de 2 horas é possível ter dois turnos de 55 minutos cada, cada um para 10 alunos (o laboratório tradicional possui 10 bancadas totalmente equipadas, para grupos de 2 alunos, o que permite ter cerca de 20 alunos por turma prática). O curto intervalo entre cada turno (aproximadamente 5 minutos), a possibilidade de os alunos terem danificado os componentes entregues no decorrer da sua avaliação, e o tempo necessário para verificar se nenhum componente ficou danificado, leva a que usualmente se tenham dois conjuntos de componentes para cada aula. Note-se que o intervalo entre duas aulas consecutivas é também reduzido (ver Fig. 4), pelo que em determinados dias é necessário ter tantos conjuntos de componentes quantos turnos a decorrer nesses mesmos dias. Adicionalmente, existem situações em que o aluno deteta que danificou o componente, sendo nesta altura

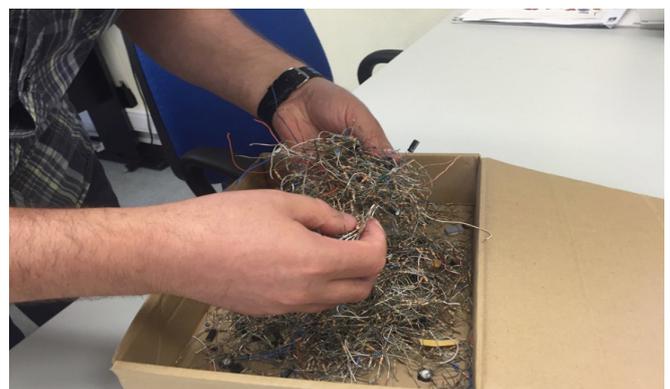


Fig. 8. Componentes usados no laboratório tradicional, ao final de um semestre. Destino: lixo!

necessário fornecer-lhe um novo componente de imediato, para que possa prosseguir a sua avaliação. Esta situação adicional, aumenta ainda mais o número de componentes que se devem ter disponíveis (para uma única sessão de avaliação laboratorial individual). Um simples teste de inspeção, efetuado no final de uma destas aulas de avaliação individual, revelou uma percentagem de AmpOps danificados em torno dos 30%. Isto significa que no final de uma única aula, aproximadamente € 4,00 foram deitados ao lixo (cada AmpOp custa cerca de € 0,40, tendo sido danificados cerca de 10 AmpOps). Considerando um total de 16 turmas práticas, isto significa um custo total de € 64,00, só para uma sessão de avaliação laboratorial individual, de uma única UC.

Relativamente à forma como o laboratório remoto VISIR pode ser usado para minimizar este problema, mais uma vez a resposta é: “praticar em antecedência e com tempo”. De facto, muitos dos erros cometidos pelos alunos no decorrer do experimento com o AmpOp decorrem de ligações mal feitas entre os terminais de alimentação do AmpOp e os terminais da fonte de alimentação tripla em CC. Um AmpOp requer, geralmente, uma alimentação com uma tensão positiva (+ 15 V) e uma tensão negativa (− 15 V), mais uma tensão de referência (GND, ou 0 V). Por outras palavras, não se trata de uma ligação simples de dois terminais, sem polaridade. Este tipo de erro de ligação produz uma mensagem de aviso no VISIR que leva o aluno a verificar novamente as ligações, reforçando assim a aquisição e retenção de conhecimento por parte do aluno.

C. Integração Social

Finalmente, o laboratório remoto VISIR contribui também para a 3ª dimensão de desenvolvimento sustentável, i.e., integração social, nas seguintes vertentes:

- Sendo acessível remotamente, via qualquer computador ligado à Internet, permite que qualquer aluno o possa usar, independentemente de género, raça, crença ou nível social.
- Sendo também acessível a partir de *smartphones* com ligação à Internet, uma vez que a sua interface se encontra desenvolvida em HTML5, promove uma maior e melhor integração de uma nova geração de alunos, nascida na era do digital, nas IES.
- O VISIR é também usado em aulas ministradas no Ensino Secundário, bem como em iniciativas de divulgação de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (CTEM), contribuindo assim para atração de jovens para estas áreas.

V. CONCLUSÃO

Este capítulo descreve os contributos do laboratório remoto VISIR sob a perspetiva das 3 dimensões do desenvolvimento sustentável, i.e., prática económica, proteção ambiental e integração social. A conclusão principal é que, mais uma vez, os laboratórios remotos não se destinam a substituir, mas antes a complementar, os laboratórios tradicionais, permitindo aos alunos fazerem mais experimentos (no caso particular do VISIR, com circuitos elétricos e eletrónicos) de uma maneira sustentável.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o suporte de toda a comunidade VISIR bem como o apoio financeiro dado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através da Unidade UID/EQU/00305/2013. Os autores querem ainda reconhecer o suporte do projeto PILAR (*Platform Integration of Laboratories based on the Architecture of visiR*), financiado através da Parceria Estratégica nº 2016-1-ES01-KA203-025327 do programa Erasmus+.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Feisel and A. Rosa, “The role of the Laboratory in the Undergraduate Engineering Education”, *Journal of Engineering Education*, January 2005.
- [2] J. R. Brinson, “Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories”. *Computers in Education* 87(C):218–237. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>
- [3] M. T. Restivo and G. R. Alves, Chapter 13. “Acquisition of higher-order experimental skills through remote and virtual laboratories”. In *IT Innovative Practices in Secondary Schools: Remote Experiments*, Olga Dziabenko and Javier García-Zubia (Eds). Universidad de Deusto, Bilbao, 2013. pp. 321-347. ISBN 978-84-15759-16-4.
- [4] L. Feisel and G. D. Peterson, “A Colloquy on Learning Objectives for Engineering Educational Laboratories,” 2002 ASEE Annual Conference and Exposition, Montreal, Ontario, Canada, June 16–19, 2002.
- [5] J. Ma and J. Nickerson, “Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review,” *Computer Surveys*, vol. 38, no. 3, 2006, Art. no. 7.
- [6] J. E. Corter, J. V. Nickerson, S. K. Esche, C. Chassapis, S. Im, and J. Ma, “Constructing reality: A study of remote, hands-on and simulated laboratories,” *Trans. Computers-Human Interact.*, vol. 14, no. 2, 2007.
- [7] Z. Nedic, J. Machotka, and A. Nafalsky, “Remote Laboratories versus Virtual and Real Laboratories,” *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 33., Boulder: IEEE, 2003. p. 1-6.
- [8] J. García-Zubia and G. R. Alves (Eds.) 2011. *Using Remote Labs in Education*. Universidad de Deusto, Bilbao, 2011. 22 chapters. 465 pp. ISBN 978-84-9830-335-3.
- [9] L. Gomes and J. García-Zubia (Eds.). 2007. *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*. Universidad de Deusto Press, Bilbao. ISBN 978-84-9830-077-2.
- [10] N. Lima, M. C. Viegas, G. R. Alves, and F. J. García-Peñalvo; “VISIR’s Usage as a Learning Resource: a Review of the Empirical Research”, *Proceedings of the 4th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM’16)*, Salamanca, Spain, November 2-4, 2016. <http://dx.doi.org/10.1145/3012430.3012623>
- [11] I. Gustavsson, G. Alves, K. Nilsson, J. Zackrisson, U. Hernández-Jayo and J. García-Zubia, “The VISIR Open Lab Platform 5.0 - an architecture for a federation of remote laboratories,” in *REV 2011: 8th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation*, Brasov, Romania, 2011.
- [12] A. V. Fidalgo et al., “Adapting Remote Labs to Learning Scenarios: Case Studies Using VISIR and RemotElectLab,” *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, VOL. 9, No. 1, pp. 33-39, 2014.
- [13] I. Gustavsson et al., “A Flexible Electronics Laboratory with Local and Remote Workbenches in a Grid,” *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, Vols. Vol. 4, no 2, pp. 12-16, 2008.
- [14] I. Gustavsson et al., “The VISIR Open Lab Platform,” in *Internet Accessible Remote Laboratories: Scalable E- Learning Tools for Engineering and Science Disciplines*, Abul K. M. Azad, Michael E. Auer, V. Judson Harward, 2012, pp. 294-317.
- [15] C. M. Costa-Lobo et al., “Using Remote Experimentation in a Large Undergraduate Course: Initial Findings,” in *Proceedings of the 2011 Frontiers in Education Conference (FIE’11)*, 41st Edition, Rapid City, South Dakota, USA, 2011.
- [16] J. García-Zubia, U. Hernández-Jayo, I. Gustavsson and G. R. Alves, “Academic Effectiveness of VISIR remote lab in analog electronics,” in *1st Experiment@ International Conference*, Lisbon, Portugal, 17-18 November 2011.
- [17] S. Odeh, G. R. Alves, M. Anabtawi, M. Jazi, M. Arekat and I. Gustavsson, “Experiences with Deploying VISIR at Al-Quds University in

- Jerusalem,” in IEEE Global Engineering Education Conference (EDU-CON), Harbiye, Istanbul, Turkey, 2014
- [18] M. Tawfik et al., “VISIR: Experiences and challenges,” *International Journal Online Engineering (iJOE)*, vol. Vol 8, 2012.
- [19] G. R. Alves et al. “Spreading remote lab usage a system — A community — A Federation,” 2nd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPÉE) 2016
- [20] I. Gustavsson et al., “On Objectives of Instructional Laboratories, Individual Assessment and Use of Collaborative Remote Laboratories,” *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol. 2, No 4, pp. 263-274, 2009.
- [21] M. A. Marques et al., “How Remote Labs Impact on Course Outcomes: Various Practices Using VISIR,” *IEEE Transactions on Education*, vol. 57, no. 3, pp. 151-159, Aug. 2014, doi: 10.1109/TE.2013.2284156.
- [22] I. Gustavsson, J. Zackrisson and T. Olsson, “Traditional Lab Sessions in a Remote Laboratory for Circuit Analysis,” in *Proceedings of the 15th EAEEIE Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering*, Sofia, Bulgaria, 2004.
- [23] M. C. Viegas, N. Lima, G. R. Alves and I. Gustavsson, “Improving students experimental competences using simultaneous methods in class and assessments,” in *TEEM’14 Proceedings of the 2nd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, Salamanca, Spain, 2014.
- [24] G. R. Alves, C. Viegas, N. Lima and I. Gustavsson, “Simultaneous Usage of Methods for the Development of Experimental Competences,” *International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals* 7(1), pp. 48-63, 2016.
- [25] N. Lima, G. Alves, C. Viegas and I. Gustavsson, “Combined Efforts to develop students’ experimental competences,” in *Proceedings of Exp. at’15*, 3rd International Experimental Conference, Ponta Delgada, Azores, Portugal, 2015.
- [26] M. V. Branco, L. A. Coelho, L. Schlichting and G. R. Alves; “Differentiating simulations and remote (real) experiments”, 5th Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM’17), Cádiz, Spain, October 18-20, 2017.
- [27] M. V. Branco, L. A. Coelho, and G. R. Alves, “Estudo Comparativo entre Laboratórios Remotos e Simuladores”, Cap. 16, in *TICAI 2017, TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería*. Alfonso Lago Ferreira and André Vaz Fidalgo (Eds). IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español y Portugués. ISBN 978-84-8158-774-6.
- [28] M. C. Viegas et al. “Impact of a Remote Lab on Teaching Practices and Students Learning”, *Computers & Education*, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.012>
- [29] J. A. Farina et al., “Análisis de la idoneidad de una intervención didáctica para la enseñanza de ley de Ohm, en el nivel universitario básico: uso de laboratorio remoto”, *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 29, No. Extra, Mes 11, Año 2017. ISSN 2469-052X
- [30] G. R. Alves et al., “Using VISIR in a large undergraduate course: Preliminary assessments results,” in *Global Engineering Education Conference (EDUCON’11)*, Amman, Jordan, April 4-6, 2011.
- [31] J. García-Zúbia, D. López-de-Ipiña, P. Orduña, and G. R. Alves, “Addressing Software Impact in the Design of Remote Labs”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Special Issue on E-Learning and Remote Laboratories within Engineering Education. Vol. 56, Issue 12, December 2009, pp. 4757 – 4767, ISSN 0278-0046



Gustavo R. Alves (M’14-SM’16) was born in Porto, Portugal, on April 11, 1968. He received the M.Sc. and Ph.D. degrees in electrical and computer engineering from the University of Porto, Portugal, in 1995 and 1999, respectively.

He has been an Adjunct Professor with the Department of Electrical Engineering, School of Engineering, Polytechnic of Porto, Portugal, since 1994. He is responsible for the Research Group in Systems Testing, part of the Center for Innovation in Engineering and Industrial Technology. He has published over 220 articles in journals and international conferences with peer review. He authored 17 book chapters and co-edited a book in the area of remote labs in 2011. His areas of interest include teaching in engineering, remote experimentation, and electronic systems debug and test.

Dr. Alves is currently serving as President of the Portuguese Society for Engineering Education (SPEE), as President of the VISIR Federation, and as one of the Vice-Presidents of the International Association for Online Engineering (IAOE). He is also a member of the Global Online Laboratory Consortium (GOLC), the International Society for Engineering Education (IGIP), the *Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica* (TAEE) association and the Order of Engineers (OE) in Portugal. He currently serves as an Associated Editor for the *IEEE Transactions on Learning Technologies*.



Manuel C. Felgueiras received the B.Sc. and Ph.D. degrees in electrical and computer engineering from the Faculty of Engineering, University of Porto, Porto, Portugal, in 1987 and 2008, respectively. He started his professional career in 1987 as electronic designer for automation systems. Later was invited to supervise a test laboratory for verifying the accomplishment of European Standards in thermoelectric household appliances. He started the teaching activity in 1994 as Assistant Professor and later on as Adjunct Professor and researcher with the Department of Electrical Engineering, School of Engineering, Polytechnic Institute of Porto (P.Porto), Portugal. His research interests include design for debug and test of mixed-signals, remote experimentation in e-learning, renewable energy sources and smart buildings.

Prof. Felgueiras is a member of the Portuguese Engineers Association and also of the Global Online Laboratory Consortium (GOLC). He has published about 80 papers and includes the scientific committee of several conferences.



Maria C. Viegas was born in Porto, Portugal, on April 26, 1968. She received the M.Sc. degree in mechanical engineering from the University of Porto, and a Ph.D. in Science and Technology from University of Trás-os-Montes e Alto Douro - Portugal, in 1998 and 2010, respectively.

She has been an Adjunct Professor with the Department of Physics, School of Engineering, Polytechnic of Porto, since 1994 and a full member of the Research

Group in Systems Testing, part of the Center for Innovation in Engineering and Industrial Technology. She has published over 40 papers in journals and international conferences with peer review, authored 5 book chapters and co-authored a book in the area of Science Education.

Her research interests include engineering education, physics didactics, students learning with remote experimentation, and professional development.



André V. Fidalgo was born in São João da Madeira, Portugal, on June 28, 1974. He received the M.Sc. and Ph.D. degrees in electrical and computer engineering from the University of Porto, Portugal, in 1999 and 2008, respectively. He has been an Adjunct Professor with the Department of Electrical Engineering, School of Engineering, Polytechnic of Porto, since 2002.

He is a member of the Research Group in Systems Testing, part of the Center for Innovation in Engineering and Industrial Technology. Prof. Fidalgo has published over 100 articles in journals and international conferences with peer review and has authored 2 book chapters.

His areas of interest include teaching in engineering, remote experimentation, and electronic systems debug and test.



Maria A. Marques (M’14) was born in Aveiro, Portugal in 1965. She graduated in physics from the University of Porto in 1988, got her M.Sc. degree in Physics of Laser Communications from the University of Essex in 1992 and her Ph.D. degree in Engineering Sciences from the University of Porto in 2008. She has been with the School of Engineering - Polytechnic of Porto since 1995, where she has been an Adjunct Professor since 2001 teaching physics, electronics and biomechanics courses.

She has been involved in several R&D projects and was a member of the Physics Department Management Committee, responsible for the laboratory facilities, from 2008-2012 and 2016-2018. She is a member of the European

Society of Biomechanics (ESB) and the Global Online Laboratory Consortium (GOLC). Her current research interests are biomechanical analysis - modeling and instrumentation, and remote experimentation educational resources. She is author and co-author of more than 50 publications, a national patent and a book chapter. She has co-coordinated several research projects and has been member of several international conferences organizing and scientific committees.

At present, she serves as Vice-president of School of Engineering Scientific Technical Council.



Ricardo J. Costa was born on February 2, 1975. He received the B.Sc. and M.Sc. in Electrical and Computer Engineering from the Faculty of Engineering of the University of Porto in 1999 and 2003, respectively. In 2014 he received the Ph.D. in Information Science and Technologies, from the University of Coimbra, Portugal. Currently, he is an active researcher with several scientific publications in the area of remote laboratories for

education. With previous collaboration in the industry, he is now a teacher at the Polytechnic of Porto – School of Engineering, at the Electrical Department, teaching electrical and informatics courses, coordinating Bachelor and M.Sc. degree projects, and participating in international projects.



Natércia M. Lima was born in Porto, Portugal, on December 11, 1965. She received the B.Sc. Degree in Physics/Applied Mathematics and the M.Sc. degree in Mechanical Engineering from the University of Porto, Portugal in 1989 and 1998, respectively. She is now (and since November 2015) a student of the Doctoral Program in Education at the Society of Knowledge of the University of Salamanca, Spain, in the area Engi-

neering Education.

She is a professor at the Polytechnic of Porto - School of Engineering (ISEP) since 1993 and currently holds a position as Adjunct Professor and a full member of the Research Group in Systems Testing, part of the Center for Innovation in Engineering and Industrial Technology, since 2014. She has published about 30 papers in journals and international conferences with peer review. Her research interests include engineering education, students learning with remote experimentation, and professional development.

She has also been a member of the ISEP's Scientific Technical Council for 4 years and Director of the ISEP's Physics Department for several years.



Manuel Castro (M'87-SM'94-F'08) received his Industrial Engineering degree and Ph.D. degree in Engineering from the ETSII/Madrid Polytechnic University, Spain. He has received the Extraordinary Doctoral Award in the UPM and the 1988 Viesgo Doctoral Thesis Award, improving Scientific Research on Industrial Process Electricity Application. He received as well as

the 1997 and 1999 UNED's Social Council Award for the Best Didactic Materials in Experimental Sciences and the 2001 Award for the Innovative Excellence in Teaching, Learning & Technology from the Center for the Advancement of Teaching and Learning. He works as researcher, coordinator and director in different projects, covering topics from systems applications of simulation techniques, solar system and advanced microprocessor system simulation to telematics and distance learning applications and systems, as well as computer-aided electrical engineering (CAEE). Currently he acts as senior technical director.

His present position in UNED (Spanish University for Distance Education) is Professor of Electronics Technology and Director of the Electrical and Computer Engineering Department. He previously was UNED's New Technologies Vice-Rector, UNED's Information Services Center Director, Research and Doctorate Vice-director, Vice-director of Academic Affairs in the School of Engineering at UNED as well as Director of the Department. He worked during 5 years in Digital Equipment Corporation as senior system engineer. He publishes different technical, research and teaching books and articles for journals and conferences as well as multimedia materials, radio, TV programs and webinars.

Prof. Castro belongs to the organizing committee of IEEE EDUCON, IEEE FIE (International and Europe Chair, 2000-2006), IEEE EDUNINE, IEEE LWMOOCs, ISES, TAEE and SAAEI conferences and program and planning committees' member, reviewer and chairman of several other ones; co-chair of the conference LWMOOCs 2018, REV 2016, FIE 2014, EDUCON

2010, TAEE 2010 and ICECE 2005, as well as co-editor of IEEE-RITA and of the Electronic Journal of Spanish Chapter of the IEEE Education Society. He is Fellow of IEEE (for contributions to distance learning in electrical and computer engineering education) and member of Board of Directors (BoD) of the IEEE as Division VI Director (2019-2020), member of the Administration Committee and Board of Governors (AdCOM/BoG) (2005-2021) and President (2013-2014) of the IEEE Education Society; as well as he was designed as IEEE Education Society President Emeritus (2017), Founder and Past-Chairman (2004-2006) of the Spanish Chapter of the IEEE Education Society, and Chair of the IEEE Spain Section (2010-2011), IEEE Region 8 Educational Activities Subcommittee Chair (2015-2016). He has been awarded with the IEEE EDUNINE 2017 Meritorious Service Award, the 2012 TAEE (Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica) to the Professional Life, the IEEE EDUCON 2011 Meritorious Service Award (jointly with Edmundo Tovar), and the 2010 Distinguished Member Award of the IEEE Education Society, the 2009 Edwin C. Jones, Jr. Meritorious Service Award of the IEEE Education Society, the 2006 Distinguished Chapter Leadership Award and for the collective work inside the Spanish Chapter of the IEEE Education Society with the 2011 Best Chapter Award (by the IEEE Region 8) as well as with the 2007 Chapter Achievement Award (by the IEEE Education Society). He is member of the Board of the Spanish International Solar Energy Society (ISES).



Javier García-Zubía (M'6-SM'12) was born in Bilbao, Spain, on February 16, 1964. He received the M.Sc. and Ph.D. degrees in computer engineering from the University of Deusto, Spain, in 1987 and 1996, respectively.

He has been Full Professor with the Department of Computer, Telecommunications and Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Deusto, Spain, since 1989. He is responsible for the WebLab-Deusto remote lab, part of the Deustek Research Group. He has published over 200 articles in journals and international conferences with peer review. He authored 7 book chapters and co-edited three books in the area of remote labs in 2008, 2011 and 2014. His areas of interest include teaching in engineering, remote experimentation, and programmable electronic systems.

Dr. García-Zubía is currently a member of the Spanish Chapter of the IEEE Education Society, CESEI, and during the period 2016-2017 he was the President of CESEI. He is also a member of the Global Online Laboratory Consortium (GOLC).



Andreas Pester (M'03) was born in Arnisdorf, Germany, on December 10, 1951. He received the Ph.D. degree in Mathematics from Odessa State University, Kiev, Ukraine, and a Docent degree from Dresden University of Technology, Germany, in 1979 and 1983, respectively.

In 1996, he became Full Professor at the Carinthia University of Applied Sciences, Austria. Since 2002, he has been a Visiting Professor at several Institutions of Higher Education in the UK, Spain, other European countries, and also in South America.

He has more than 20 years' experience in eLearning in higher education, in strategic planning for using eLearning in higher education and in platform evaluation, planning, developing, implementation and evaluation of curricula in higher education on undergraduate and graduate level (including international master programs), in teaching math and mathematical modelling simulation technologies, remote engineering, online labs. He was involved in more than 11 EU- and national projects in eLearning and online Labs. He has more than 80 publications, was member of the program committee of different international conferences and was the editor-in-chief of the online-journal "Advanced cooperate learning". He is head of the research group Online and Pocket Labs and his research interests are in the area of online labs and machine learning.

Dr. Pester is a member the IEEE Education Society, the International Association for Online Engineering (IAOE), and a senior member of the International Society for Engineering Education (IGIP).



Wlodek J. Kulesza (M'95) received the M.Sc. and the Ph.D. degrees in Automation from Lodz University of Technology, Poland, and a Docent degree from Linköping University, Sweden, in 1977, 1987 and 1997 respectively. In 2001, he became Full Professor in Measurement Science and Technology at the University of

Kalmar, Sweden. Since 2007, he has held a Professor Chair at the Department of Applied Signal Processing at Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden.

For a couple of years, he has been a Visiting Professor at Southeast University, Nanjing, and Soochow University, Suzhou, both in China, but also at Gdansk University of Technology, Gdansk, and University of Social Sciences, SAN, Lodz, both in Poland. His main research interests are Multi-Sensor Systems and Wireless Sensor Networks for healthcare and safety applications. He is also interested in Research Methodology and Philosophy of Science, the subject that he lectures for graduate and postgraduate students. In 2009, Prof. Kulesza was honored with the Andy Chi Best Paper Award by IEEE Transaction in Measurement and Instrumentation. He is an author or co-author of dozens of conference and journal papers and several textbooks among others two editions of "Scientific Metrology" and "Measurement Data Handling".



Juarez B. Silva (M'11) was born in Sombrio, SC, Brazil, on August 12, 1959. He received the M.Sc. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering and Knowledge Management at the Federal University of Santa Catarina, Brazil, in 2002 and 2007 respectively.

He is Associate Professor in the Special Interdisciplinary Coordination of Information and Communication Technologies of the Center of Sciences, Technologies and Health of the Federal University of Santa Catarina since 2010.

He is responsible for the Remote Experimentation Lab (REXLab) research group. Prof. Silva has published over 150 articles in peer-reviewed journals and conferences. He also published 26 book chapters and published 8 books. His major interest in research is the area of educational technology. With special attention in the use of the virtual and remote labs in the processes of teaching and learning.



Ana M. B. Pavani (M'11) received a Degree, an M.Eng., and a Ph.D., all in Electrical Engineering, from the Federal University of Rio Grande do Sul, RG, Brazil, in 1969, from the City University of New York, NY, USA, in 1976, and from the Federal University of Rio de Janeiro, RJ, Brazil, in 1983, respectively.

She is a Full Professor at the Faculty of Engineering – Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, RJ, Brazil, since June 1976. She is the current manager of LAMBDA – a laboratory devoted to digital publishing, digital archives and courseware development. Dr. Pavani is a member of the Board of Directors of NDLTD – Networked Digital Library of Theses and Dissertation. Her areas of interest are: engineering education; ICT-supported learning; and dissemination of scholarly communications.



María I. Pozzo was born in Rosario, Argentina, on May 1, 1969. She received the Professor, Licenciata and Ph.D. degrees in educational sciences from the National University of Rosario, Argentina, in 1993, 1995 and 2003, respectively. She received the M.Sc. degree in teaching Spanish as a foreign language from the University of Barcelona, Spain, in 2003.

She has been an Adjunct Professor in the School of Educational Sciences, Humanities and Arts Faculty of the National University of Rosario, Argentina, since 2000, where she is responsible for the Research Department. She has been a researcher at National Scientific and Technical Research Council of Argentina at the Rosario Institute of Research in Educational Sciences (IRICE) since 2010. She has received several international grants: from American Field Service as a scholar at the High School for the Performing and Visual Arts, in Houston, EEUU (1986/87); from the Spanish Agency of International Cooperation at the University of Girona, Spain (1998); from Coimbra Group at the Catholic University of Leuven, Belgium (2006); and from the Canadian Government at Universities and Colleges in Vancouver, Canada (2009). Her areas of interest include teaching in higher education, research training, and interculturality.

Dr. Pozzo is a member of the Educational Sciences Graduate Association of Rosario (Asociación de Graduados en Ciencias de la Educación - AGCER) and the Directory Boards of the Center of Scientific Information and Documentation (Centro de Información y Documentación Científica - CIDOC) of the National University of Rosario, the Rosario Institute of Research in Educational Sciences and the Master Program in University Teaching of the

National Technological University at Rosario. She was a member of the Argentinean Association of University Women, representing the Rosario Youth Chapter in the International Conference in Yokohama, Japan, in 1995. She serves as an Academic Reviewer of EDUNINE Conference 2019, IEEE.



Susana Marchisio was born in Rosario, Argentina, on October 21, 1952. She obtained the Electronic Engineering Diploma from National University of Rosario (UNR) and the Ph.D. degree in Industrial Engineering from the Spanish University for Distance Education (UNED). She is Full Professor with the Department of Physics and Chemical Sciences and responsible for the Research Group "ICT in Science and Technological Education" at Faculty of Exact Sciences, Engineering and Surveying (FCEIA), National University of Rosario. From 1991 to 2011, she was the Head of the Distance Education Department of FCEIA, UNR and up to 2015, the Head of the Postgraduate School in the same institution. At present, she is the Head of the FCEIA-UNR Remote Lab. She has represented UNR in the University Network of Distance Education of Argentina (RUEDA) for 10 years and co-coordinated the same interuniversity academic network between 2006 and 2007. She currently integrates RUEDA as an honorary member. She is Category 1 in the National Program for University Researchers. Her areas of interest include teaching in engineering, remote labs, educational technology and distance education. She works as researcher, coordinator and director in different projects since 1985. She has published over 90 full articles in journals and international conferences with peer review, and co-authored 21 book chapters and 7 books in her areas of interest.

Dr. Marchisio has been co-editor of the indexed journal *Virtuality, Education and Science (VEsC)*, member of the Editorial Board of the Argentine Journal of Physics Teaching and member of the Scientific Committee of the RUEDA Journal, a periodic publication of the interuniversity national network of Distance Education in Argentina. She also integrates peer review committees for more than 20 international scientific meetings, and for the National Commission for University Evaluation and Accreditation of Argentina (CONEAU). She is professor and also member of Academic Commissions in several Postgraduate Programs in Argentina: The Doctoral Program in Engineering and the Master Program in Didactics of Experimental Sciences of de National University of Rosario, the Master Program of Educational Processes Mediated by Technology of the National University of Cordoba, and the Master Program in University Teaching of the National Technological University at Rosario).



Ruben A. Fernández was born in Santiago del Estero, Argentina, on July 26, 1949. He obtained his degree in Electrical Engineering (with a Major in Electronics) in 1975 from the National University of Tucuman, Argentina. His interest in engineering education led him to earn the degree of Specialist in Teaching in Higher Education from the Catholic University of Cuyo, Argentina in 2003.

He is a professor at FCEyT since 1983 reaching the rank of Full Professor in 1993. He has been Director of the Academic Department of Electronics between the years 2001 and 2004. During 2005-2007 he served as Academic Secretary of the Faculty of Exact Sciences and Technologies at the National University of Santiago del Estero. He has also completed the entire program of the M.Sc. Program in Renewable Energy and is currently working on his thesis "Analysis and Evaluation of the parameters that influence the determination of the working voltage of photovoltaic systems" to earn the M.Sc. degree. He is the author or co-author of several articles in journals and national and international conferences with peer review and has writing a guide for students over "Power electronics".

Mr. Fernández is currently responsible for the Research Group of the project "Development of applied technologies to strengthen the engineering competencies that contribute competitiveness to regional production".



Vanderli F. de Oliveira was born in Pedra Dourada, MG, Brazil, on August 17, 1954. He received the M.Sc. and D.Sc. degrees in Production Engineering from the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Brazil, in 1993 and 2000, respectively.

He has been a Full Professor with the Department of Production Engineering, School of Engineering, Federal University of Juiz de Fora (UFJF), Brazil, since 1980.

He is responsible for the Observatory of Education in Engineering of UFJF.

He has published over 190 articles in journals and conferences with peer review. He authored 45 book chapters and co-edited two books in the area of Engineering Education in 20. He co-authored two books, authored 18 book chapters and co-edited 27 books in the area of Engineering Education.

He is currently serving as President of the Brazilian Association for Engineering Education (ABENGE), Adjunct Coordinator of the College of Entities of the National Council of Engineering and Agronomy (CONFEA), Evaluator of Courses and Institutions of the National Institute of Studies and Educational Research Anísio Teixeira of the Ministry of Education (MEC), Brazil, since 2002.



Luis C. Schlichting was born in Lages, SC, Brazil, on December 15, 1962. He graduated in Electrical Engineering from the Federal University of Santa Catarina, Brazil, in 1987, and obtained an M.Sc. and a Ph.D. degree in Electrical Engineering by the Federal University of Santa Catarina, Brazil in 1990 and 2003, respectively.

He is a Professor at the Federal Institute of Santa Catarina (IFSC), where he has taught classes in the Department of

Electronics since 1995. He is an Institutional and Course Evaluator of INEP/MEC. He has experience in Electrical Engineering, with emphasis on Industrial Electronics, working mainly in the following subjects: static converters, electromagnetic compatibility - EMC, electromagnetic interference - EMI, power electronics and education. In management, he was a founding partner of the company Celtec - Eletrônica Industrial, academic coordinator of the technical course of electronics at IFSC, coordinator of the Higher Course of Technology in Electronic Systems at IFSC. Acted in consulting of Implantation of information systems and adaptation of electro-electronic equipment to the norms of EMC.

Dr, Schlichting has also worked with the application of remote laboratories as a teaching strategy in technical, undergraduate and graduate courses.

Página en Blanco

Consejo Editorial

Martín Llamas Nistal, Capítulo Español de la Sociedade de Educación del IEEE (Presidente)

André Fidalgo, Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE (Co-editor)

Óscar Martínez Bonastre, Capítulo Español de la Sociedade de Educación del IEEE (Co-editor)

Álvaro Rocha, Universidade Fernando Pessoa, Portugal

Alfonso Lago Ferreiro, Universidade de Vigo, España

Ana Amélia Carvalho, Universidade do Minho, Portugal

Ana Dias, Universidade do Minho, Portugal

Ana Feroso Garcia, Universidad Pontificia de Salamanca, España

André Fidalgo, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal

Andre Luis Raabe, Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Andrés Barrado Bautista, Universidad Carlos III de Madrid, España

Ángel Mediavilla, Universidad de Cantabria, España

Ángel Velázquez, Universidad Rey Juan Carlos, España

Antonio José Mendes, Universidade de Coimbra, Portugal

António José Osório, Universidade do Minho, Portugal

Baltasar Fernández Manjón, Universidad Complutense de Madrid, España

Carlos Rueda Artunduaga, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia

Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal

Cristina Azevedo Gomes, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal

Edmundo Tovar Caro, Universidad Politécnica de Madrid, España

Fernando Spanhol, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Iñigo J. Oleagordia Aguirre, Universidad del País Vasco, España

Inmaculada Plaza García, Universidad de Zaragoza, España

Isabel Fernández Castro, Universidad del País Vasco, España

Jaime Sánchez, Universidad de Chile, Chile

Jesús Romo Uriarte, Universidad del País Vasco, España

Jorge Hugo Calleja Gjumlich, CENIDET, México

Jose María Malgosa Sanajua, Universidad Politécnica de Cartagena, España

Juan Manuel Santos Gago, Universidade de Vigo, España

Liane Margarida Rockenbach Tarouco, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Lidia Fuentes Fernández, Universidad de Málaga, España

Manuel Benito Gómez, Universidad del País Vasco, España

Manuel Caeiro Rodríguez, Universidade de Vigo, España

Manuel Castro Gil, Universidad Nacional de Educación

a Distancia, España

Manuel Emilio Prieto Méndez, Universidad de

Castilla-La Mancha, España

Manuel Gericota, Instituto Superior de Engenharia

do Porto, Portugal

Manuel Ortega Cantero, Universidad de Castilla-La Mancha, España

Margarita Cabrera Bean, Universidad Politécnica de Cataluña, España

Maria José Marcelino, Universidade de Coimbra, Portugal

Martín Llamas Nistal, Universidade de Vigo, España

Óscar Martínez Bonastre, Universidad Miguel Hernández, España

Paula Escudeiro, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal

Paulo Dias, Universidade do Minho, Portugal

Ricardo Azambuja Silveira, Universidade Federal

de Santa Catarina, Brasil

Silvestre Rodríguez Pérez, Universidad de la Laguna, España

Financiado por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE



IEEE

**Capítulos Español y Portugués
de la Sociedad de Educación**

Universida deVigo