

TICAI 2016

TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería

Editores

Alfonso Lago Ferreiro
Manuel G. Gericota

TICAI 2016

**TICs para el
Aprendizaje
de la Ingeniería**

I.S.B.N.: 978-84-8158-732-6

UMA PALAVRA DOS EDITORES	I
UNAS PALABRAS DE LOS EDITORES	II

CAPÍTULO 1	7
-------------------	----------

FLEXIBILIZAÇÃO DO PERCURSO DE APRENDIZAGEM NUM CURSO DE LICENCIATURA DIRIGIDO A TRABALHADORES ESTUDANTES

ROGÉRIO DUARTE, ANA LUÍSA DE OLIVEIRA PIRES, ÂNGELA LACERDA NOBRE

CAPÍTULO 2	15
-------------------	-----------

NLAST: UN ASISTENTE EN LENGUAJE NATURAL PARA ESTUDIANTES

F. A. MIKIC FONTE, M. LLAMAS NISTAL, J. C. BURGUILLO, M. CAEIRO RODRÍGUEZ

CAPÍTULO 3	21
-------------------	-----------

EL DEBATE COMO INSTRUMENTO DOCENTE PARA TRABAJAR LAS COMPETENCIAS TRANSVERSALES Y LA ÉTICA EN LA PROFESIÓN INFORMÁTICA

FERNANDO VALLEJO, MARTA ZORRILLA

CAPÍTULO 4	29
-------------------	-----------

POR QUÉ MI CURSO NO ES UN MOOC O EL FRACASO TELEVISIVO DE UN ACTOR TEATRAL

ANTONIO POLO MÁRQUEZ

CAPÍTULO 5	37
-------------------	-----------

APLICACIÓN DEL MARCO DE FUNDAMENTACIÓN DEL PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI) ASIGNATURAS DE PROYECTOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS.

CARLOS M. ECHEVERRI, JORGE E. MONTOYA, ANDRES F. ALZATE

CAPÍTULO 6	43
-------------------	-----------

USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE APLICADO EN EL PROCESO DE INTEGRACIÓN UNIVERSIDAD-COMUNIDAD

MA. FERNANDA CALDERÓN, EDUARDO I. ÁLAVA, AGNI L. LOMBEIDA, NATALIA P. REBUTTI, JAIME A. PALOMINO, EDER W. CEPEDA, ALFONSO A. NARANJO Y DIEGO F. GUEVARA

CAPÍTULO 7	49
-------------------	-----------

ENTORNO DE DISEÑO ELECTRÓNICO PARA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL REMOTO CON TARJETA DE EVALUACIÓN MINIDK2, DESTINADO A LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE ALUMNOS DE GRADO

CRISTINA LOSADA GUTIÉRREZ, FELIPE ESPINOSA ZAPATA, SENIOR MEMBER, IEEE, JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ ASCARIZ, FRANCISCO J. RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, MEMBER, IEEE, MARTA MARRÓN ROMERA

CAPÍTULO 8

57**INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL APLICADA AL ANÁLISIS Y PROCESADO DE SEÑALES DE ELECTROMIOGRAFÍA (EMG)**

IÑIGO OLEAGORDIA AGUIRRE, JOSÉ I. SAN MARTÍN DÍAZ, AITOR J. GARRIDO HERNÁNDEZ, PEDRO RODRÍGUEZ LÓPEZ

CAPÍTULO 9

65**PERCEPÇÃO PARA A COOPERAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM EDITORES DE TEXTOS WEB NA PERSPECTIVA DE USUÁRIOS CEGOS**

R. P. MACHADO, D. CONFORTO AND L. SANTAROSA

CAPÍTULO 10

73**UN ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DE LA VISUALIZACIÓN DE ALGORITMOS EN LA MOTIVACIÓN DE LOS ALUMNOS**

J. ÁNGEL VELÁZQUEZ-ITURBIDE, ISIDORO HERNÁN-LOSADA, MAXIMILIANO PAREDES-VELASCO

CAPÍTULO 11

81**DESARROLLO DE UN PROCESO DE MEDIDA DE RUIDO EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS COMO ACTIVIDAD FORMATIVA INTEGRADORA DE CONOCIMIENTOS**

JORGE PÉREZ-BAILÓN, ALEJANDRO MÁRQUEZ, NICOLÁS MEDRANO, MEMBER, IEEE AND BELÉN CALVO, MEMBER, IEEE

CAPÍTULO 12

89**EXPERIENCIAS PARA EL FOMENTO DE LAS VOCACIONES TECNOLÓGICAS ENTRE ESTUDIANTES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA**

SERGIO LÓPEZ, ANTONIO CARPEÑO, JESÚS ARRIAGA, MARIANO RUIZ Y ALEJANDRO MARTÍN

CAPÍTULO 13

97**USO DE CHATBOTS EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA**

JUANAN PEREIRA, HARITZ MEDINA, ÓSCAR DÍAZ

CAPÍTULO 14

105**A UTILIZAÇÃO DO VISIR COMO UM RECURSO EDUCATIVO: UMA REVISÃO DA LITERATURA**

NATÉRCIA LIMA, CLARA VIEGAS, GUSTAVO ALVES, IEEE SENIOR MEMBER E FRANCISCO JOSÉ GARCÍA-PEÑALVO

Uma palavra dos editores

TICAI 2016 é o décimo 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 décimo volume integra catorze artigos apresentados em 8 conferências internacionais, cobrindo temas mais técnicos, como os tutores inteligentes ou os laboratórios remotos, temas mais pedagógicos, como vias alternativas de ensino ou experiências para atrair os mais novos para as áreas de engenharia, e temas que misturam ambos os aspetos, apresentando formas inovadoras de ensinar a engenharia.

Agradecemos a todos os autores a colaboração na edição de mais um volume desta coleção. 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 e essas práticas, mas igualmente para desenvolver o seu próprio trabalho nesta área.

Os editores

Alfonso Lago Ferreira (Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação do IEEE)

Manuel Gericota (Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE)

Unas palabras de los editores

TICAI 2016 es el décimo 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 tiene como objetivo central divulgar los mejores trabajos en lengua española y portuguesa en el campo de la enseñanza de la ingeniería en las áreas amparadas por el IEEE, presentados en los foros internacionales más reconocidos donde, estos temas, son discutidos.

Este décimo volumen integra catorce artículos presentados en 8 conferencias internacionales, cubriendo temas más técnicos, como los tutores inteligentes o los laboratorios remotos, temas más pedagógicos, como vías alternativas de enseñanza o experiencias para atraer a los más jóvenes para las áreas de ingeniería, y temas que mezclan ambos aspectos, presentando formas innovadoras de enseñar la ingeniería.

Agradecemos a todos los autores la colaboración en la edición de un volumen más de esta colección. 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 esa tecnología y esas prácticas, sino para desarrollar su propio trabajo en esta área.

Los editores

Alfonso Lago Ferreira (Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE)

Manuel Gericota (Capítulo Portugués de la Sociedad de Educación del IEEE)

Capítulo 1

Flexibilização do Percurso de Aprendizagem num Curso de Licenciatura Dirigido a Trabalhadores Estudantes

Rogério Duarte, Ana Luísa de Oliveira Pires, Ângela Lacerda Nobre

Title—Increasing adult students' learning opportunities with flexible learning pathways: Evidence from a graduate course designed for adult students

Abstract— Higher education institutions play an important role in promoting equity and access conditions to adult students. Such role includes the ethical commitment to facilitate learning processes, removing barriers to adult students' entry and persistence in higher education. This paper describes the implementation of flexible learning pathways in a technology and industrial management graduate course targeted at adult students. Findings confirm that adult students welcome flexible learning pathways and choose the pathways that better suit their needs. Despite academic background differences success rates are adequate and similar for different learning pathways, showing that adult students are capable of bridging the gaps in their academic development. Considering the positive results it is concluded that flexible learning pathways, together with flexible entry requirements, promote equity and access conditions to adult students.

Keywords— higher education, adult students, flexible learning, learning pathways

Resumo— As instituições de ensino superior desempenham um papel chave na formação graduada de trabalhadores estudantes. Este papel vai muito para além do alargamento das condições de acesso entendendo-se ao desenho dos processos de ensino e aprendizagem e à remoção das barreiras à permanência dos trabalhadores estudantes no ensino superior. Neste artigo descreve-se a flexibilização do percurso de aprendizagem num curso de licenciatura em Tecnologia e Gestão Industrial concebido para trabalhadores estudantes. Os resultados do estudo mostram que os estudantes abraçam a possibilidade que lhes é dada de optarem por diferentes

percursos de aprendizagem e escolhem aqueles que lhes são mais convenientes. Apesar de no início do trimestre existirem diferenças significativas nos conhecimentos académicos prévios de estudantes que optam por diferentes percursos de aprendizagem, no final do trimestre as taxas de sucesso não revelam diferenças estatisticamente significativas, sendo possível concluir uma redução dos desequilíbrios iniciais e a capacidade que os estudantes possuem de ultrapassar as suas lacunas. Tendo em consideração os bons resultados obtidos conclui-se que a flexibilização do percurso de aprendizagem, em conjunto com o alargamento das condições de acesso, contribuem para a promoção efetiva do ensino graduado de trabalhadores estudantes.

Palavras-chave— Ensino Superior, trabalhadores estudantes, flexibilização de percurso de aprendizagem

I. INTRODUÇÃO

O aumento significativo do número de trabalhadores estudantes matriculados em instituições do ensino superior [1] mostra que são muitos os que desejam obter mais qualificações académicas e prova a importância que o alargamento das condições de acesso possui para a promoção de políticas de aprendizagem ao longo da vida. Contudo, o alargamento do acesso a Instituições de Ensino Superior (IES) não chega, visto que para os trabalhadores estudantes os processos tradicionais de ensino e aprendizagem constituem frequentemente barreiras intransponíveis.

Comparando os “estudantes tradicionais” do ensino superior (os que ingressam logo após concluir estudos secundários) com trabalhadores estudantes, constata-se que fruto de responsabilidades profissionais e familiares, estes últimos possuem menos tempo para dedicar ao seu desenvolvimento académico; constata-se também que os trabalhadores estudantes normalmente reiniciam estudos após uma longa interrupção.

Sendo certo que durante a interrupção dos estudos os trabalhadores estudantes adquirem competências variadas e importantes, raramente estas competências são relevantes para disciplinas lecionadas no primeiro ano de ciclos do estudo de engenharia/ tecnologia e gestão, como é o caso da matemática, da física ou química [2, 3], facto que dificulta a reaproximação dos trabalhadores estudantes à academia. Por este motivo - porque trabalhadores estudantes precisam

Este trabalho foi apresentado originalmente no 2º Congresso Internacional da Sociedade Portuguesa para a Educação em Engenharia (CISPÉE2016), 20-21 de outubro de 2016, UTAD, Vila Real, Portugal.

Rogério Duarte pertence ao Departamento de Eng.ª Mecânica da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Instituto Politécnico de Setúbal, Campus do IPS, Estefanilha, 2914-761 Setúbal, Portugal (Telefone: +351 265790000; e-mail: rogerio.duarte@estsetubal.ips.pt).

Ana Luísa de Oliveira Pires pertence ao Departamento de Ciências da Educação da Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Setúbal, Campus do IPS, Estefanilha, 2914-761 Setúbal, Portugal (e-mail: ana.luisa.pires@ese.ips.pt).

Ângela Lacerda Nobre pertence ao Departamento de Economia e Gestão da Escola Superior de Ciências Empresariais, Instituto Politécnico de Setúbal, Campus do IPS, Estefanilha, 2914-761 Setúbal, Portugal (e-mail: angela.nobre@esce.ips.pt).

vencer lacunas mais pronunciadas no seu desenvolvimento académico e precisam fazê-lo com maior eficiência (com menos tempo disponível) - a promoção efetiva do ensino graduado entre trabalhadores estudantes requer ajustes no processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Collis et al. [4] a reaproximação à academia é facilitada se se flexibilizarem os modelos de aprendizagem. Collis defende que em lugar de um modelo rígido com conteúdos, tempos, métodos e suportes de aprendizagem definidos unilateralmente e no início do semestre/ trimestre, se deve deixar ao critério dos estudantes a seleção destas dimensões, permitindo a adaptação dos percursos de aprendizagem às necessidades específicas de cada estudante. Este modelo de aprendizagem é designado na literatura especializada em língua inglesa por “*flexible learning*” sendo apresentada e discutida, por exemplo, em [5] e [4].

É óbvio que a liberdade de escolha do percurso de aprendizagem é útil para trabalhadores estudantes facilitando muitíssimo a gestão dos conflitos entre as esferas académica, profissional e familiar. No entanto, não é fácil passar de um modelo de aprendizagem rígido (o modelo tradicional) para um modelo flexível. Segundo Collis et al. [4], as principais dificuldades residem nos custos elevados para a IES e nos conflitos que surgem para professores, estudantes, empregadores e para a própria IES como resultado de se introduzirem múltiplas frentes de flexibilidade. Com efeito, a flexibilidade nos conteúdos ministrados é frequentemente mal recebida quer pelos professores quer pelos estudantes [4, 5]; por isso, antes de decidir pela flexibilização de percursos de aprendizagem é importante assegurar que a IES é capaz de gerir os potenciais conflitos de forma a atingir um aumento efetivo das oportunidades de aprendizagem.

O tema deste artigo é a flexibilização de percursos de aprendizagem, mais precisamente, estuda-se a flexibilização do percurso de aprendizagem numa licenciatura em Tecnologia e Gestão Industrial concebida de raiz para trabalhadores estudantes. No caso estudado nem todas as dimensões de aprendizagem foram objeto de flexibilização; os conteúdos ministrados, os calendários escolares permaneceram rígidos, porém, adotaram-se diferentes formatos de entrega dos conteúdos do curso em diferentes períodos da semana, como se descreverá com maior detalhe na secção II.

Acima referiu-se a importância da IES gerir as alterações que introduz no processo ensino e aprendizagem. Isto pressupõe a capacidade de monitorizar a experiência dos estudantes e avaliar o impacto das alterações. No presente estudo a avaliação assentou, numa primeira fase, na monitorização do interesse despertado nos estudantes pela oferta de percursos flexíveis. Dito de outro modo, monitorizou-se o número de estudantes que frequentou cada um dos diferentes percursos disponíveis. Assim, um objetivo deste artigo é descrever os percursos de aprendizagem oferecidos e reportar os mais significativos para os estudantes.

Porém, quando um trabalhador estudante seleciona um entre vários percursos de aprendizagem fá-lo tendo em vista a compatibilização de horários e não a qualidade científica ou pedagógica associada; por isso, no limite, um mau desenho dos percursos de aprendizagem pode acabar por

prejudicar o desenvolvimento académico do estudante. Assim, um outro objetivo deste artigo é analisar o desempenho e integração académica associada a diferentes percursos de aprendizagem e perceber se existem desequilíbrios. Mas esta análise levanta um problema: é que para o desempenho e integração académica (especialmente de estudantes do 1º ano) contribuem os antecedentes dos estudantes. Por exemplo, diferentes estudos [6, 7] mostram existir uma elevada correlação entre a classificação média obtida durante o ensino secundário e o desempenho académico em cursos de licenciatura. Também parece consensual [6, 8] que a idade do estudante influencia a sua integração académica (Bean e Metzner [6] discutem razões por que estudantes com mais idade e mais experiência não são tão influenciados pelo contacto com a academia); assim, para estudar o efeito dos antecedentes nos resultados de desempenho e integração académica importa reunir dados sociodemográficos e associar esses dados aos percursos de aprendizagem selecionados pelos estudantes. Neste artigo faz-se esta associação, tornando-se possível analisar o desempenho e integração académica de diferentes percursos controlando os antecedentes dos estudantes.

Nas próximas secções começa-se por detalhar a metodologia usada no estudo, seguindo-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos com a flexibilização de percursos de aprendizagem na licenciatura em Tecnologia e Gestão Industrial. Depois de se abordarem as virtudes e limitações da estratégia de flexibilização implementada sugerem-se temas de investigação futura, concluindo-se o artigo com considerações sobre o interesse de se adotarem modelos de aprendizagem flexível para a efetiva promoção do ensino graduado entre trabalhadores estudantes.

II. METODOLOGIA

A. Os Percursos de Aprendizagem

Estudou-se a flexibilização do percurso de aprendizagem no curso de Licenciatura em Tecnologia e Gestão Industrial (LTGI) de uma instituição portuguesa de ensino superior público de média dimensão (6000 estudantes). O curso LTGI tem como público-alvo trabalhadores com horário completo (8 horas por dia) que comutam duas a três vezes por semana para assistir a aulas em regime pós-laboral (das 18h30 às 23h00).

Desde o arranque da LTGI em 2007 e até 2014 adotou-se uma metodologia *b-learning* (do inglês, “*blended-learning*”) para as aulas teórico-práticas que divide o tempo de leção em duas metades, uma presencial e outra de ensino à distância (assente no uso da plataforma Moodle). Adicionalmente, por semana lecionam-se 2 horas de aulas de laboratório com presença mínima obrigatória. Para obter mais informações sobre as características da LTGI pode consultar-se Duarte et al. [9] e Lourenço et al. [10].

A partir de 2014-2015 flexibilizou-se o percurso de aprendizagem acima descrito, disponibilizando-se:

- i. Versões *online* das aulas teórico-práticas presenciais (vídeos disponibilizados no Moodle).
- ii. Aulas de laboratório aos sábados (4 horas) de 15 em 15 dias como alternativa às tradicionais aulas de laboratório entre 2ª e 6ª-feira (2 horas) todas as semanas.

A Figura 1 ajuda a compreender o percurso semanal de aprendizagem implementado até 2014 (linhas a cheio) e os percursos adicionais disponibilizadas a partir de 2014-2015 (linhas tracejadas). Pode-se constatar que desde 2014-2015 os estudantes podem optar no início de cada semana por 4 percursos de aprendizagem distintos.

As razões que justificam a disponibilização destes novos percursos e as dúvidas que surgiram enquanto se discutia a sua implementação são apresentadas de seguida.

- 1) *Reforço de conteúdos online de aulas teórico-práticas*: Por força das suas responsabilidades profissionais e familiares os trabalhadores estudantes veem-se por vezes forçados a faltar a aulas presenciais. Para minimizar as consequências das faltas decidiu-se disponibilizar conteúdos *online* (vídeos disponibilizados no Moodle) relativos a todas as aulas teórico-práticas. Por detrás desta decisão esteve o objetivo de complementar as aulas presenciais; porém, uma vez que não existe assiduidade mínima nas aulas teórico-práticas, um risco desde logo identificado foi o de os estudantes interpretarem a oferta de conteúdos *online* como uma alternativa à presença nas aulas teórico-práticas, substituindo-as. Com efeito, de acordo com [11] e [12] estudantes com dificuldades de gestão da aprendizagem (com dificuldade em gerir tempos, ritmo e profundidade de estudo) podem acreditar que os conteúdos *online* substituem integralmente as aulas presenciais, acabando por descobrir, frequentemente tarde demais, a importância que o contacto com professores e colegas tem para o desempenho académico. Ficou por isso claro, desde o início, a importância de uma monitorização atenta da assiduidade dos estudantes nas aulas presenciais.
- 2) *Oferta de laboratórios aos sábados*: O conflito entre o horário escolar e o horário laboral e as responsabilidades de assistência à família (ir buscar os filhos à escola, por exemplo) constituem importantes barreiras à permanência e graduação de trabalhadores estudantes. Ao permitir que estudantes frequentem aulas de laboratório obrigatórias em datas diferentes (durante a semana

ou ao sábado) reduzem-se conflitos de agenda; acresce que a concentração dos laboratórios aos sábados em aulas de 4 horas de 15 em 15 dias permite reduzir os custos e o tempo de transporte. Porém, uma vez que aos sábados muitos serviços académicos se encontram encerrados e o número de docentes, funcionários não-docentes e estudantes presentes no campus é muito menor do que nos dias de semana, a experiência dos estudantes com laboratórios aos sábados é diferente, quicá menos estimulante, e isso pode afetar a integração académica. Porque a integração académica é um fator que determina a persistência dos estudantes [6], também ficou claro desde o início do estudo a importância de monitorizar a vivência académica dos estudantes.

B. A Amostra

No ano académico 2014-2015 ingressaram na LTGI 51 estudantes. Noventa e oito por cento destes estudantes possuíam um emprego a tempo inteiro, eram maioritariamente homens (78%) e as idades variavam entre os 18 e os 48 anos. Mais de metade (56%) dos estudantes beneficiaram das condições de acesso ao ensino superior por via da legislação portuguesa que suporta a aprendizagem ao longo da vida (maiores de 23 anos). Um outro grupo de estudantes com representação significativa em 2014-2015 foram estudantes que pediram transferência de outros cursos superiores (da própria instituição e de outras instituições), representando estes 15% da totalidade dos matriculados. Os restantes 29% matricularam-se com 12 anos de escolaridade obrigatória ministrada em escolas secundárias ou em instituições de formação tecnológica especializada.

Dos 51 estudantes iniciais onze (22%) não frequentaram qualquer aula e não se submeteram a qualquer data de exame ou teste do primeiro trimestre. Inquiridos sobre as razões da falta de comparência, 3 estudantes alegaram doença prolongada, 2 obtenção de equivalência a disciplinas do 1º ano da LTGI, 5 razões profissionais (não se conseguiu contactar um estudante). Adicionalmente constatou-se que dos 40 estudantes que frequentaram aulas, 4 assistiram a menos de metade das aulas de laboratório – assiduidade mínima permitida – e não concluíram a avaliação, tendo alegado razões profissionais para o seu distanciamento

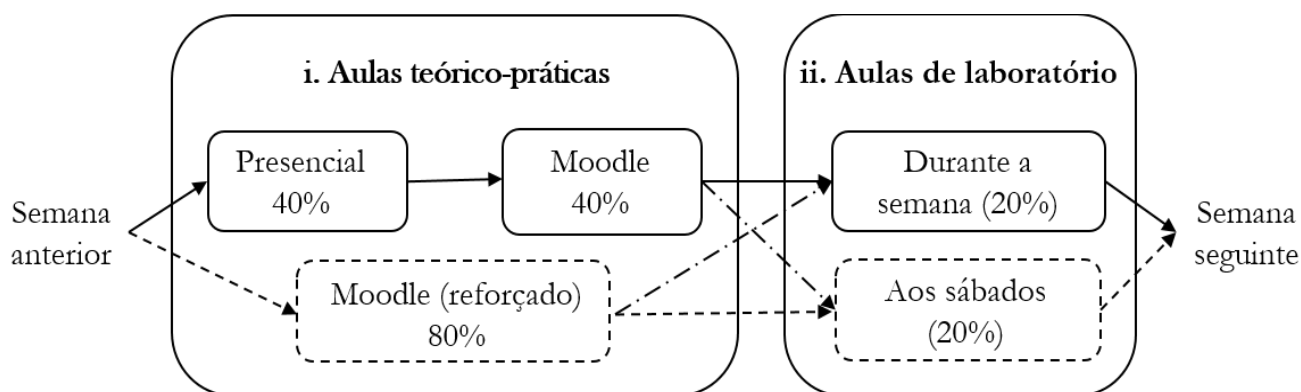


Fig. 1. Percursos de aprendizagem disponíveis no início de cada semana. A cheio representa-se o percurso “tradicional”. A tracejado representam-se os percursos introduzidos em 2014-2015. Entre parêntesis indica-se a carga de trabalho associada a cada tipologia de aula. Tendo em conta as duas opções disponíveis tanto para as aulas teórico-práticas como para as aulas de laboratório, desde 2014-2015 os estudantes podem optar entre 4 percursos de aprendizagem distintos.

relativamente às atividades do curso. Em suma, a amostra de estudo consistiu de 36 estudantes, 70% da população que se matriculou em 2014-2015 na LTGI.

C. Recolha de Dados

Recolheram-se dados de monitorização no início, ao longo e no final do 1º trimestre de 2014-2015. No início do trimestre obtiveram-se dados sociodemográficos dos estudantes. Ao longo do trimestre registou-se informação sobre a presença dos estudantes nas aulas e no final do trimestre recolheram-se dados sobre o desempenho e sobre a integração académica dos estudantes. De seguida apresenta-se uma breve descrição dos métodos e instrumentos usados na recolha de dados.

- 1) *Dados sociodemográficos:* Os dados sociodemográficos recolhidos do sistema de informação da IES foram a idade, o sexo e antecedentes académicos dos estudantes. Relativamente aos antecedentes académicos, porque os estudantes provêm de contingentes distintos (maiores de 23 anos; transferência de curso; ensino secundário) e porque o método de seriação varia entre contingentes, decidiu-se classificar os estudantes em função da seriação realizada para cada contingente. Consideraram-se três níveis de seriação, sendo o nível 1 o correspondente aos estudantes seriados nas posições cimeiras.
- 2) *Presença nas aulas:* Ao longo do 1º trimestre fez-se o registo de presença por estudante e por aula lecionada.
- 3) *Desempenho académico:* Para avaliar o desempenho académico dos estudantes recorreu-se à média final do 1º trimestre medida numa escala de 0 a 20 valores. A informação sobre as classificações foi obtida do sistema de informação da instituição, tendo-se definido sucesso para os casos em que a média final é igual ou superior a 10 valores.
- 4) *Integração académica:* A integração académica dos estudantes foi avaliada no final do 1º trimestre usando a escala psicométrica QVA-r – Questionário de Vivências Académicas (escala reduzida) [13]. Esta escala considera cinco fatores de integração:
 - *Pessoal*, relativo ao bem-estar percebido pelos estudantes.
 - *Interpessoal*, relativo a relações entre o estudante e amigos ou colegas no contexto da IES, mas também relativo ao desenvolvimento de relações significativas.
 - *Carreira*, relativo aos projetos vocacionais dos estudantes e à satisfação com o curso.
 - *Estudo*, relativo às competências de estudo e rotinas diárias de estudo (i.e., gestão o tempo, suportes usados).
 - *Institucional*, relativo à opinião geral do estudante sobre a IES e serviços académicos disponibilizados.

O instrumento QVA-r foi originalmente desenvolvido para avaliar a integração académica de estudantes em IES portuguesas, mas o seu uso foi adotado também em instituições brasileiras [14, 15].

D. Análise Estatística

A análise estatística foi dividida em duas partes. Numa primeira parte, usando os registos de presença, determinaram-se estatísticas de presença para diferentes tipos de aulas (teórico-práticas, de laboratório) e foi possível extrair conclusões sobre o percurso de aprendizagem que os estudantes preferem - o percurso entre os quatro possíveis da Figura 1 que é mais frequentado. A segunda parte visou a análise dos resultados de desempenho e integração académica tendo em consideração os diferentes percursos de aprendizagem e os antecedentes académicos dos estudantes. Para fazer esta análise testaram-se as seguintes hipóteses:

- H_0^{des} : O desempenho académico dos estudantes é o mesmo independentemente do percurso de aprendizagem.
- H_0^{integ} : A integração académica dos estudantes é a mesma independentemente do percurso de aprendizagem.
- H_0^{sociodem} : As características sociodemográficas dos estudantes são as mesmas independentemente do percurso de aprendizagem.

Devido à reduzida dimensão da amostra, para as variáveis quantitativas e ordinais como são a idade, a classificação média ou os fatores da escala QVA-r medidos numa escala de Likert, consideraram-se testes não-paramétricos de Mann-Whitney para verificar as diferenças entre percursos de aprendizagem independentes. Nestes testes, para dois percursos ($i=1,2$) testou-se a hipótese $H_0: F(x_1)=F(x_2)$ que as distribuições das variáveis x_1 e x_2 , $F(x_1)$ e $F(x_2)$, respetivamente, são idênticas, contra a hipótese $H_1: F(x_1) \neq F(x_2)$ que as distribuições das variáveis não são idênticas. Para todos os testes determinaram-se a estatística U de Mann-Whitney e a probabilidade de significância, p -value (testes bilaterais).

Para variáveis nominais como é o caso do sexo ou da aprovação/ sucesso académico, usaram-se tabelas de contingência para comparar contagens de valores esperados e observados considerando dois percursos de aprendizagem distintos. Para poder concluir sobre contagens semelhantes (ou dissemelhantes) entre dois percursos recorreu-se a testes de Fisher (exatos; bilaterais) com determinação dos p -values.

Na análise estatística recorreu-se a versão 20.0 do software IBM SPSS [16].

III. RESULTADOS

A. Registos de Presença e Percursos de Aprendizagem Preferidos

Partindo dos registos de presença por estudante e por tipo de aula foi possível identificar o percurso de aprendizagem semanal adotado por cada estudante e foi possível concluir quais os percursos preferidos. Na Tabela I apresentam-se estatísticas de presença nos diferentes tipos de aulas:

teórico-práticas presenciais (TP), laboratórios durante a semana (LabSem) e laboratórios aos sábados (LabSab).

A Tabela I mostra que um elevado número de estudantes assistiu às aulas presenciais, quer as teórico-práticas, quer as de laboratório. Dos percentis apresentados conclui-se que 75% dos estudantes assistiram a mais de 73% das aulas teórico-práticas presenciais sendo a média e a mediana da assiduidade neste tipo de aula de 83% e 91%, respetivamente.

A elevada assiduidade nas aulas teórico-práticas presenciais pode ser interpretada como prova que poucos estudantes optaram por acompanhar a matéria das aulas teórico-práticas exclusivamente a partir de conteúdos *online*. O advérbio “exclusivamente” merece destaque pois os resultados não permitem concluir que esses conteúdos não foram usados, apenas que não foram usados de modo exclusivo.

Também para as aulas de laboratório se registaram elevadas assiduidades. Em média regista-se 82% e 88% de presenças (medianas de 90% e 100%) nos laboratórios durante a semana e aos sábados, respetivamente. Durante o trimestre 61% dos estudantes (22 em 36) preferiram laboratórios durante a semana e 39% (14 em 36) preferiram laboratórios aos sábados.

Porque os resultados permitiram concluir que foi muito pequeno o número de estudantes que não frequentou as aulas teórico-práticas presenciais, tornou-se inviável a análise estatística de percursos de aprendizagem assentes no uso exclusivo de conteúdos *online* das aulas teórico-práticas. O enfoque da análise estatística centrou-se por isso na avaliação da oferta de laboratórios durante a semana ou ao sábado. Ou seja, dos quatro percursos representados na Figura 1 apenas dois foram objeto de análise estatística detalhada:

- *Percurso com laboratório durante a semana*, que compreende aula teórico-prática presencial, apoio à distância assente na plataforma Moodle e laboratório presencial (2h) durante a semana.
- *Percurso com laboratório ao sábado*, que compreende aula teórico-prática presencial, apoio à distância assente na plataforma Moodle e laboratório presencial (4h) ao sábado de 15 em 15 dias.

Nas secções que seguem testam-se as hipóteses introduzidas na secção II.D considerando estes dois percursos independentes.

Saliente-se que apesar de se reduzir o número de percursos de aprendizagem analisados estatisticamente, o facto de se ter um reduzido número de estudantes a depender exclusivamente dos conteúdos *online* das aulas

teórico-práticas é muito interessante, sendo a discussão deste resultado apresentada na Secção IV.

B. Desempenho Académico

Medianas das classificações expressas de 0 a 20 valores assim como resultados do teste de Mann-Whitney são apresentados na Tabela II para os dois percursos de aprendizagem estudados em detalhe. A mediana da amostra é 12,2 e com base nos resultados do teste de Mann-Whitney não se observam diferenças entre as medianas das classificações associadas ao percurso com aulas de laboratório durante a semana e ao sábado ($p > 0,10$).

Também para as contagens de estudantes com classificação superior a 10 valores, resultados do teste de Fisher (exato) mostram que a taxa de sucesso excede os 80% (29 em 36 estudantes obtêm classificação igual ou superior a 10 valores). Considerando a probabilidade de significância de 0,10 o teste (exato) de Fisher não identifica diferença estatisticamente significativa no sucesso de estudantes que adotam o percurso com laboratório durante a semana ou ao sábado ($p > 0,10$). Conclui-se portanto que a

TABELA II.

MEDIANAS, CONTAGENS, RESULTADOS DO TESTE DE MANN-WHITNEY E DO TESTE (EXATO) DE FISHER PARA OS PERCURSOS DE APRENDIZAGEM COM LABORATÓRIOS DURANTE A SEMANA E AO SÁBADO. APRESENTAM-SE TAMBÉM MEDIANAS E CONTAGENS PARA A AMOSTRA E O NÚMERO DE ESTUDANTES (N) POR PERCURSO. TODOS OS P-VALUES SÃO PARA TESTES BILATERAIS; (*) $p < .10$, (**) $p < .05$.

		Laboratório		
		Amostra	Semana	Sábado
Desempenho Académico		(N=36)	(N=22)	(N=14)
Avaliação	Mediana	12,2	13,3	11,5
(0-20)	Mann-Whitney U	—	126	
	p	—	0,377	
Aprovação	Sim (contagem)	29	19	10
(Sim/Não)	Não (contagem)	7	3	4
	p (teste de Fisher)	—	0,394	
Fator QVA-r (1-5)		(N=34)	(N=20)	(N=14)
Pessoal	Mediana	3,73	3,65	3,85
	Mann-Whitney U	—	119	
	p	—	0,472	
Interpessoal	Mediana	3,65	3,73	3,58
	Mann-Whitney U	—	124	
	p	—	0,585	
Careira	Mediana	3,92	3,85	4,00
	Mann-Whitney U	—	118	
	p	—	0,440	
Estudo	Mediana	3,23	3,23	3,08
	Mann-Whitney U	—	118	
	p	—	0,440	
Institucional	Mediana	3,62	3,56	4,00
	Mann-Whitney U	—	102	
	p	—	0,182	
Características socio-demográficas				
Idade	(18-48)	(N=34)	(N=22)	(N=12)
	Mediana	28	28	38
	Mann-Whitney U	—	91,0	
	p	—	0,076 *	
Seriação	(1-3)	(N=31)	(N=22)	(N=12)
	Mediana	1	1	2
	Mann-Whitney U	—	57,0	
	p	—	0,003 **	

TABELA I.

NÚMERO DE ESTUDANTES E ESTATÍSTICAS DE ASSIDUIDADE POR TIPO DE AULA.

Tipo de aula	N.º de Estud.	Estatística de assiduidade [%]					
		Média	Mín.	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	Máx.
TP	36	83	0	73	91	100	100
LabSem	22	82	50	70	90	98	100
LabSab	14	88	60	80	100	100	100

hipótese H_0^{des} é aceite e os estudantes obtêm desempenhos académicos semelhantes (e adequados) independentemente do percurso aprendizagem.

C. Integração Académica

A Tabela II apresenta medianas associadas aos fatores da escala QVA-r de integração académica e apresenta igualmente os resultados do teste de Mann-Whitney para estes fatores considerando os dois percursos de aprendizagem em análise. Para a amostra, as medianas dos 5 fatores variam entre 3,23 e 3,92 numa escala de Likert de 5 pontos, revelando resultados aceitáveis já que para todos os fatores se excedem os 3 pontos. Os fatores melhor classificados relacionam-se com a carreira, com aspetos pessoais e interpessoais. Resultados do teste de Mann-Whitney mostram não existir diferença estatisticamente significativa entre integração de estudantes que optam pelo percurso com laboratórios durante a semana ou aos sábados.

Com base nos resultados do teste de Mann-Whitney aceita-se a hipótese H_0^{integ} , ou seja, os estudantes revelam níveis de integração semelhantes (e adequados) independentemente de frequentarem aulas de laboratório durante a semana ou aos sábados.

D. Características Sociodemográficas

A Tabela II apresenta medianas e resultados do teste de Mann-Whitney para a idade e para a seriação dos estudantes aquando da matrícula (uma medida dos antecedentes académicos dos estudantes). Os resultados mostram que para estas duas características existem diferenças estatisticamente significativas caso se considere o percurso de aprendizagem com aulas durante a semana ou ao sábado. A diferença na idade é representativa para um nível de significância de 0,10 ($p = 0,076$) e a diferença na seriação é representativa para o nível 0,05 ($p = 0,003$).

Relativamente à proporção de estudantes do sexo masculino e feminino, a análise estatística – que não se apresenta – revelou não existir diferença estatisticamente significativa entre percursos.

Com base nos resultados da Tabela II conclui-se que a hipótese H_0^{sociodem} deve ser rejeitada, ou seja, os estudantes que optam por aulas de laboratório ao sábado são mais velhos (com 38 anos de mediana ao passo que a mediana para os estudantes com aulas durante a semana é de apenas 28 anos) e matriculam-se seriados num nível inferior (a mediana da seriação é 2 ao passo que os estudantes com aulas durante a semana é de 1).

IV. DISCUSSÃO

Um dos objetivos iniciais deste estudo era saber se, uma vez disponibilizados, os estudantes utilizariam diferentes percursos de aprendizagem. Os resultados apresentados na Tabela I confirmam que sim; os estudantes usam os diferentes percursos. O percurso preferido é o tradicional com aula teórico-prática presencial e laboratório durante a semana, porém, um número não desprezável de estudantes (14 em 36, aproximadamente 40%) prefere aulas de laboratório ao sábado. Uma vez que a escolha do percurso de aprendizagem foi livre e porque é legítimo supor que as escolhas feitas pelos estudantes são determinadas pela maximização do benefício, os resultados da Tabela I

permitem concluir que a flexibilização dos percursos de aprendizagem beneficiou até aproximadamente 40% dos estudantes.

Como referido na Secção II.A, ponto 1), com a disponibilização de conteúdos *online* relativos às aulas teórico-práticas presenciais temia-se uma redução da assiduidade nas aulas presenciais. Este perigo é descrito em [11] e [12] onde se afirma ser a disponibilização de conteúdos *online* enganadora (“*deceiving*”), especialmente para estudantes com dificuldade na gestão da aprendizagem que interpretam os conteúdos *online* não como um complemento das aulas presenciais mas como um substituto. Importa referir que, a verificar-se esta redução na assiduidade, tal constituiria uma dificuldade pois, como se refere em [5], os docentes são extremamente sensíveis à redução da assiduidade, especialmente no caso de turmas de trabalhadores estudantes que, na ótica dos docentes, requerem maior apoio presencial.

No entanto, a visão apresentada em [11] e [12] não reúne consenso. Por exemplo, Jones e Richardson [17] afirmam que a assiduidade às aulas presenciais depende da motivação dos estudantes, independentemente da disponibilização simultânea de conteúdos *online* e presenciais. Também McShane et al. [18] apresentam resultados que contrariam a ideia dos conteúdos *online* poderem “enganar” os estudantes. Estes investigadores afirmam, inclusivamente, que a disponibilização de conteúdos *online* tornou os estudantes mais interessados em acompanhar tudo o que se refere à disciplina, quer presencialmente quer disponibilizado *online*.

Os resultados do presente estudo – ver Tabela I – alinham com os de [17] e [18] e permitem concluir que a disponibilização de conteúdos *online* não resultou numa redução da assiduidade nas aulas teórico-práticas.

Para esta análise não é despidiço referir que a amostra estudada é constituída por trabalhadores estudantes com um emprego a tempo inteiro e um nível de maturidade superior ao de estudantes tradicionais (que ingressam no ensino superior imediatamente após conclusão de estudos secundários). Para os trabalhadores estudantes o desenvolvimento académico é instrumental para a carreira profissional e esta instrumentalidade é uma fonte motivacional extremamente poderosa [19]. Apesar das dificuldades resultantes de uma menor autoestima (especialmente a matemática, [20]) e apesar das dificuldades em conciliar agendas académica, profissional e familiar, a instrumentalidade atribuída à formação superior capacita os trabalhadores estudantes da persistência e vontade de encontrar solução para as suas dificuldades onde quer que ela esteja, seja durante as aulas presenciais, seja através de apoio *online*.

O que este estudo mostra é que os conteúdos *online* não são usados para substituir as aulas presenciais e, apesar de não se apresentarem dados que o comprovem, é legítimo supor que, tal como referido em [17] e [18], estes conteúdos são usados para complementar a experiência recolhida durante as aulas presenciais.

Um outro aspeto deste estudo que se reveste de grande importância é saber se o desempenho académico dos estudantes depende do percurso de aprendizagem adotado. Os resultados mostram que a taxa de sucesso foi elevada

(acima de 70%) independentemente do percurso, sendo a hipótese H_0^{des} aceite (o desempenho académico dos estudantes é o mesmo independentemente do percurso de aprendizagem). Importa no entanto analisar este resultado em simultâneo com a rejeição da hipótese H_0^{sociodem} que confirma serem diferentes os antecedentes académicos de estudantes que adotam diferentes percursos, nomeadamente, os estudantes que preferem aulas de laboratório aos sábados matriculam-se tendo sido seriados em níveis inferiores e possuem em geral maior dificuldade com matemática (física e química).

O que a análise dos antecedentes académicos mostra é que no início do trimestre as competências de estudantes de diferentes percursos são distintas, mas no final do trimestre estas diferenças esbatem-se sendo as taxas de sucesso adequadas e idênticas nos percursos avaliados. Conclui-se, então, que o processo de ensino aprendizagem adotado contribui para que estudantes com maiores lacunas no seu desenvolvimento académico ultrapassem estas lacunas.

Finalmente, no que se refere à integração académica, os resultados mostram que a hipótese H_0^{integ} é aceite, ou seja, não se observam no final do trimestre diferenças ao nível da integração entre estudantes que preferem diferentes percursos de aprendizagem. Acresce que os fatores da escala QVA-r são adequados (sempre acima de 3,00) independentemente do percurso, levando à conclusão de que no cômputo global, a experiência de ter aulas ao sábado, apesar de diferente, não prejudica a perceção de integração dos estudantes.

V. CONCLUSÃO

Flexibilizam-se os percursos de aprendizagem numa licenciatura em Tecnologia e Gestão Industrial concebida para trabalhadores estudantes. Os resultados mostram que os estudantes optam por diferentes percursos, escolhendo aqueles que proporcionam maior benefício. Apesar dos estudantes adotarem diferentes percursos de aprendizagem, conclui-se que a taxa de sucesso é semelhante (e adequada) independentemente do percurso adotado.

Porque estudantes mais velhos e seriados num nível inferior atendendo às qualificações académicas iniciais preferem aulas de laboratório aos sábados e porque no final do trimestre as taxas de sucesso são estatisticamente semelhantes para o percurso com laboratórios ao sábado e durante a semana (com estudantes mais novos e seriados em posições cimeiras no início do trimestre), conclui-se que as lacunas no desenvolvimento académico inicial são ultrapassadas.

Dissipando receios iniciais, no que diz respeito à integração académica conclui-se ser esta independente do percurso de aprendizagem; no que diz respeito aos conteúdos disponibilizados *online*, conclui-se que estes não substituem a presença dos estudantes nas aulas teórico-práticas presenciais, registando-se uma elevada assiduidade durante todo o trimestre.

Apesar dos resultados apoiarem o recurso a percursos flexíveis de aprendizagem, é importante reconhecer que a metodologia adotada não foi suficiente para integrar os estudantes que frequentaram menos de metade das aulas de laboratório e para auxiliar aqueles que reprovaram. Para estes estudantes outras dimensões da flexibilidade no

processo de ensino e aprendizagem como calendário, ritmo e conteúdos de estudo poderiam revelar-se determinantes. Também estamos conscientes que a caracterização dos estudantes foi limitada. Fatores importantes na caracterização dos estudantes são o conhecimento mais pormenorizado da motivação e das competências no uso de ferramentas de apoio ao ensino à distância. Apesar da importância e do contributo que estes fatores poderão dar para a redução das barreiras ao desenvolvimento académico de trabalhadores estudantes em IES, os resultados apresentados neste estudo são evidência suficiente de que percursos de aprendizagem flexíveis beneficiam e aumentam as oportunidades de trabalhadores estudantes, contribuindo, a par do alargamento das condições de ingresso no ensino superior, para o aumento do número de trabalhadores estudantes graduados por instituições de ensino superior.

REFERÊNCIAS

- [1] OECD (Junho de 2015), OECD statistic extracts database [Online]. Disponível: <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=RENRLAGE>
- [2] P. Jarvis, "Meaningful and meaningless experience: Towards an analysis of learning from life," *Adult Education Quarterly*, vol. 37, pp. 164–172, 1987.
- [3] C. Kenner, J. Weinerman, "Adult learning theory: Applications to non-traditional college students," *Journal of College Reading and Learning*, vol. 41, pp. 87–96, 2011.
- [4] B. Collis, J. Vingerhoets, J. Moonen, "Flexibility as a key construct in European training: Experiences from the Telescopio Project," *British Journal of Educational Technology*, vol. 28, pp. 199–217, 1997.
- [5] D. Kirkpatrick, "Becoming flexible: Contested territory," *Studies in Continuing Education*, vol. 19, pp. 160–173, 1997.
- [6] J. Bean, B. Metzner, "A conceptual model of nontraditional undergraduate student attrition," *Review of Educational Research*, vol. 55, pp. 485–540, 1985.
- [7] K. Cross, *Adults as learners*, Jossey-Bass, San Francisco, 1981.
- [8] J. Lynch, C. Bishop-Clark, "The influence of age in college classrooms: Some new evidence," *Community College Review*, vol. 22, pp. 3–12, 1994.
- [9] R. Duarte, A. Ramos-Pires, H. Gonçalves, "Identifying art-risk students in higher education," *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 25, pp. 944–952, 2014.
- [10] R. Lourenço, E. Ferreira, R. Duarte, H. Gonçalves, J. Duarte, "IPS' technology and industrial management graduate course: A curriculum follow-up analysis," in *Proc. 1st European Conference on Curriculum Studies, Future Directions: Uncertainty and Possibility*, Universidade do Minho, Portugal, 2013, pp. 263–269.
- [11] T. Bell, A. Cockburn, B. McKenzie, J. Vargo (Junho de 2015). Flexible delivery damaging to learning? Lessons from the Canterbury Digital Lectures Project. University of Canterbury, 2001 [Online]. Disponível: http://ir.canterbury.ac.nz/bitstream/10092/517/1/42637_edmedia.pdf
- [12] E. Dobozy, "Plan your study around your life, not the other way around": How are semi-engaged students coping with flexible access?, in *Proc EDU-COM Conference*, Perth, Australia, 2008 [Online]. Available: <http://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1011&context=ceducom>
- [13] L. Almeida, P. Soares, "Questionário de Vivências Acadêmicas (QVA): Avaliação do ajustamento dos estudantes universitários," *Avaliação Psicológica*, vol. 2, pp. 81–93, 2002.
- [14] L. Almeida, A.P. Soares, M. Guisande, J. Paisana, "Rendimento académico no ensino superior: Estudo com alunos do 1º ano," *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxia e Educación*, vol. 14, pp. 207–220, 2007.
- [15] E. Igue, I. Bariani, P. Milanese, "Vivência académica e expectativas de universitários ingressantes e concluintes," *Psico-USF*, vol. 13, pp. 155–164, 2008.
- [16] J. Arbuckle, IBM SPSS (version 20.0) [Software], SPSS, Chicago, 2011.
- [17] S. Jones, J. Richardson, "Designing an IT-augmented student-centred learning environment," in *Proc HERDSA Conference*, Perth, Australia, 2002, pp. 376–383.

- [18] K. McShane, M. Peat, A. Masters, "Playing it safe? Students' study preferences in a flexible chemistry module," *Australian Journal of Education in Chemistry*, vol. 67, pp. 24–30, 2007.
- [19] A. Pires, "Aprendizagem ao Longo da Vida, Ensino Superior e novos públicos: uma perspectiva internacional," in *Aprendizagem ao Longo da Vida e Políticas Educativas Europeias: Tensões e ambiguidades nos discursos e nas práticas de Estados, Instituições e Indivíduos*. UIED, Coleção Educação e Desenvolvimento, FCT / Universidade Nova de Lisboa, 2010, pp. 107–137.
- [20] M. Jameson, B. Fusco, "Math anxiety, math self-concept, and math self-efficacy in adult learners compared to traditional undergraduate students," *Adult Education Quarterly*, vol. 64, pp. 306–322, 2014.

Capítulo 2

NLAST: Un Asistente en Lenguaje Natural para Estudiantes

F. A. Mikic Fonte, M. Llamas Nistal, J. C. Burguillo, M. Caeiro Rodríguez

Title— NLAST: A natural language assistant for students

Abstract— This chapter presents a system that works as an assistant for students in their learning process. The system has two main parts: an Android application and a server platform. The final objective of the assistant system is to make a student able to carry out several actions related to his/her learning and assessment processes, such as: to consult exam questions from a repository, to receive recommendations about learning material, to ask questions about a course, and to check his/her own assessed exams. These actions are carried out through an Android application using a natural language interface (by voice or typing).

Keywords— AIML, assistant systems, chatterbots, e-learning,

Abstract— El presente capítulo describe un sistema asistente para estudiantes, el cual tiene dos partes principales: una aplicación Android y una plataforma que actúa como servidor. El objetivo final del sistema asistente es conseguir que un estudiante sea capaz de realizar una serie de acciones relacionadas con sus procesos de aprendizaje y evaluación, como son: consultar un repositorio de preguntas de examen, recibir recomendaciones de material educativo, hacer preguntas sobre un curso, y consultar sus exámenes corregidos. Todas estas acciones son llevadas a cabo a través de una aplicación Android utilizando una interfaz en lenguaje natural (por voz o teclado).

Keywords— AIML, chatterbots, e-learning, sistemas asistentes

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años, hemos visto como la tecnología ha evolucionado ofreciendo unas enormes capacidades de computación y conectividad. Es por esto que ha llegado el momento de que nuevos servicios ayuden a los usuarios a beneficiarse de esta tecnología, y de la independencia en cuanto a tiempo y localización que esta ofrece.

Los nuevos ecosistemas móviles (Android, iOS, y WindowsPhone) [1] nos permiten usar servicios móviles en cualquier momento y lugar. Esto ha dado lugar a la

aparición de nuevos servicios, entre los que se encuentran aquellos relacionados con el *e-learning*. Como “usuarios conectados”, podemos beneficiarnos de estas aplicaciones móviles para conseguir recursos educativos, y en concreto, información relacionada con cursos presenciales que seguimos en el aula.

El sistema que presentamos funciona como un asistente para estudiantes en su proceso educativo. Este sistema asistente tiene dos partes principales: una aplicación Android [2] y una plataforma que actúa como servidor. La aplicación Android es un Agente Conversacional (AC) o *chatterbot* [3] basado en AIML [4]. El AC actúa como un agente intermediario entre un estudiante y la plataforma, la cual es parte de un sistema integral para la evaluación de los estudiantes. El objetivo final del sistema asistente es hacer que un estudiante sea capaz de llevar a cabo una serie de acciones, tales como: consultar preguntas de examen de un repositorio de acuerdo a determinados intereses, recibir recomendaciones sobre material educativo, hacer preguntas sobre un curso, y consultar sus exámenes corregidos.

El capítulo se organiza de la siguiente manera: la sección II ofrece una vista general del sistema; la sección III describe el sistema de repositorios y el recomendador de contenido educativo (ambos pertenecientes a la plataforma); la sección IV presenta la aplicación Android; finalmente, las conclusiones se encuentran en la sección V.

II. VISTA GENERAL DEL SISTEMA

Como ya hemos comentado, el sistema funciona como un asistente para estudiantes en su proceso educativo. Dicho sistema tiene dos partes principales: i) una aplicación Android; y ii) una plataforma que actúa como servidor. El objetivo final del sistema es hacer que un estudiante sea capaz de consultar preguntas de examen almacenadas en un repositorio, recibir recomendaciones sobre material educativo, hacer preguntas sobre un curso, y consultar sus exámenes corregidos. Cuando un estudiante quiere llevar a cabo una de estas acciones, se lo pide al AC en lenguaje natural (mediante voz o teclado).

Serán soportados por tanto varios escenarios:

- Si un alumno pide consultar preguntas de examen relacionadas con conceptos específicos de la materia que está estudiando, el *chatterbot* enviará al servidor una petición de búsqueda en el repositorio de preguntas de examen (el cual se encuentra en la

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO EDUCON 2016

F. A. Mikic Fonte, M. Llamas Nistal, J. C. Burguillo Rial, y M. Caeiro Rodríguez trabajan en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Vigo, Vigo, 36310 España (e-mail: {mikic,martin,mcaeiro}@gist.uvigo.es, J.C.Burguillo@uvigo.es).

plataforma) de aquellas preguntas relacionadas con los conceptos especificados por el alumno. Esa relación se establece a través de una serie de etiquetas que cada pregunta de examen posee para su categorización. Una vez que la plataforma encuentra las preguntas adecuadas, el *chatterbot* se las mostrará al alumno en forma de lista.

- Cuando un estudiante está viendo una pregunta de examen, puede pedir al *chatterbot* una recomendación sobre contenidos educativos relacionados con los conceptos de la materia de los que trata dicha pregunta. Para ello, el *chatterbot* enviará a la plataforma una petición de búsqueda en el repositorio de fichas de recomendación de contenidos educativos de aquellas relacionadas con la pregunta de examen que está viendo el estudiante. La recomendación se lleva a cabo mediante un algoritmo que relaciona las fichas de recomendación con las preguntas de examen a través del conjunto de etiquetas que ambas (las fichas y las preguntas) poseen para su categorización.
- Un alumno también puede pedir al *chatterbot* que busque exámenes realizados por él en el pasado. Estos exámenes se le presentan al alumno junto con la evaluación de los mismos que el profesor hubiese realizado en su momento, es decir, con los posibles errores cometidos por el alumno, las soluciones correctas de las preguntas del examen, y los contenidos educativos recomendados por el profesor. Para ello, el *chatterbot* enviará a la plataforma una petición de búsqueda en un repositorio de exámenes corregidos de aquellos realizados por el alumno en cuestión.
- Finalmente, un estudiante puede hacerle preguntas al *chatterbot* sobre la materia que está estudiando. Estas preguntas pueden ser contestadas directamente por el *chatterbot* buscando en su base de conocimiento contenido educativo previamente almacenado en ella.

III. LA PLATAFORMA

La plataforma es un sistema que ayuda a los profesores en sus tareas de evaluación mediante el procedimiento de exámenes escritos (sobre papel) [5]. El objetivo del sistema es proporcionar a los profesores herramientas que den soporte a la evaluación del conocimiento adquirido por los estudiantes basándose en los resultados de exámenes escritos. La plataforma engloba todas las acciones necesarias para un proceso de evaluación completo, incluyendo la creación y corrección de exámenes.

Ateniéndonos solamente al propósito del presente capítulo, nos centraremos en las partes de la plataforma directamente relacionadas con dar soporte a las funcionalidades ofrecidas por la aplicación Android, es decir, el sistema de repositorios y el recomendador de contenidos educativos.

A. Sistema de Repositorios

El sistema cuenta con tres repositorios de objetos educativos (Fig. 1) relacionados entre sí:

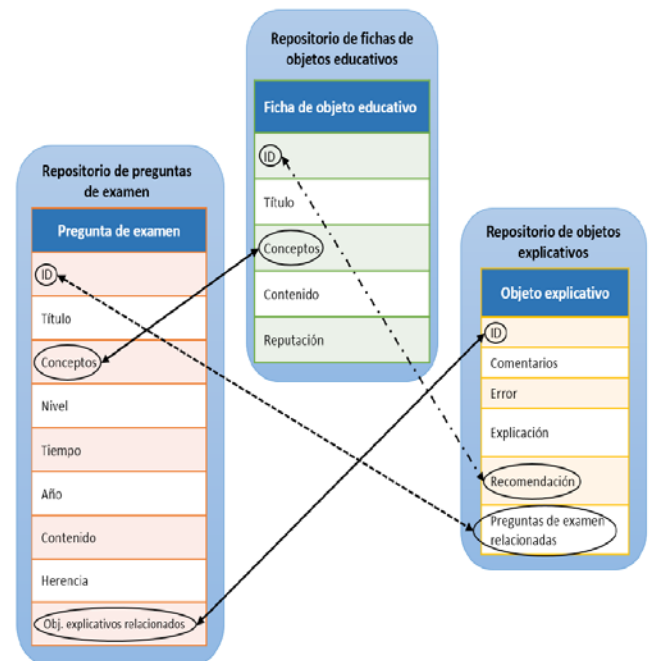


Fig. 1. Repositorios de objetos educativos.

- **Repositorio de fichas de objetos educativos:** Este repositorio es una base de datos de referencias a recursos educativos. Está compuesto por un conjunto de fichas, las cuales son utilizadas para recomendar contenidos educativos a los estudiantes. Cada ficha se compone de los siguientes campos: ID; Título; Conceptos (conjunto de etiquetas usadas para describir y categorizar la ficha, relacionándola con una o varias áreas de conocimiento); Contenido (conjunto de referencias a contenido educativo que el estudiante debe consultar); y Reputación (puntuación relacionada con el número de veces que el profesor ha utilizado la ficha para recomendación).
- **Repositorio de preguntas de examen:** Está compuesto por un conjunto de preguntas/ejercicios creados previamente y utilizados en exámenes pasados. Cada pregunta de examen se compone de los siguientes campos: ID; Título; Conceptos (conjunto de etiquetas usadas para describir y categorizar la pregunta, relacionándola con una o varias áreas de conocimiento); Nivel (valor numérico que describe la dificultad de la pregunta); Tiempo (tiempo estimado que el estudiante necesitará para responder la pregunta durante el examen); Año (año del curso académico donde la pregunta fue utilizada en un examen); Contenido (el texto de la pregunta tal como se verá en el examen); Herencia (conjunto de ID de otras preguntas de examen relacionadas con la pregunta considerada); y Objetos explicativos relacionados (objetos explicativos que han sido utilizados con la pregunta).
- **Repositorio de objetos explicativos:** Este repositorio está compuesto por un conjunto de objetos que son utilizados por el profesor para explicar al alumno los errores que ha cometido en una pregunta de examen, junto con una recomendación de contenido educativo para consultar. Cada objeto explicativo se compone de los siguientes campos: ID; Comentarios (cualquier

comentario que el profesor considere oportuno realizar); Error (explicación sobre el error cometido por el alumno en una pregunta de examen); Explicación (solución correcta de la pregunta de examen en la cual el alumno ha cometido un error); Recomendación (conjunto de fichas de objetos educativos); Preguntas de examen relacionadas (preguntas de examen para las cuales el objeto explicativo ha sido utilizado).

Además, la plataforma cuenta con otro repositorio para almacenar los exámenes corregidos que los estudiantes han realizado en el pasado (para poder revisarlos en cualquier instante).

Todos estos repositorios cuentan con una herramienta específica para editar/eliminar sus contenidos. Por tanto, el profesor puede modificar aquellos elementos que considere oportuno actualizar (por ejemplo para corregir posibles errores) y borrar aquellos que ya no necesite.

B. Recomendador de Contenidos Educativos

Cuando un estudiante está consultando una pregunta de examen y solicita una recomendación sobre contenido educativo relacionado con los conceptos asociados a la pregunta, el asistente le ofrece una lista de fichas de objetos educativos. El proceso para construir dicha lista supone calcular la similitud de cada ficha de objetos educativos del repositorio respecto a la pregunta de examen que se está consultando (cuanto mayor es la similitud más arriba en la lista aparecerá la ficha).

Tanto las preguntas como las fichas están representadas por vectores. Cada vector tiene una coordenada por cada etiqueta existente en el sistema. Estas etiquetas se extraen del campo "Conceptos" de los repositorios de cuestiones de examen y de fichas de objetos educativos. Si una coordenada tiene el valor 1, significa que la correspondiente etiqueta (asociada a esa coordenada) está relacionada con el elemento bajo consideración. De manera análoga, un valor 0 implica que no existe correspondencia con la etiqueta considerada. La similitud entre la pregunta y la ficha de objetos educativos se calcula de la siguiente manera:

$$\text{sim}(Q, C_i) = R_i \cdot |Q \cdot C_i| \cdot |Q \cdot C_{Pi}|$$

Donde:

- Q es el vector que describe la pregunta.
- C_i es el vector que describe cada ficha de objetos educativos.
- R_i es la reputación de cada ficha de objetos educativos.
- $C_{Pi} = C_T^{-1} \cdot C_i$
- $C_T = \sum_i C_i$

IV. LA APLICACIÓN ANDROID

La aplicación Android es básicamente un *chatterbot*, el cual ofrece una interfaz clara, utilizando texto o voz para la comunicación con el usuario en lenguaje natural (Fig. 2).

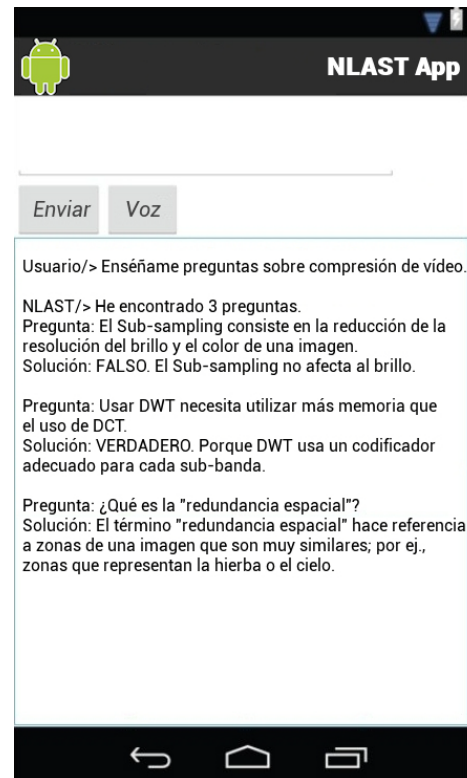


Fig. 2. Captura de pantalla de la aplicación Android.

El *chatterbot* está desarrollado utilizando lenguaje AIML, y por ello su cerebro está compuesto por un conjunto de ficheros AIML, los cuales conforman la base de conocimiento del AC. Las unidades básicas de conocimiento del *chatterbot* son las llamadas *category*, las cuales a su vez están compuestas por al menos dos elementos: el *pattern* y el *template*. En general, el comportamiento de un AC que utilice AIML está basado en un modelo estímulo-respuesta. El estímulo (la entrada del usuario) se corresponde con el *pattern*, y la respuesta (lo que el *chatterbot* le responde al usuario) sería el *template* (Fig. 3).

Las *category*, además de contener esos dos elementos obligatorios, pueden contener algunos opcionales (los cuales le permiten al AC hacer determinado tipo de acciones). En nuestro caso, el *chatterbot* puede mantener una conversación ordinaria con el usuario, así como hacer peticiones a la plataforma del sistema.

Desde un alto nivel de abstracción, la arquitectura del AC se compone de una Interfaz Bot-Usuario (IBU), un Intérprete, y una base de datos AIML (Fig. 4).

La IBU tiene dos áreas de texto: la parte inferior de la pantalla muestra los mensajes de la conversación (tanto los del AC como los del usuario); y en la parte superior tenemos una caja de entrada de texto, donde el usuario escribirá lo que quiera decirle al *chatterbot* (también se dispone de un botón para crear el mensaje mediante voz en lugar de tener que escribirlo) (Fig. 2).

```
<category>
  <pattern>
    <!-- modelo de entrada del usuario -->
  </pattern>
  <template>
    <!-- reacción del bot a la entrada del usuario -->
  </template>
</category>
```

Fig. 3. Unidad de conocimiento del *chatterbot*.

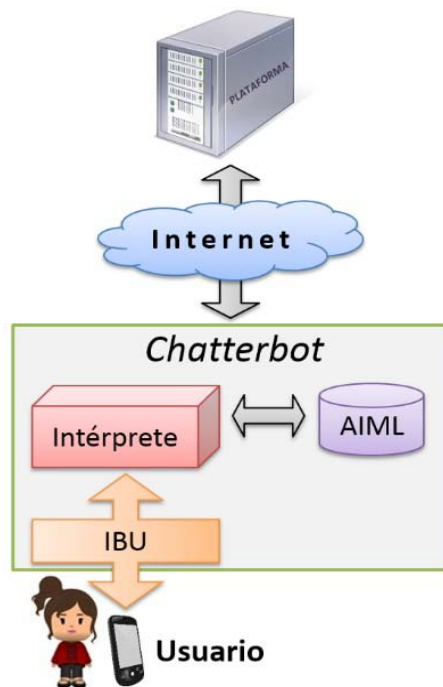


Fig. 4. Arquitectura del chatterbot.

El programa intérprete ejecutado por el *chatterbot* está basado en Chatterbean [6]. Este se encarga de analizar las entradas del usuario y encontrar la respuesta adecuada en la base de conocimiento del AC. Debemos tener en cuenta que esta respuesta puede ser una simple frase de contestación, o bien instrucciones para que el *chatterbot* contacte con la plataforma, y espere a tener una respuesta por parte de la misma.

La principal función de la base de conocimiento del agente (implementada en AIML) es almacenar toda la información que el *chatterbot* conoce, la cual le permite reaccionar de una manera u otra dependiendo de la entrada del usuario. Por una parte, la base de conocimiento posee contenido general, lo cual le permite al *chatterbot* mantener una conversación ordinaria con el usuario; y por otra parte, posee contenido específico relacionado con el proceso educativo del estudiante, lo cual le hace reaccionar de la manera adecuada, o bien respondiendo directamente al estudiante o bien contactando con la plataforma.

Las instrucciones específicamente relacionadas con las preguntas de examen y el contenido de un curso se crean dentro de la base de conocimiento del *chatterbot*, de manera que:

- Si el estudiante le pide al AC contenido específico relacionado con la materia que está estudiando, este puede responderle directamente gracias al contenido guardado en su base de conocimiento.
- Si el estudiante le pide al AC contenido relacionado con preguntas de examen (como preguntas de examen en sí mismas, exámenes pasados que él haya realizado, o contenido recomendado relacionado con una pregunta de examen), el *chatterbot* será capaz de llevar a cabo una serie de acciones para responderle al estudiante de una manera correcta. Para ello, el AC debe hacer lo siguiente: i) interpretar correctamente la entrada del usuario; ii) comunicarse con la plataforma y enviarle información basada en la entrada del usuario (en el formato adecuado para que

pueda ser entendida por el sistema); y iii) esperar una respuesta del sistema para poder mostrársela al usuario en lenguaje natural.

V. CONCLUSIONES

En este capítulo hemos presentado NLAST, un sistema que trabaja como asistente para estudiantes en su proceso educativo. Este asistente permite a los estudiantes consultar un repositorio de preguntas de examen, recibir recomendaciones de material educativo relacionado con las preguntas de examen que estén consultando, hacer preguntas sobre la materia que estén estudiando, y consultar sus propios exámenes ya corregidos. El sistema asistente tiene dos partes principales: una aplicación Android y una plataforma que actúa como servidor.

La aplicación Android es un *chatterbot* basado en AIML, y por ello, los estudiantes pueden interactuar con el sistema en lenguaje natural (por voz o texto). El funcionamiento de la aplicación es como el de una sala de *chat*, es decir, una ventana donde se puede ver la conversación entre el usuario y el *chatterbot* (tal como ocurre en los programas populares de mensajería instantánea). El AC actúa como un agente intermediario entre un estudiante y la plataforma.

La plataforma contiene cuatro repositorios y un recomendador (los cuales forman parte de un sistema completo de evaluación de estudiantes). Gracias a todos estos elementos el sistema es capaz de hacer lo siguiente:

- Mostrar a los estudiantes preguntas de examen con conceptos específicos de la materia que están estudiando. Estas preguntas pertenecen a exámenes pasados almacenados en el repositorio correspondiente.
- Recomendar contenido educativo relacionado con los conceptos de la pregunta de examen que el estudiante está consultando. Esta recomendación es llevada a cabo por un algoritmo que relaciona fichas de recomendación (que se encuentran en el repositorio correspondiente) con la pregunta de examen apropiada.
- Mostrar a los estudiantes sus exámenes corregidos, de tal manera que puedan comprobar sus respuestas en esos exámenes y recordar aquellos conceptos en los que habían fallado (y de esa manera poder mejorar su conocimiento).
- Permitir a los alumnos hacer preguntas directamente al *chatterbot* sobre contenidos acerca de lo que están estudiando. Dichas preguntas podrán ser contestadas directamente por el AC si se almacenó en su base de conocimiento contenido educativo adecuado.

Actualmente, estamos trabajando en el desarrollo tanto de la plataforma como de la aplicación Android. El *chatterbot* está basado en versiones anteriores de un agente conversacional desarrollado por nosotros [7] [8], el cual ha sido rediseñado para dispositivos Android y adaptado a las funciones específicas comentadas en el presente capítulo. La plataforma aquí considerada también necesita una adaptación para ofrecer las nuevas funciones, ya que en realidad es una parte de una plataforma de aprendizaje totalmente funcional, la cual se está utilizando en un curso

sobre arquitectura de ordenadores impartido en la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Vigo [5] (en este momento estamos trabajando en la integración de los repositorios y el sistema recomendador).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por: el Ministerio de Ciencia e Innovación de España bajo el proyecto “Metodologías, Arquitecturas y Estándares para *e-learning* adaptativo y accesible (Adapt2Learn)” (TIN2010-21735-C02-01); GRC2013-006 (Consolidación de Grupos de Investigación); el Fondo de Desarrollo Regional Europeo (ERDF) y la Xunta de Galicia bajo el acuerdo para la formación del Centro de Investigación Atlántic para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (AtlantTIC); y por la Red 513RT0471 del CYTED, RIURE: Red Iberoamericana para la Usabilidad de Recursos Educativos.

REFERENCIAS

- [1] J. Jyothy, and K. Shinto Kurian, “Mobile OS – Comparative study. Journal of engineering,” Computers & Applied Sciences (JEC&AS), vol. 2(10), 2013.
- [2] M. Butler, “Android: Changing the mobile landscape,” IEEE Pervasive Computing, vol. 10 (1), pp. 4-7, 2011.
- [3] A. M. M. Neves, I. Diniz, and F. A. Barros, “Natural language communication via aiml plus chatterbots,” V Symposium on Human Factors in Computers Systems (IHC 2002), pp. 329-346, 2002.
- [4] R. Wallace, “The elements of aiml style”, Disponible en: <https://files.ifi.uzh.ch/cl/hess/classes/seminare/chatbots/style.pdf>, 2003.
- [5] M. Llamas-Nistal, M. J. Fernández-Iglesias, J. González-Tato, and F. A. Mikic-Fonte, “Blended e-assessment: Migrating classical exams to the digital world,” Computers & Education, vol. 62, pp. 72-87, 2013.
- [6] H. Perroni Filho, “ChatterBean: Flexible Alicebot,” Disponible en: <http://www.geocities.ws/phelio/chatterbean/>, 2005.
- [7] F. A. Mikic, J. C. Burguillo, M. Llamas, D. A. Rodríguez, E. Rodríguez, “CHARLIE: An AIML-based chatterbot which works as an interface among INES and humans,” 20th European Association for Education in Electrical and Information Engineering Conference (EAEIE 2009), 2009.
- [8] F. A. Mikic, J. C. Burguillo, A. Peleteiro, M. Rey-López, “Using tags in an AIML-based chatterbot to improve its knowledge,” Computer Science Journal, vol. 13 (2), 2012.



Fernando A. Mikic-Fonte recibió el título de Ingeniero en 2001, y el título de Doctor Ingeniero en 2010, ambos en Telecomunicación (especialidad Telemática) en la Universidad de Vigo. Actualmente se encuentra trabajando en dicha Universidad como Profesor Contratado

Doctor en el Grupo de Ingeniería de Sistemas Telemáticos (GIST), en el Departamento de Ingeniería Telemática (Escuela de Ingeniería de Telecomunicación). Sus líneas de investigación se centran en el aprendizaje electrónico y abarcan agentes inteligentes, web semántica, *chatterbots*, y recomendadores sociales.



Martín Llamas Nistal (M'92-SM'06) es Ingeniero de Telecomunicación (1986) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (1994) por la Universidad Politécnica de Madrid, España. Ha recibido varios premios del W3C y del IEEE. Sus áreas de investigación se centran en ingeniería web y aprendizaje electrónico, donde ha participado como investigador y director en varios proyectos de

investigación en estos campos, tanto a nivel nacional como internacional. Es autor o coautor de más de 200 artículos en revistas y congresos internacionales bajo revisión por pares. Es fundador y editor en jefe de IEEE-RITA. Es miembro del *Board of Governors* de la *IEEE Education Society*, sirviendo actualmente como Vicepresidente para publicaciones.



Juan C. Burguillo recibió el grado de Ingeniero de Telecomunicación en 1995 y el de doctor en Ingeniería Telemática en 2001, ambos en la Universidad de Vigo (España). Actualmente es profesor titular en el Departamento de Ingeniería Telemática de la misma universidad. Ha dirigido y participado en diversos proyectos de investigación en convocatorias nacionales e internacionales y ha publicado más de 100 contribuciones en revistas y conferencias internacionales con revisión por

pares. Revisor regular de conferencias y revistas internacionales de prestigio, sus intereses de investigación se centran en la inteligencia artificial aplicada a la telemática, teoría de juegos, optimización y aprendizaje electrónico.



Manuel Caeiro Rodríguez (M'06-SM'10) es Ingeniero de Telecomunicación (1999) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (2007) por la Universidad de Vigo. Actualmente es Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, impartiendo asignaturas relacionadas con la ingeniería del software y la programación de ordenadores. Su interés investigador se centra en la aplicación de las TIC a la educación, en especial en

el marco de los lenguajes de modelado educativo, recursos educativos abiertos y *learning analytics*. Manuel es miembro del capítulo español de la Sociedad de Educación del IEEE en el que actualmente ocupa el cargo de vicepresidente.

Página en Blanco

Capítulo 3

El Debate como Instrumento Docente para Trabajar las Competencias Transversales y la Ética en la Profesión Informática

Fernando Vallejo, Marta Zorrilla

Title— Debate as a teaching tool for developing cross-curricular skills and ethics in the computer profession.

Abstract— Ethics and Professional Conduct is one of the cross-curricular skills that all graduates in Computer Engineering must master. This paper describes a teaching activity developed in a course entitled “Social values, Ethics and Computer Profession”, which is mandatory in the second year of the degree and uses debate as a teaching tool to develop this competence while other general and not less important skills are also taught, such as the construction of logical arguments, the justification of decisions, teamwork and efficient oral and written communication. The article explains how this activity was planned and developed along the term and discusses the assessment made by both, the students and teachers involved. Some suggestions for the improvement of this activity are also included. The learning activity was very satisfactory for all participants.

Keywords— Cross-curricular skills, cooperative learning ethics and computer profession, debate.

Abstract— Entre las competencias que todos los egresados de los grados en Ingeniería Informática deben tener se encuentra la ética en el ejercicio de la profesión informática. En este trabajo se presenta una experiencia docente desarrollada en la asignatura de Valores, Ética y Profesión Informática, que se imparte en segundo curso y de carácter obligatorio, que utiliza el debate como un instrumento docente para desarrollar esta competencia al tiempo que se trabajan otras generales, y no menos importantes, como argumentar y justificar lógicamente las opiniones y las decisiones tomadas, trabajar en equipo y la capacidad de comunicarse eficazmente tanto de forma oral como por escrito. En el artículo se describe detalladamente cómo se planificó y desarrolló esta actividad durante el cuatrimestre y se comenta la valoración que alumnos y profesores hicieron de la misma, incidiendo también en aspectos de mejora. La experiencia docente resultó muy satisfactoria para todos.

Este trabajo fue presentado originalmente a las XXII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI-2016).

F. Vallejo pertenece al Departamento de Ingeniería Informática y Electrónica de la Universidad de Cantabria, Santander, España. (teléfono: +34 942201555; e-mail: fernando.vallejo@unican.es)

M. Zorrilla pertenece al Departamento de Ingeniería Informática y Electrónica de la Universidad de Cantabria, Santander, España. (e-mail: marta.zorrilla@unican.es)

Keywords— Aprendizaje cooperativo, competencias transversales, ética y profesión informática, debate.

I. INTRODUCTION

LOS actuales planes de estudios de ingeniería informática, siguiendo las recomendaciones del Computing Curricula de la ACM (Association for Computing Machinery)¹, introducen como resultado del aprendizaje conocer los códigos éticos y deontológicos en Informática. Esto es, se persigue que los alumnos consigan la habilidad de sopesar y analizar el impacto que los productos y/o servicios informáticos que ellos analicen, diseñen e implementen tienen en las vidas y el bienestar de sus usuarios [5].

Al tratarse de temas éticos, en nuestra opinión, su enseñanza no puede impartirse y evaluarse como cualquier otra asignatura ya que se abordan temas que en muchos casos roza la ilegalidad, esto es, se encuentran dentro de un vacío legal que no invalida el tipo de producto, servicio o acción por sí misma sino que sus efectos positivos y/o negativos se deben determinar desde un punto de vista moral. Temas como la obsolescencia programada de los productos, o los servicios peer-to-peer, o el uso de violencia en los videojuegos son muy cuestionables y para estar a favor o contra se requiere un análisis meticuloso de la situación y su observación desde distintos puntos de vista: quién crea la idea, quién la desarrolla y quién la usa.

Por ello, en esta asignatura nos pareció que la actividad de aprendizaje más adecuada para concienciar a los alumnos sobre la ética en la profesión informática era plantear un debate sobre dos o tres temas que ellos mismos propusieran y que éstos fueran seleccionados por votación popular.

En la literatura, se encuentran diferentes técnicas de aprendizaje activo que pueden utilizarse para facilitar la discusión de dilemas éticos, como la tormenta de ideas, discusión basada en casos [3] o role-playing [5], pero entre todos ellos elegimos el debate porque nos permitía planificar la actividad a lo largo del cuatrimestre, teniendo así tiempo los alumnos para pensar y trabajar el

¹ <http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>

tema, así como de disponer de suficientes horas para poder impartir en la asignatura los diferentes bloques temáticos que les ayudaran a desarrollar el mismo. En nuestra opinión, el debate es mucho más participativo, enriquecedor y atractivo para los alumnos ya que conlleva la consideración de distintos puntos de vista, la evaluación de riesgos y beneficios, y a tener en cuenta la diversidad cultural [6]. Estos tuvieron que interiorizar una posición a favor o en contra sobre la pregunta planteada lo que les llevó a leer, pensar y discutir sobre ella consiguiéndose así nuestro objetivo, que era principalmente “concienciar al alumno de los dilemas éticos en el campo de la informática”.

El modo en el que se plantea la actividad permite además trabajar varias competencias generales, recogidas en la memoria del Título de grado como son: la capacidad de análisis, síntesis y evaluación, capacidad de organización y planificación, capacidad de gestión de la información, capacidad para argumentar y justificar lógicamente las decisiones tomadas y las opiniones, capacidad de trabajo en equipo y la capacidad para comunicarse por escrito, así como para hacer presentaciones efectivas en público.

Aunque estas competencias se entienden que, en general, los alumnos las adquirieron en la formación secundaria, en los últimos años estamos observando que necesitan reforzarlas para poder enfrentarse a muchas de las actividades formativas que deben realizar durante la carrera y, en particular, en su trabajo fin de grado.

El objeto de este trabajo es, por tanto, describir una experiencia docente que desde el punto de vista de los profesores y de los alumnos ha resultado muy satisfactoria y que permite trabajar la mayoría de las competencias transversales que están recogidas en los planes de estudios así como a transmitir y concienciar a los alumnos ante los dilemas éticos que se plantean en el ejercicio de la profesión informática.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2, se comentan otros trabajos en los que se utiliza el debate como instrumento docente en el aula. En la sección 3, se describe el contexto de la asignatura, las competencias que trabaja y su organización general. En la sección 4, se explica en detalle la planificación, el desarrollo y evaluación del debate desarrollado en el primer cuatrimestre del curso 2015-16. En la sección 5, se recoge la valoración que estudiantes y profesores realizan de la actividad y, por último, en la sección 6 se recogen las conclusiones finales.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Los debates éticos han sido frecuentemente utilizados en programas relacionados con la psicología y la salud [4] o la economía [7],[10],[11]. En estos estudios se valoran los debates positivamente como un instrumento útil para tratar temas controvertidos, fomentar el aprendizaje activo y desarrollar las competencias transversales. Pero hay poca experiencia en su uso en los estudios de informática.

En este campo, podemos mencionar las aportaciones recientes de Amengual et al. [1],[2]. En el primer trabajo proponen el uso del debate como un método adecuado

para evaluar la competencia oral y al tiempo valorar alguna competencia técnica y dan orientaciones para llevarlo a cabo. En el segundo trabajo, describen una experiencia real de la aplicación de su método en una asignatura de primer curso añadiendo algunos ajustes para hacerlo viable. Nuestro trabajo se diferencia del suyo en varios aspectos: 1) se tratan temas éticos y no técnicos; 2) los temas los proponen los alumnos y de entre ellos, se eligen dos; 3) la mitad de los grupos preparan un tema pero centrándose en dos preguntas que deben hacer públicas para que se aborde desde perspectivas diferentes, con lo que se fomenta el espíritu crítico; y 4) no hay evaluación por parte de los alumnos y el debate se realiza en el aula con todos los alumnos juntos.

Por otra parte, es interesante el trabajo de Canosa y Lucas [5] donde en vez de realizar un debate, proponen un mock trial para cursos sobre ética en informática, que en esencia requiere la misma preparación que el debate, pero al final del mismo, un tercero (jurado) indica quién es el ganador.

En Gehringer [8], además de debates proponen una evaluación por pares sobre trabajos escritos por los alumnos sobre temas éticos. En nuestro caso, los alumnos también entregan una memoria escrita pero ésta es evaluada exclusivamente por los profesores. La razón de no hacer a los alumnos partícipes en su evaluación es nuestra experiencia previa [12] en la que siendo interesante, no resultó efectiva pues los alumnos no fueron críticos con sus compañeros.

III. CONTEXTO DE LA ACTIVIDAD

El debate se realiza como una actividad formativa y evaluable dentro de la asignatura Valores, ética y profesión informática, asignatura de 6 ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System) que todos los alumnos de segundo curso del grado en Ingeniería Informática deben cursar. El grupo es próximo a los 55 alumnos cada curso académico.

Esta asignatura se divide en tres módulos, uno relativo a valores y derechos (con un peso del 30% en la evaluación de la asignatura); otro, a gestión de proyectos y profesión informática (40%) y el tercero, centrado en el desarrollo de competencias transversales (30%). Las clases se organizan a base de charlas que permitan dar cumplimiento a las competencias siguientes:

- Conocer la problemática y los valores de la igualdad de oportunidades en los ámbitos de la discapacidad y la igualdad de género.
- Comprender los debates sobre derechos fundamentales, reconocimiento a la diversidad y multiculturalidad y los valores propios de una cultura de la paz y de valores democráticos
- Conocer los códigos éticos y deontológicos existentes en Informática.
- Conocer y tener en cuenta la legislación nacional y europea existente, especialmente en cuanto a seguridad, protección de datos y privacidad.
- Conocer el papel de las asociaciones y colegios profesionales. Conocer las principales

asociaciones y colegios profesionales a nivel nacional e internacional.

- Comprender los debates actuales sobre aspectos profesionales: patentes de software, modelos de negocio de código abierto versus código propietario, etc.
- Conocer los principios de la gestión de proyectos informáticos.
- Trabajar en equipo, teniendo en cuenta los factores de género e internacionalidad.
- Aprender a escribir memorias técnicas.
- Aprender a expresarse en público.

Como se puede observar es bastante ambicioso lo que se pretende conseguir y además de una evaluación objetiva basada en pruebas de tipo test después de cada charla, introducimos el debate como instrumento vertebrador que permitiera a los alumnos trabajar todas las competencias transversales y ser éstas evaluadas, en particular, la ética (con un peso del 20% de la evaluación global de la asignatura). Nuestro objetivo no es tanto que aprendan normativas, sino que se paren a pensar y evalúen de forma crítica la legalidad, ilegalidad o alejamiento de situaciones que se dan actualmente en el contexto de la informática. De hecho, ellos deben pensar sobre estas situaciones y proponerlas a debate formulando una pregunta que conlleve a la confrontación. Como se describe en la sección siguiente la actividad conlleva la escritura de una memoria en la que exponen el tema desarrollado y su posición antes del debate así como su percepción final después de que el debate se haya efectuado.

Para realizar la actividad, los alumnos reciben 6 horas de clase práctica donde aprende a realizar búsquedas en fuentes y bases de datos fidedignas, 4 horas de consejos útiles para presentaciones en público y 4 horas sobre pautas y rúbricas para escribir literatura gris [9], además de asistir a 11 charlas sobre ética y profesión informática.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

La realización de un debate, que sirva para evaluar una actividad, requiere al menos cuatro fases: A) la fase de planificación, tarea que recae únicamente en el profesorado; B) la fase de preparación del debate, donde los alumnos son los principales protagonistas; C) el desarrollo del debate, esto es, el momento en que el debate tiene lugar entre los alumnos y D) la fase de evaluación, llevada a cabo, en este caso, únicamente por los docentes.

A. Planificación de la Actividad

El proceso de planificación se realiza antes del comienzo del curso y en él se deben determinar los siguientes aspectos:

- Definir el modelo de debate.
- Definir el método para la formación de grupos.
- Establecer cómo realizar la elección y asignación de los temas sobre los que se va a debatir.
- Fijar un calendario coherente.
- Establecer los criterios de evaluación.

El punto central de la actividad es en sí el propio debate y es por ello, que la elección del modelo de debate debe ser el primer punto a abordar. En nuestro caso optamos por un debate por grupos, que incluyera una fase regulada de defensa, réplica y contra-réplica como en Jiménez, Perdiguero y Suárez [7], pero que además diera cabida, a un debate libre y abierto donde cada alumno pudiera exponer sus argumentos de forma libre.

El número de grupos así como el número de alumnos por grupo debe ser elegido teniendo en cuenta el tiempo disponible para desarrollar el debate y la carga de trabajo para los participantes. En nuestra experiencia, y con objeto de no alterar el ritmo normal de clases, la sesión de debate debía realizarse en una sesión lectiva regular, por tanto, en el aula, con todos los alumnos presentes y con una duración de dos horas. En el curso académico 2015/16, el número de alumnos matriculados fue de 55, con lo que se crearon 6 grupos de 9 alumnos, un tamaño de grupo un poco superior a lo que en nuestra opinión sería deseable.

Por la restricción de tiempo disponible para el debate, el número de temas que se pueden abrir debe ser limitado. Por ello determinamos que el debate se realizara sobre dos temas con contenido amplio. Se asignaron a la mitad de los grupos uno de los temas para que lo defendieran y el otro tema para que actuaran de ‘abogado del diablo’, intentando echar por tierra las propuestas de sus compañeros. A la otra mitad de los grupos se les hizo la asignación contraria. Durante la preparación del debate, cada grupo debía concretar y hacer públicos los aspectos sobre los iba a centrar el debate.

Para cubrir las competencias que se habían planteado para la asignatura y poder realizar una mejor valoración de la actividad, se pidió además a cada grupo que, una vez realizado el debate, presentara una memoria que recogiera los aspectos más representativos del tema a debatir, los argumentos presentados y los resultados del debate. Esta memoria debía ser escrita siguiendo los modelos explicados en clase sobre ‘Redacción de informes, memorias y documentos técnicos’ [9] en un formato estándar concreto.

Una vez decididas las principales pautas de cómo se desarrollará el debate, se debe decidir cómo se confeccionarán los grupos. Básicamente se consideraron tres estrategias: que los alumnos formen los grupos por afinidad, la formación de grupos por orden alfabético y la formación de grupos de forma totalmente aleatoria. La cuestión que a nuestro parecer era fundamental para tomar la decisión era que el alumno debe aprender a trabajar en equipo y con cualquier equipo. Esto descartaba claramente la primera opción, pero también la segunda ya que habitualmente, en la formación de grupos para trabajos de clase, se escoge el orden alfabético. Por tanto, se optó por formar grupos de forma aleatoria con una aplicación informática propia, aunque la plataforma de aprendizaje virtual Moodle ofrece también esta posibilidad.

Aunque en el apartado B de esta sección se dan todos los detalles de cómo se seleccionaron los temas de debate, en la fase de planificación se decidió que fueran los alumnos los que planteasen diferentes alternativas y que

éstas fuesen valoradas por los profesores para decidir si cumplían con los requisitos del debate, esto es, temas relacionados con la ética en la profesión informática controvertidos y que pudiesen ser abordados desde distintas perspectivas.

Una actividad de estas características, en la que todo el aula está implicado, requiere una planificación estricta con fechas de entrega bien establecidas. Por ello es altamente recomendable fijar un calendario. Este se organizó de tal forma que antes del desarrollo del debate, los alumnos hubieran recibido todas las charlas que podían serles útiles tanto en la búsqueda de información como la preparación de la documentación y algunos aspectos de la ética y la profesión informática. Se decidió que, mientras se recibían las prácticas de búsqueda de información, se realizarían las tareas de formación de grupos y la elección de los temas a tratar, de forma que tuvieran suficiente tiempo para su preparación. Asimismo, se estableció que el debate tendría lugar el último día de clase.

De tal forma que se dejaron tres semanas para la elección de tema y unas diez semanas para la preparación del debate. Todos los pasos que llevan hasta la sesión de debate, y recogidas en el Tabla I, están guiadas por entregas en Moodle que cada grupo debe completar. También se muestra el trabajo que debe realizar el profesor después de cada tarea.

Por último, es importante establecer los criterios de evaluación para que los alumnos los conozcan desde el

inicio y aprovechen las clases en las que se ofrecen pautas para su desarrollo. En nuestra experiencia se establecieron los siguientes:

- Actuación en el debate.
- Calidad bibliográfica.
- Formato, ortografía y estilo literario.
- Calidad técnica del contenido.

El detalle de la aplicación de estos criterios se describe en el apartado D.

B. Preparación del Debate

En la primera sesión de la asignatura se les informa a los alumnos sobre cómo se va a desarrollar esta actividad y se les explica detalladamente los pasos que se seguirán mostrándoles la Tabla I.

El primer paso importante a realizar es la selección de temas. Cada grupo debía presentar al menos un tema. Si los temas propuestos se consideraban suficientemente interesantes, de entre ellos, se sortearían los dos temas a tratar. En caso de que no hubiese dos temas válidos, se usarían temas propuestos por los profesores. Con los temas seleccionados, al comienzo de una de las clases de la tercera semana, se realiza el sorteo de los temas a tratar y la asignación a los grupos.

Una vez que los grupos conocen los temas genéricos que deben defender, deben seleccionar uno o dos aspectos concretos a abordar en su defensa. Para aclarar la postura sobre la que iban a decantarse se les pide que planteen

TABLA I: PROGRAMACIÓN DE LA ACTIVIDAD

Tarea	Tareas de los grupos de debate	Fecha de finalización	Tareas del profesorado
Presentación del debate		21/9/15 Semana 0	Hacer la descripción de la actividad
Formación de grupos		28/9/15 Semana 1	Sortear los grupos y publicarlos en Moodle.
Aportación de temas por parte de los grupos	Elegir al menos un tema para debatir. Completar una tarea Moodle indicando los temas elegidos.	13/10/15 Semana 3	Al finalizar la actividad se deben valorar las propuestas y seleccionar los temas.
Sorteo de temas y publicación		15/10/15 Semana 3	En una sesión de clase se sortean los temas. Los resultados se publican en Moodle.
Selección de los aspectos a debatir	Plantear los aspectos concretos a debatir en forma de pregunta. Completar una tarea Moodle indicando las preguntas planteadas.	1/11/15 Semana 6	Al finalizar la actividad se deben valorar los aspectos seleccionados y publicar las preguntas concretas sobre las que se debatirá.
Entrega del material generado para el debate	Buscar información para argumentar las preguntas propuestas. Generar un documento de presentación y un borrador de la memoria. Completar una tarea Moodle añadiendo el material y el borrador de la memoria.	9/1/16 Semana 15	Al finalizar la actividad se debe publicar el material que se empleará en el debate y se analizan los argumentos que se van a emplear.
DEBATE	Buscar argumentos de réplica y contra-réplica. De forma individual participar en el debate libre.	12/1/16 Semana 16	Un profesor actúa de moderador, ajustando los turnos de palabra a los tiempos establecidos. Otro profesor actúa de secretario anotando la calidad de las intervenciones. Valorar la actividad del Debate
Entrega de la memoria final	Completar la memoria con las intervenciones del debate. Completar una tarea Moodle añadiendo la memoria final.	3/2/16 Semana 19	Valorar las Memorias

éstos en forma de pregunta. El grupo que defiende el tema debería contestar a la pregunta de forma afirmativa y el que actúa de ‘abogado del diablo’ debía negar la pregunta. Una vez concretadas estas preguntas se publican en Moodle para que todos los participantes puedan preparar el debate.

Para finalizar la fase de preparación, unos días antes de la celebración del debate, todos los grupos hacen público el material que emplearán en la defensa del tema que se les haya sido asignado, de forma que todos los grupos conocen con cierta antelación los argumentos que emplearán los otros grupos. Al tiempo entregarán a los profesores un primer borrador de la memoria con los aspectos más importantes del tema a debatir, argumentos que van a presentar y la bibliografía consultada.

C. Desarrollo del Debate

El desarrollo del debate se plantea en dos fases. En la primera, cada grupo, ordenados por temas, exponen brevemente los argumentos por los que defienden el tema y existe un turno de réplica por parte de los grupos que actúan de ‘abogado del diablo’ y, a continuación, la contra-réplica. Se decide asignar a cada grupo un tiempo de 5 minutos para la exposición, 3 minutos para la réplica y 1 minuto para la contra-réplica. En la segunda fase se abre el debate pudiendo cada alumno exponer sus argumentos de forma libre, con un tiempo máximo de un minuto por intervención. Ambas fases están dirigidas por un profesor que limita la duración de los turnos de palabra y en la segunda fase, además decide cuándo debe cambiarse de tema. Durante el debate otro profesor evalúa la actuación de cada grupo de acuerdo a la rúbrica recogida en la Tabla II y las intervenciones realizadas durante el debate libre. En la sesión de debate se exigió que todos los alumnos estuvieran presentes y se sentasen en el aula en grupos, de esta forma podían seleccionar a sus representantes en los turnos de exposición, réplica y

contra-réplica, al tiempo que analizaban los distintos argumentos que exponían otros grupos.

D. Evaluación de la Actividad

Durante la planificación de la actividad se fijaron los aspectos básicos que se pretendían evaluar y los criterios de valoración. La valoración se realiza primeramente del debate en sí, asignando un peso de 2 puntos, y posteriormente de la memoria presentada por cada grupo, con un peso de 8 puntos.

En la valoración del debate se pretende no sólo evaluar los aspectos de la ética en la profesión informática, sino también aspectos transversales como las capacidades de búsqueda de información, argumentación, trabajo en equipo, comunicación oral, lenguaje gestual y control del tiempo de exposición.

Esta valoración se realiza siguiendo una rúbrica similar a la empleada en el trabajo de Amengual y Castellanos [2]. En nuestro caso se redujo a únicamente cuatro ítems, ver Tabla II, donde cada uno se valora con tres niveles (bien, regular o mal). La valoración se realizó asignando a cada ítem el mismo peso, de forma que una calificación de bien suma 0,5 puntos; la calificación de regular suma 0,25 puntos y la calificación de mal no suma puntos. Cuando finaliza el debate, los grupos deben completar la memoria de la actividad con los resultados del debate y entregarla mediante una tarea Moodle, como ya se ha reflejado en la Tabla I, para su evaluación.

En la evaluación de la memoria se pretende, aparte de ratificar los aspectos de búsqueda de información, argumentación y trabajo en equipo, valorados en parte durante el debate, valorar otros contenidos transversales que se han impartido durante el curso como son la calidad bibliográfica, la escritura de textos científicos, el formato y el estilo literario.

Esta valoración se realiza valorando por separado tres ítems:

TABLA II
RÚBRICA DE EVALUACIÓN DEL DEBATE

Concepto	Bien	Regular	Mal
Exposición de las ideas.	La exposición es clara, organizada y convincente. La intervención se ajusta al tiempo asignado. Se capta el interés del resto de asistentes durante toda la exposición.	Uno o dos de los tres aspectos considerados no era correcto.	Los tres aspectos considerados no eran correctos.
La argumentación.	En los turnos de defensa, réplica y contra-réplica se hace uso de argumentos relevantes, precisos y fundamentados.	En alguna de las intervenciones se usan argumentos poco relevantes, precisos o fundamentados.	En general se emplean argumentos muy poco relevantes, precisos o fundamentados.
El respecto al adversario.	El tono de las afirmaciones y las respuestas es respetuoso y el lenguaje corporal es adecuado.	Algunas afirmaciones o respuestas no usan un tono respetuoso o bien resultan sarcásticas, o bien el lenguaje corporal resulta agresivo en ocasiones.	En buena medida el tono de las respuestas y afirmaciones es irrespetuoso o sarcástico y el lenguaje corporal es en su mayor parte agresivo.
Dominio del escenario.	El lenguaje corporal transmite seguridad y confianza. El tono de voz es firme y sereno. Existe contacto visual con el público. No se leen notas de manera evidente.	Dos o tres de los aspectos considerados no eran del todo correctos.	En todos los aspectos considerados

- Calidad bibliográfica. Este ítem tiene asignado un peso de 1 punto y se valoran por igual los siguientes aspectos: I) se han consultado fuentes bibliográficas de calidad; y II) se han referenciado de forma correcta.
- Formato, ortografía y estilo literario. Este segundo ítem tiene un peso de 2 puntos, valorándose los siguientes aspectos: I) se siguen las pautas explicadas en clase para escribir memorias, informes y documentos técnicos; y II) se aplica correctamente el formato pedido.
- Calidad técnica del contenido. El último ítem de valoración se considera el más importante y se le asigna un peso de 5 puntos. En este ítem se ratifican aspectos que fueron considerados en el debate, pero también se analiza si han sabido resumir el desarrollo del debate. Se consideran los siguientes aspectos: I) se plantea el tema desde un punto de vista ético; II) se argumenta justificadamente la posición a favor con datos claros y relevantes; y III) se incorporan los resultados del debate, resumiendo, de forma razonada, los argumentos que se consideran que han ganado en el debate y los puntos que ellos defendían y que han sido suficientemente rebatidos.

La valoración global se realiza en dos sesiones cortas, una para valorar los aspectos del debate y otra para la

valoración de las memorias, que puesto que se evalúa por grupos no supone un tiempo especialmente largo, aproximadamente 30 minutos por cada una.

V. VALORACIÓN

La valoración del profesorado respecto al debate es muy positiva. El ambiente que se genera en el aula es vibrante, animado y distendido, donde respetuosa-mente todos opinan y se rebaten. Como el número de alumnos es manejable, consideramos que es mucho más efectivo que en el debate participe toda la clase de forma que más y diferentes perspectivas y opiniones se susciten. Un número superior de alumnos requeriría abrir más temas de debate y un mayor número de días dedicados a debate, a razón de dos temas discutidos al menos por dos grupos por sesión de debate, pero estando todo el aula presente para el tiempo de debate abierto.

El hecho de que el debate esté estructurado por temas ayuda a tener un hilo conductor con el que arrancar el debate, pero claramente se consigue una mayor participación cuando el debate pasa a ser abierto. Aquí es cuando el debate se anima y debería extenderse al menos una hora más, como así también opinan los alumnos.

Desde la perspectiva del profesor la carga de trabajo de la preparación es muy llevadera y la parte de la evaluación que pudiera resultar la más tediosa, con las rúbricas propuestas que son sencillas y breves también es relativamente ligera.

En nuestra opinión, se hace necesaria la presencia de

TABLA III
ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD Y SUS RESULTADOS

Pregunta	Frecuencia					Promedio
	1	2	3	4	5	
1 ¿Es la primera vez que participas activamente en un debate? Si ya habías participado anteriormente indica cuándo y sobre qué tema	Sí: 37 No: 15					
2 El método seguido en la selección de los temas y las preguntas que se han tratado en el debate ha sido el adecuado.	1	3	12	25	11	3,81
3. La selección de grupos de forma aleatoria me ha servido para conocer la dificultad de trabajar con personas que no tienen por qué opinar igual que yo.	5	3	7	23	12	3,68
4. La preparación del debate (búsqueda bibliográfica, comentarios con el grupo y desarrollo de la memoria) me ha servido para reflexionar sobre los problemas éticos en la profesión informática	1	5	17	23	6	3,54
5.El tiempo asignado para la preparación de los temas a debatir (unas 11 semanas) y luego para la presentación y el debate (2 horas), en sí es adecuado.	1	4	8	19	20	4,02
6. El debate es una herramienta útil a la hora de desarrollar las competencias transversales de comunicación oral y escrita, y además sirve para aumentar la capacidad de argumentar, tomar decisiones y tomar conciencia sobre la ética en la profesión informática.	2	3	10	20	16	3,88
7. El debate, y en general la asignatura, me ha servido para ser más sensible y crítico con los problemas derivados de la ética profesional en el campo de la informática.	2	9	21	14	4	3,18
8. El conocimiento adquirido en temas de ética profesional me ha ayudado a comprender los aspectos sociales de la profesión informática y me será de gran utilidad en el desarrollo de mi carrera profesional.	4	4	20	15	6	3,31
9. Los temas que he preparado para tratar en el debate han suscitado discusión fuera del grupo de trabajo (amigos, familiares, etc.).	18	11	6	5	4	2,23
10. Por último, señala los aspectos que en tu opinión deberían cambiarse en el debate y cualquier otra sugerencia, aportación o crítica que desees transmitir (Texto libre)	1 alumno sugiere obligar a que participen en el debate todos los alumnos 5 sugieren más tiempo para el debate abierto 4 más tiempo para réplica y contraréplica 3 buscar preguntas más controvertidas 3 cambiar el lugar del debate					

dos profesores, al menos, en el aula, uno que actúe como moderador y otro como secretario para tomar notas y realizar la evaluación. En cambio, la tarea de desarrollo del debate y revisión de las memorias escritas puede fácilmente repartirse y realizarse por una sola persona, una vez que se concretan los aspectos generales.

En relación a las memorias, podemos decir que, este año su calidad ha sido mayor con relación a la primera experiencia realizada el curso académico pasado, tanto en contenidos como en su estilo literario y adecuación al formato. Además, el apartado destinado a que evaluaran críticamente el balance de su actuación en el debate muestra, además de su atención durante el desarrollo del mismo, su capacidad para identificar sus puntos débiles. Algunos reconocieron no haber sido capaces en la exposición de mostrar claramente su postura y otros mencionaron la dificultad para llegar a acuerdos dentro del grupo y mantener esa postura, aunque fuera opuesta a su opinión personal.

Por último, consideramos que segundo es un buen curso para realizar esta actividad, ya que los alumnos están adaptados a la universidad y tienen recorrido aún para poner en práctica todas las competencias transversales trabajadas.

Para conocer la valoración de los alumnos, al finalizar el debate se les pasó la encuesta anónima recogida en la Tabla III.

Lo primero que se ha de destacar es que sólo el 29% de los alumnos había participado en un debate anteriormente, lo que refuerza la necesidad de introducir este tipo de método de aprendizaje en la docencia de grado.

De su análisis se desprende que están bastante satisfechos sobre cómo se desarrolló la actividad puntuando cerca de un 4 sobre 5 las preguntas 2,3 y 5 relativas al proceso de formación de grupos, selección de temas y tiempo para desarrollar la actividad.

Respecto a la reflexión sobre la ética (pregunta 7), se puede decir que la actividad les obligó a interesarse y hablar sobre temas éticos, aunque lamentablemente no trascendió en gran medida fuera del grupo (pregunta 9).

En general, valoran positivamente el debate como herramienta para desarrollar las competencias transversales y no proponen otros métodos alternativos. Más bien, atendiendo a los comentarios libres, quieren que se dedique más tiempo, en un lugar más amplio y donde los grupos queden identificados y que se busquen preguntas más controvertidas, lo que nos lleva a concluir que el debate les resultó atractivo e interesante.

VI. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la tecnología, aparecen cada día nuevos dilemas éticos a los que los ingenieros informáticos deben saber enfrentarse, valorar y decidir sobre su aplicación y consecuencias en la sociedad. Tomar conciencia y posicionarse en estos problemas, generalmente muy controvertidos, no resulta fácil y por eso se requiere un entrenamiento proactivo que ayude a interiorizar este espíritu crítico.

En este artículo presentamos una experiencia docente exitosa tanto para los alumnos como los profesores y, en

base a ella, proponemos y animamos a otros profesores a utilizar el debate como un instrumento vertebrador que ayude a discutir sobre temas éticos al tiempo que se trabajan otras competencias generales esenciales para todo graduado.

Tras finalizar la experiencia, hemos valorado algunos aspectos que podrían mejorarse y que trataremos de incorporar en futuras ediciones, como son:

- Adelantar la fecha del debate y la entrega de la memoria para que la revisión de la misma se haga en periodo lectivo y no interfiera con el periodo de exámenes de final de cuatrimestre.
- Aumentar el número de sesiones de debate y cambiar el lugar de celebración, como han sugerido varios alumnos en las encuestas.
- Incluir entre las charlas teóricas de la asignatura una destinada a que el alumno conozca los principios básicos de un debate.
- Dado que la experiencia ha resultado muy positiva, estudiar la posibilidad de aumentar el peso del debate en la evaluación de la asignatura y valorar explícitamente el trabajo en equipo.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Amengualand M. Marqués, "Evaluación de la competencia transversal de comunicación oral y escrita mediante la realización de debates", *Actas del Simposio-Taller XIX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2013, Castellón, pp. 93-100.
- [2] J. C. Amengualand A. Castellanos, "Realización de debates para evaluar la competencia transversal de comunicación oral: de la teoría a la práctica", *Actas de las XX Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*, 2014, Oviedo, pp. 221-228.
- [3] S. Bahadir Kert and C. Uz and Zeynep Gecu, "Scenarios for computer ethics education", *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 46: 2706 – 2710, 2012.
- [4] L. Candela, S. Rush Michael and S. Mitchell, "Ethical debates: enhancing critical thinking in nursing students", *Nurse Education* 2003; 28(1):37-39.
- [5] R. L. Canosa and J. M. Lucas, "Mock Trials and Role-Playing in Computer Ethics Courses", *Proceedings of the 39th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 2008, Portland, Oregon, USA, pp. 148-152.
- [6] L. Hanna, J. Barry, R. Donnelly, F. Hughes, D. Jones, G. Laverty, C. Parsons and C. Ryan, "Instructional design and assessment: Using Debate to Teach Pharmacy Students About Ethical Issues", *American Journal of Pharmaceutical Education* 78 (3), 2014.
- [7] J. L. Jiménez, J. Perdiguer and A. Suárez, "Debating as a classroom tool for adapting learning outcomes to the European higher education area", *Research Institute of Applied Economics Working Paper* 2011/09.
- [8] E. Gehringer and B. Peddycord, "Grading by experience points: An example from computer ethics," in *IEEE Frontiers in Education Conference*, 2013, pp. 1545-1550.
- [9] Grey Literature International Steering Committee, "Directrices para la producción de informes científicos y técnicos: como escribir y distribuir literatura gris". Versión 1.1, 2007.
- [10] M. E. Ruiz, "El debate como instrumento de evaluación". En *Actas de las III Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria*, Villaviciosa de Odón (Madrid), 14-15 de septiembre 2006.
- [11] H. X. Vo and R. L. Morris, "Debate as a tool in teaching economics: rationale, technique and some evidence", *Journal of Education for Business*, vol. 81, 2006.
- [12] M. E. Zorrilla Pantaleón and I. González. Rodríguez, "Dos casos prácticos del uso de la Wiki en Ingeniería Informática: consideraciones para su uso en el Grado de Informática", *Actas de las XVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática*, 2011, Sevilla, pp. 329-336.



Fernando Vallejo (Santander, 1961) obtuvo el título de Licenciado en Ciencias Físicas en la rama de Electrónica y el de Doctor en Ciencias Físicas en la Universidad de Cantabria en los años 1985 y 1991 respectivamente.

Desde que obtuvo su licenciatura forma parte del Departamento de Ingeniería Informática y Electrónica de la Universidad de Cantabria, en la actualidad como Profesor Titular de Universidad. En este

Departamento desarrolla sus labores docentes e investigadores y, además, en la actualidad como su Director.

Tanto su docencia como su investigación han estado siempre relacionadas con la arquitectura de computadores en los niveles más cercanos al procesador. Su docencia se ha centrado sobre todo en la estructura de computadores, sistema de memoria, dispositivos de E/S y diseño del procesador. Su investigación actual se centra en las redes de computadores y redes on chip en los aspectos del análisis de nuevos mecanismos de encaminamiento y la evaluación del rendimiento.



Marta Elena Zorrilla Pantaleón nació en Santander en 1971. Obtuvo su título de Ingeniera de Telecomunicaciones en la Universidad de Cantabria en 1994 y es Doctora Ingeniera de Telecomunicaciones por la misma Universidad desde 2001.

Es Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Ingeniería Informática y Electrónica en la Universidad de Cantabria, en la que imparte clases desde 1995. Ha publicado diversos artículos relacionados con su experiencia docente y los proyectos de

innovación docente en los que ha participado y también dirigido. Sus líneas de investigación están también vinculadas, en parte, con la docencia, en particular, con la aplicación de técnicas de minería de datos en entornos educativos, teniendo publicados diversos artículos en revistas de impacto. Además, recientemente ha supervisado una tesis doctoral en este campo y de manera habitual colabora en las tareas de revisión de artículos en revistas indexadas tales como IEEE on Learning Trans., IRROLD, JEDM, DSS, JSS, ESWA, NCA, etc.

Capítulo 4

Por qué mi Curso no es un MOOC o El Fracaso Televisivo de un Actor Teatral

Antonio Polo Márquez

Title—Why my course is not a MOOC or The failure of a theatrical actor in TV.

Keywords— MOOCs, videos docentes, clase invertida.

Abstract—This work is a thinking about the process of shifting a traditional classroom course into a MOOC (Massive Open Online Course) based on videos. We analyse the new demands of students, the differences in terms of the necessary resources and the adaptation effort required to the teacher. We will use a metaphor comparing the teacher with the theater actor, as opposed to the demand for the filmmaker or TV director with very different skills. Similarly, an adaptation of the teaching role is required to spread education in new environments as provided by MOOCs. Therefore, the change means new possibilities for the viewer, but also entails a knowledge of the new medium, adapting the content to be transmitted and the adoption of new techniques of interpretation. Taking these three levels of change is not easy, so that the issues that we must work to prevent the failure of traditional teaching environments applied into new MOOCs are analysed.

Keywords—MOOCs, teaching videos, flipped classroom.

Abstract—Este trabajo es una reflexión sobre el proceso de transformación del curso tradicional presencial a un MOOC (Massive Open Online Course - Curso en línea, masivo y abierto) basado en vídeos. Se analizan las nuevas demandas del alumnado, las diferencias en función de los medios necesarios y el esfuerzo de adaptación que ello requiere por parte del profesor. Se utiliza como símil la comparación del profesor con un actor teatral, y la exigencia de nuevas técnicas interpretativas para actuar en otros medios, como el cine o la TV. Del mismo modo, se requiere una adaptación del papel docente para difundir la educación en nuevos entornos, como los que proporcionan los MOOCs. Por tanto, el cambio de medio abre nuevas expectativas al espectador, pero lleva también consigo el conocimiento de esos medios, la adaptación del contenido a transmitir y la adopción de nuevas técnicas interpretativas de los actores. Asumir estos tres niveles de cambio no es sencillo, por lo que se analizan los aspectos que debemos trabajar para evitar el fracaso del docente tradicional en entornos de tipo MOOC.

Este trabajo fue presentado originalmente en las XXII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2016).

Antonio Polo Márquez es profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos de la Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, 10003 Cáceres, España (e-mail: polo@unex.es).

I. INTRODUCCIÓN

IMPARTO clases en una universidad pública, y a menudo me he preguntado por qué aún no he participado en ningún MOOC, ni tampoco lo han hecho la mayoría de mis compañeros. El caso es que me atrae y parece ser una más que probable línea de futuro en mi trabajo. Imparto clases de Informática, y por tanto dispongo de un mejor punto de partida para embarcarme en ese proyecto que profesores de otras áreas... Y además, como me gusta la enseñanza, mi voz podría ser escuchada por una audiencia que crecería de forma exponencial. ¿Por qué entonces mi asignatura sigue en la penumbra de una clase oscura, mientras la mayoría de las universidades ya nos llevan varios años de ventaja?

Con un razonamiento similar se ha motivado este trabajo, que es una reflexión personal sobre la enseñanza. En él se recuerda lo que se ha vivido, mientras se mira hacia el futuro analizando nuevas formas de docencia basadas en MOOCs.

Aunque existen diversas formas de interpretar qué es un MOOC [1], el término se ha aceptado y extendido tras la popularización de diferentes plataformas a partir de 2012 [2]. España es uno de los países europeos que registra más cursos MOOC [3], gran número de los cuales están soportados en la plataforma Miriada X (<https://miriadax.net>). En algunas universidades se ha previsto un plan de adaptación [4], pero en la mayoría la introducción de los MOOCs se está produciendo de forma lenta y sin una estrategia definida. Por ello es necesaria una reflexión previa a su implantación, partiendo de la experiencia que ya se ha adquirido en este campo.

Mientras que en numerosos trabajos se analiza el modelo y plataformas [5], o cómo mejorarlos [6], en esta ocasión queremos destacar las necesidades en la formación del profesorado para afrontar este cambio con éxito desde una perspectiva de autoanálisis. Para ello se utiliza como símil la comparación del profesor con un actor teatral, y la exigencia de nuevas técnicas interpretativas para actuar en otros medios, como el cine o la TV. De este modo ampliamos la imagen que ya aparece en los primeros análisis al comparar un MOOC basado en vídeos con una serie televisiva [7].

Este trabajo se desarrolla basándose en dos herramientas metodológicas básicas: la mayéutica y la metáfora. Por ello

se parte de un conjunto de preguntas, en forma de algoritmo, que permiten obtener las razones de por qué mi asignatura no es un MOOC, tal y como muestra el apartado II.B. En el apartado II.C se introduce la metáfora como método de aprendizaje, mostrando como ejemplo el apoyo de la geometría para “entender” el álgebra.

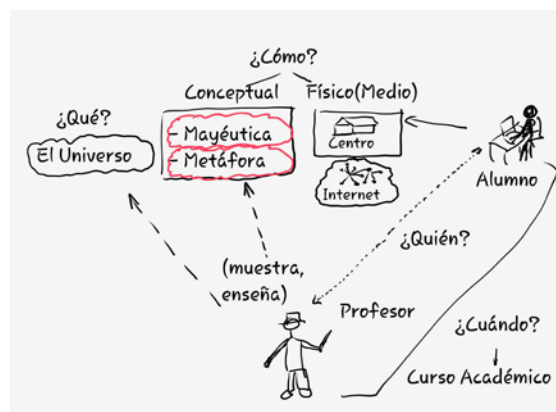
En el apartado III se propone una representación geométrica, que relaciona aspectos opuestos de la enseñanza tradicional frente a la realizada en un entorno MOOC.

En el apartado IV se estudia la evolución histórica de diferentes “artefectos” que facilitan al profesor la “exposición” de sus enseñanzas. Y aquí se detecta el vídeo como el nuevo “artefacto” que marcará un antes y un después en el aula. Sin embargo, el vídeo va a suponer el alejamiento del profesor del aula, que se convierte en virtual cuando hablamos de MOOCs.

En el apartado V se muestra la metáfora central de este trabajo, en la que se identifica al profesor en el aula con un actor teatral, que también dirige la obra. Mientras que el profesor de un MOOC se asocia a un director de cine o series de TV a la carta, que también suele aparecer como actor en su rodaje.

A partir de este momento, se comparan las necesidades de formación del actor-director teatral, frente al director-actor de series de vídeo a la carta. Se distinguen dimensiones importantes en esta comparativa, como son: infraestructura, espectadores, tiempo (de una sesión y de la obra global), guiones, seguimiento del espectador y efectos especiales.

De esta forma llegamos al apartado VI, en el cual respondemos a la pregunta de las causas que hacen que mi clase aún no sea un MOOC, pero que sirven de reto para situarnos en el abismo en que los actores de cine mudo cambiaron al sonoro, del blanco y negro al color, o del teatro al cine. Esta conclusión es de nuevo una pregunta al profesor: ¿prueba usted en el cine o prefiere seguir en el teatro?



Pizarra 1. Modelo de enseñanza clásico.

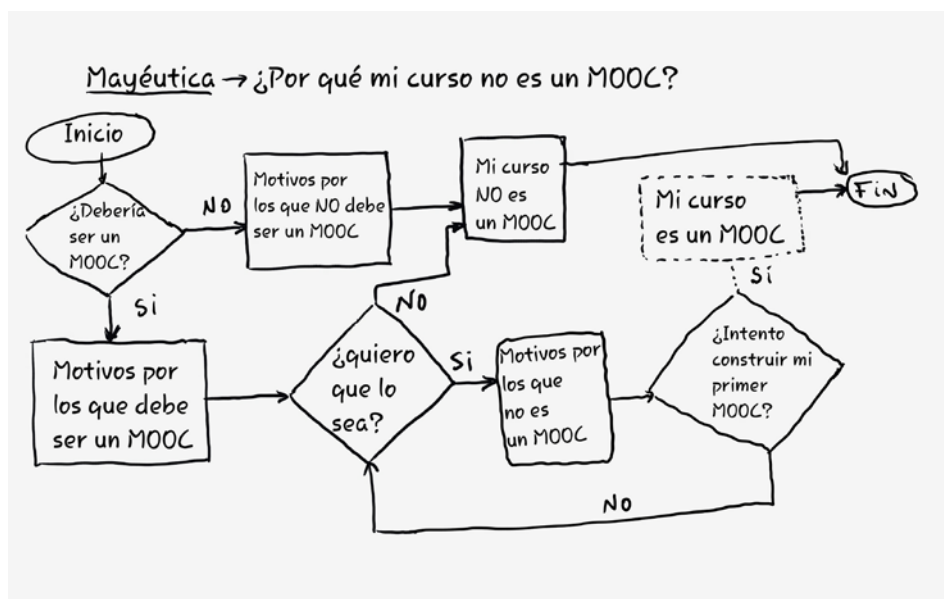
II. ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ENSEÑANZA

A. Mayéutica y Metáfora como claves en la educación

La enseñanza consiste no sólo en transmitir el conocimiento, sino también en aprender a extenderlo. Y ese conocimiento es sólo una tentativa de entender el mundo que nos rodea. Ser capaz de establecer un modelo que simule la realidad es una curiosidad innata en el hombre. Un modelo que le permita entender cómo funciona, por qué lo hace así y cuál es su último fin.

El conocimiento es el fruto de la curiosidad. Y la curiosidad es la madre de la *mayéutica*. Esa partera que nos azuza constantemente al oído con su escueto idioma, susurrando sólo unas pocas preguntas: ¿quién?, ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿por qué?, ¿para qué?,... Toda lección se puede presentar como respuesta a una o unas pocas preguntas. Por eso la *mayéutica* es la primera técnica que usamos al enseñar. Son las preguntas entre un niño y sus padres.

Pero si no queremos dar una fría sentencia enunciativa que el alumno tome por respuesta. Si queremos ir más allá y que sea él mismo quien la descubra, y así la entienda.



Pizarra 2. Mayéutica sobre MOOCs.

Necesitamos partir de su propio conocimiento, y que a partir de ese conocimiento encuentre la respuesta.

Sucede a menudo que conocimiento del alumno y respuesta se encuentran en campos muy alejados, Necesitamos entonces que el alumno use la imaginación, y sepa trasladar su desconocimiento a un mundo equivalente conocido, en el que las cosas tomen sentido. Es aquí donde utilizamos otra figura docente por excelencia: la *metáfora*.

En este sentido, el maestro se convierte en un acompañante del alumno, y sólo le ayuda a plantear preguntas, establecer relaciones y estimular esas metáforas que le ayuden a “ver” las respuestas. El maestro “enseña” y el alumno “aprehende”.

Este modelo queda reflejado en la anotación de la Pizarra 1.

B. Mis Preguntas sobre los MOOCs

Un ejemplo de representación de cuestiones es el algoritmo que se muestra en la anotación de la Pizarra 2. Nótese que, aparte de la secuencialidad, la clave de cualquier algoritmo es la construcción “si...entonces...”, que en programación se potencia con “si...entonces...sino...”.

Este algoritmo debe obtener los motivos por los que mi asignatura “no” es un MOOC. Pero obsérvese que en primer lugar nos planteamos si debería serlo. Esta es la primera cuestión que vamos a responder en las próximas secciones. Para ello vamos a comparar las características de mi asignatura actual con las de un MOOC utilizando una representación gráfica a modo de metáfora espacial.

C. La Importancia de la Metáfora

La metáfora es una asociación de conceptos aparentemente diferentes, pero que se pueden establecer de forma paralela como equivalentes. Es una forma de pensamiento previa a la generalización. Un ejemplo clásico es la identificación de conceptos abstractos operacionales (como una ecuación algebraica) y conceptos de tipo físico espaciales (como es la geometría).

El ejemplo que se muestra en la anotación de la Pizarra 3, representa cómo una ecuación se puede interpretar de forma geométrica. En este caso se estudia el cuadrado de una suma. Si sólo queremos que el alumno se aprenda la ecuación para aplicarla en transformaciones algebraicas, bastará con exigir que la memorice. Sin embargo, si

buscamos que aprenda a “razonarla” le “enseñaremos” el dibujo y le ayudaremos a identificar cada porción de la superficie con el término correspondiente de la igualdad.

Esto significa que dará una interpretación a la mera expresión algebraica que le dote de significado. A partir de ahora le exigiremos que razone cada igualdad algebraica con una representación geométrica asociada válida.

III. METÁFORA PARA RELACIONAR MI CURSO CON UN MOOC

El ejemplo anterior muestra que una forma de establecer analogías, para que nos ayuden a “entender” conceptos, es usar representaciones geométricas que, de forma intuitiva, introducen nociones de relación, proximidad, oposición...

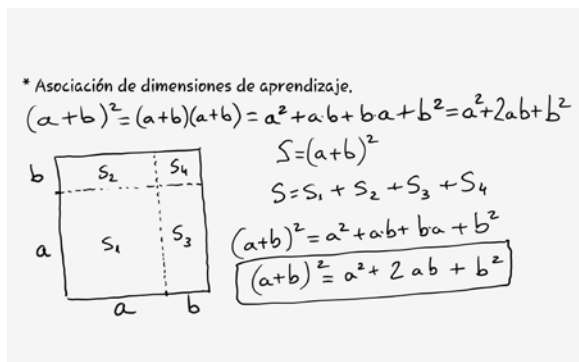
En la representación geométrica que aparece en la anotación de la Pizarra 4, se establece una asociación entre los principales conceptos de un MOOC y los correspondientes en mi curso actual. Además, aparecen representados en diferentes planos, de forma que muestran la oposición semántica de todos los conceptos (Masivo, Abierto, Online) frente a (Reducido, Cerrado, en el Aula). Es la diferencia de mi clase con un MOOC.

Sin embargo, si examinamos la figura observaremos que falta un elemento por representar. El acrónimo MOOC consta de cuatro elementos y estamos representando sólo tres (se nos olvidó representar el concepto Curso). Este error es frecuente cuando sólo queremos representar las diferencias y dejamos fuera la parte común.

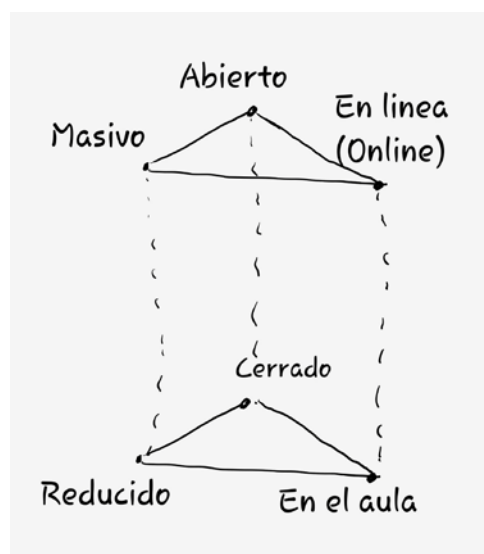
En la nueva representación, que podemos ver en la copia de la Pizarra 5, podemos añadir dos características que son comunes a los conceptos de Curso y Abierto, aunque no tiene por qué producirse necesariamente, pero son habituales: Curso → Certificado y Abierto → Gratuito.

Teniendo en cuenta que la Universidad en la que trabajo es pública, la gratuidad en la educación es un objetivo básico para proporcionar un bien a la sociedad general que me paga. Del mismo modo que el hecho de poder expedir un certificado garantiza, de algún modo, la calidad de la educación que se imparte.

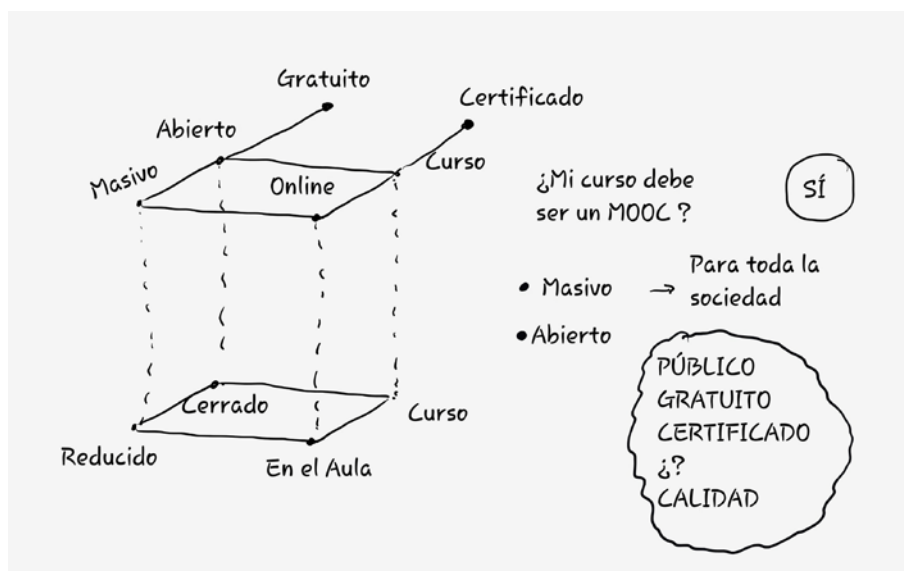
Esto me lleva a contestar SÍ, a la pregunta de si mi curso debe ser un MOOC, que se encontraba al inicio del



Pizarra 4. Asociación de dimensiones de aprendizaje mediante metáfora (álgebra/geometría).



Pizarra 3. Metáfora geométrica (MOO-RCA) = (Massive-Open-Online_Reducido-Cerrado-Aula)



Pizarra 5. Mi curso SÍ debe ser un MOOC

algoritmo en la Pizarra 2, y también, ya que soy bastante idealista, voy a dar una respuesta positiva a la pregunta de si quiero que sea un MOOC, por los motivos.

Por tanto, y siguiendo el citado algoritmo, ya que creo y quiero que mi curso sea un MOOC, debo obtener los motivos por los que hasta ahora no lo es.

En este tipo de situaciones es bueno examinar los antecedentes y, en este caso vamos a reflexionar sobre cómo ha ido cambiando el entorno en el que el profesor presenta los conocimientos y el alumno los recibe. Lo que hemos dado en llamar la evolución de los “artefactos docentes”.

IV. EVOLUCIÓN DE LOS “ARTEFACTOS DOCENTES”

Si examinamos la historia educativa, veremos que los soportes usados en el aula han evolucionado de forma bastante lenta hasta este siglo [8].

En la Pizarra 6 se resumen los principales hitos en la evolución de los soportes usados en el aula para que el

profesor expusiera fácilmente sus preguntas y metáforas, y para que los alumnos accedieran a toda esa información.

Debe destacarse que la obsesión por el acaparamiento de recursos ha estado presente en cualquier época, cuyo máximo exponente han sido las célebres Bibliotecas que han existido a lo largo de la historia. Y este celo acumulativo se ha mantenido también en el estudiante para poder disponer de libros, manuales y apuntes.

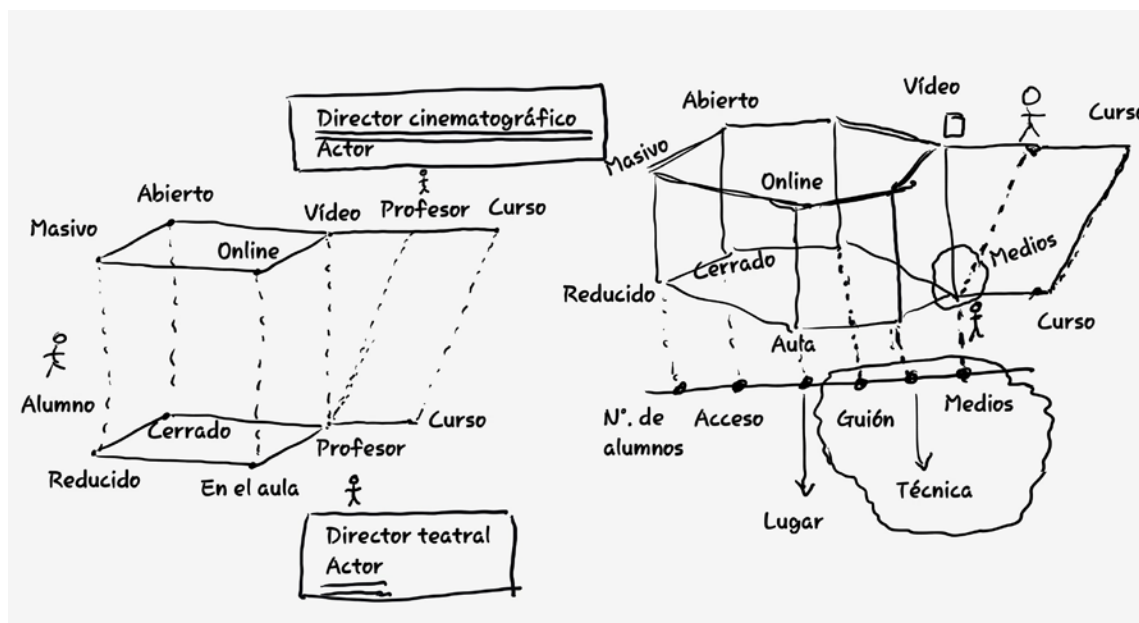
De otra parte, la transición de un artefacto al siguiente produce la división de generaciones de docentes y alumnos respecto al artefacto en dos grupos: alumnos y profesores que no lo conocen siquiera, frente a profesores y alumnos que han utilizado o visto utilizar en su clase o entorno docente ese artefacto.

Nótese que el último artefacto más antiguo que aún está activo, al menos en la memoria y experiencia de algunos alumnos y profesores actuales, es... ¡el retroproyector!

El cañón de vídeo supuso un nuevo avance al conseguir la



Pizarra 6. Evolución de los artefactos o soportes docentes



Pizarra 7. Introducción de la metáfora del teatro y las series de TV a la carta

digitalización de las “transparencias”. Sin embargo, al igual que ha ocurrido con otros “artefactos” anteriormente, siempre ha estado condicionado por la forma en que se utilizaba su antecesor, el retroproyector. Y en muy raras ocasiones el cañón de vídeo dejó de ser un proyector de transparencias. Un profesor enseña lo que sabe, y por tanto intenta “reaprovechar” las transparencias. Pero además, lo hace de la forma que sabe, y lo cierto es que no hubo un cambio radical en la técnica expositiva del profesor cuando pasó del retroproyector al cañón proyector.

En esta evolución, destacamos que tras el paso del cañón de vídeo al vídeo, el vídeo es el “artefacto natural” en el entorno de un MOOC. Sin embargo, el vídeo sustituye en cierta forma al profesor, pues, y esto es fundamental, el profesor deja de estar en contacto directo con el alumno y ahora el vídeo es su espejo, pero ya no es el profesor en persona quien se encuentra en el aula. El aula se convierte en virtual cuando hablamos de MOOCs.

V. LA METÁFORA DEL TEATRO Y LAS SERIES DE TV A LA CARTA

En esta sección mostramos finalmente la metáfora que nos va a permitir detectar los motivos de por qué mi curso no es un MOOC. Detectaremos las principales diferencias entre un curso MOOC y nuestros cursos actuales. Se identificarán estas diferencias sobre varias dimensiones y se detectarán las exigencias que necesitaremos cubrir si queremos ser profesores de MOOCs con ciertas garantías de salir airosos.

A. La Sustitución del Profesor por el Vídeo o el Paso del Teatro al Cine

Una de las claves de los MOOCs en el entorno docente del aula virtual es el uso del vídeo. Hasta hace poco, no se disponía de infraestructuras adecuadas para su transmisión y almacenamiento, pero hoy en día las autopistas de internet permiten su circulación. Está claro que su uso seguirá vedado durante mucho tiempo en aquellos países con

caminos de tierra o con fronteras cortadas para determinado tráfico o turismo.

El caso es que, si examinamos la nueva representación del MOOC frente a nuestro curso en clase, veremos que el vídeo aparece, no sólo como soporte, sino como interfaz principal entre el alumno y el profesor. De modo que el profesor deja de tener el contacto con el alumno, y éste recibe la mayoría de su formación a través del vídeo.

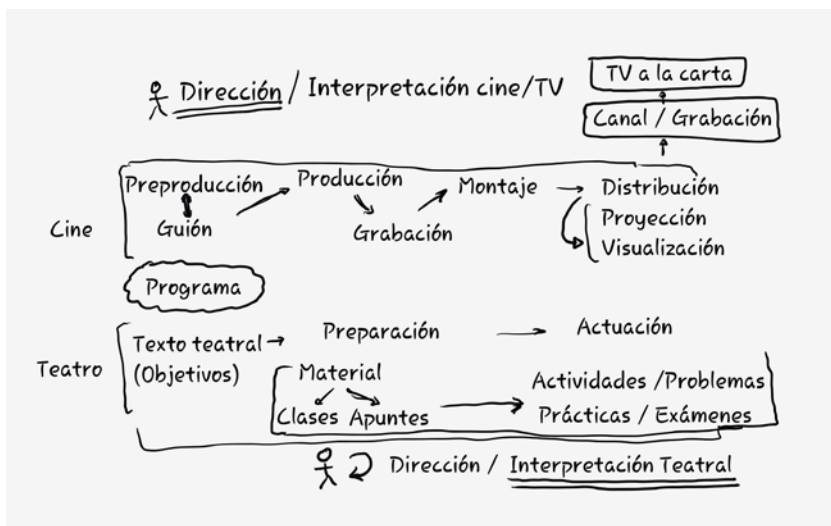
Este distanciamiento físico del profesor respecto al alumno, queda muy bien reflejado si comparamos la clase actual con un teatro, en el que el profesor interactúa directamente con el público (sus alumnos), y la sesión presencial constituye el principal acto de transmisión con el alumno.

Mientras que en un MOOC, podemos considerar al profesor como el realizador de los vídeos que selecciona y presenta en su aula de MOOC, para que miles de alumnos se guíen por ellos para preguntarse, encontrar nuevas metáforas y contestar a las preguntas descubriendo sus propias respuestas.

Es importante considerar que cada par de elementos conectados define una dimensión que podemos comparar en cada caso. Representando estas proyecciones sobre una misma línea, podemos considerar las dimensiones que aparecen en la copia de la Pizarra 7.

De esta forma podemos hablar del número de alumnos, acceso, lugar,... Y, al considerar el concepto de Curso, podemos plantearnos dos aspectos diferentes: su planificación y preparación preliminar y su interpretación. Por lo que debemos considerar el guión, así como su adaptación al medio en el que se representa y la técnica utilizada. Estos conceptos aparecen representados en la copia de la Pizarra 7.

La preparación preliminar suele ser muy rápida en cada clase, pues se suele haber realizado anteriormente, su duración es breve... y el profesor maneja los recursos escénicos necesarios para su interpretación. Un profesor de una clase tradicional presencial suele ser un buen actor



Pizarra 8. Diferencia de actividades entre actor-teatral y director de series de TV a la carta

teatral, que sabe reaccionar anteimprevistos, o dispone de técnicas recitativas o de improvisación que aplica en sus actuaciones.

Sin embargo, en un MOOC, la preparación y planificación del vídeo es esencial y, como veremos, la forma de grabación no tiene nada que ver con la escenificación en clase.

B. De la Representación a la Realización

El trabajo de actor teatral cambia radicalmente cuando pasamos a director cinematográfico. No sólo es nuevo el entorno de trabajo, como ya hemos comentado, sino también el punto de vista de las tareas y las ocupaciones.

En el proceso de dirección de series de TV a la carta son esenciales los procesos de producción, grabación y montaje. Y la actuación en el proceso de grabación es muy diferente de la actuación teatral. Basta examinar la historia de actores teatrales de renombre, que nunca supieron adaptarse al entorno cinematográfico y, viceversa, actores televisivos de fama que apenas disponían de formación escénica.

Pero no sólo nos interesa la realización y dirección, sino que la producción y distribución de nuestra serie es esencial para su éxito en un MOOC.

Ninguna de estas tareas estaba contemplada hasta la fecha entre mis tareas como profesor. Creo que ya podemos adivinar por qué mi asignatura no es un MOOC.

La copia de la Pizarra 8 muestra estas diferencias de tareas del actor-director teatral frente al director-actor de series de TV a la carta.

C. Las Causas de por qué mi Asignatura no es un MOOC

Si examinamos este análisis comparativo entre los dos entornos docentes, observamos claras diferencias en las siguientes dimensiones:

- Infraestructura.
- Espectadores.
- Tiempo, tanto a nivel de sesión como de la obra global.
- Guiones.
- Seguimiento del espectador.
- Efectos.

En el Cuadro 1 se refleja a modo de resumen el conjunto de diferencias para estas dimensiones, entre un curso presencial tradicional y un MOOC basado en vídeos. Donde supondremos para el MOOC la matriculación masiva de usuarios, de forma que no podemos plantearnos el conocerlos personalmente, y que disponemos de la plataforma necesaria para abordar ese orden de magnitud de matriculación en nuestra asignatura.

En cada una de estas dimensiones aparecen claras diferencias, y en algunos casos hasta contrapuestas. Por ejemplo, a nivel de infraestructura, los recintos de representación teatral están acondicionados pensando en el espectador, mientras que para un MOOC los estudios o recintos de actuación del actor se orientan al proceso de grabación (estudios de grabación). Además, en los MOOCs se hace necesaria la participación de “distribuidoras” que soporten el control de acceso masivo de espectadores, con todo lo que ello puede suponer, por ejemplo para mi Universidad, al tener que delegar esos servicios en compañías externas.

A nivel de espectadores, sorprende que en el MOOC no haya alumnos, al menos con el nivel de trato personalizado y directo al que estamos acostumbrados. El profesor debe tratar con perfiles de alumnos en lugar de un alumno concreto, del mismo modo que un director de series de TV piensa en su audiencia.

A nivel de tiempo, obsérvese que en el plano televisivo la duración de las obras puede alcanzar una fragmentación mínima en el formato de videoclip o capítulo, pero también podemos lograr extensas duraciones de tiempo, impensables en una sesión de teatro, mediante la noción de serie o temporada.

Otro fuerte impacto para el profesor es dejar el estrado por la mirada al objetivo de una cámara. Su tiempo de docencia, en contacto directo con el alumno, se transforma en el tiempo de grabación, con tomas entrecortadas y repeticiones de dichas tomas.

Desde el punto de vista del guión se aprecian claras diferencias. En el teatro suele ser más simple, con objetivos definidos, pasos concretos para lograrlo y restringido a las

Dimensión	Actor-director de Teatro (curso clásico)	Director-actor de series de TV a la carta (MOOC)
Infraestructura	No necesita gran infraestructura. Orientada al espectador.	Orientada a la grabación (Estudios de grabación con infraestructura adecuada) Cadenas de distribución (coste de alquiler por ingresos)
Espectadores	Se actúa ante los espectadores	NO hay espectadores (durante el rodaje) NO puedes contactar con ellos (masificación)
Tiempo (de una sesión)	Actuación en una sola secuencia (sesión) Sesión como unidad de presentación Duración de una sesión limitada (15'... 120')	Micro-actuaciones (tomas repetidas) Atemporales (según el plan de grabación) Montaje (paralelo a la grabación) Técnicas de grabación/montaje Duración muy variable (vídeo clip, corto, capítulo, película o superproducción)
Tiempo (de la obra completa)	A veces suele estar autocontenida en una sola sesión Sesiones en el ciclo escolar (curso) programadas y planificadas	Tiempo muy variable, desde el video clip hasta Máximo tiempo (Saga de películas / Series o temporadas de TV) Discontinuidad del espectador (admitimos pérdidas de capítulos)→ Uso de resúmenes y anticipos, (más allá del tráiler) Alta tasa de abandonos, pero numerosas micro-consultas en tiempo indeterminado
Guiones	Guion simple Objetivos claros Procesos para lograrlos Límites del escenario	Guion complejo - Libertad: • Temporal, • Espacial y • Lógica
Seguimiento del espectador	Escasa posibilidad de elección por parte del espectador Sesiones controladas (control de asistencia) [Baja tasa de faltas y abandonos] Adaptación del actor a las reacciones del público	Alta capacidad de elección del espectador (TV o vídeo a la carta) [Alta tasa de faltas y abandonos] Difícil adaptación de la obra ante necesidades de los espectadores [En un futuro bifurcaciones ante patrones de comportamiento o historias guiadas por el espectador]
Efectos	Trucos teatrales limitados	Extenso repertorio de trucos de grabación y edición (imagen y audio)

Cuadro 1. Diferencias entre un curso presencial clásico (actor teatral) y un MOOC (director de serie de TV a la carta)

limitaciones del espacio teatral. En el cine, en cambio, los guiones son complejos y permiten una libertad argumental, tanto a nivel lógico, espacial o temporal.

Mientras que la complejidad del guión en el teatro está limitada por la extensión de la obra, en los vídeos podemos jugar con varias temporadas de una serie, pudiendo abordar complejas tramas y extensos elencos de protagonistas.

En cuanto a la elección del espectador, es claro que una obra teatral consigue un espectador concreto y fiel, cuya presencia física condiciona su posible deseo de abandonar el teatro. En cambio, en un entorno de vídeos a la carta, el espectador es de naturaleza voluble, con alta posibilidad de elección y por tanto de deserción.

La adaptación al espectador puede conseguirla el actor teatral aprovechando su contacto directo durante la representación, mientras que el vídeo no puede contar con la reacción del espectador. Sin embargo, los guiones de una serie a menudo suelen escribirse contando con la reacción del público en capítulos anteriores basándose en encuestas de audiencia y opinión. Una línea futura de los vídeos a la carta es la adaptación a las reacciones del espectador, e incluso conseguir que el espectador genere sus propias historias seleccionando la trama argumental que desee.

Finalmente, la dimensión de los efectos usados en cada entorno es crucial a la hora de comparar el cine y el teatro.

Mientras que el teatro suele contar con un repertorio de efectos limitados, en el cine juegan un papel esencial los efectos de grabación y de edición tanto a nivel de audio como de imagen. El cine permite, no sólo captar el mundo real, sino hacer real mundos imaginarios.

De este modo, el Cuadro 1 es sólo un punto de partida, que el lector puede modificar o extender a su gusto para reflexionar sobre la forma en que abordaría un MOOC basado en vídeos partiendo de su experiencia en la clase tradicional.

VI. CONCLUSIONES

Este trabajo es una reflexión sobre el proceso de enseñanza tradicional frente a la enseñanza mediante MOOCs basados en vídeos. Se han analizado y comparado ambos entornos educativos basándonos en la mayéutica y la metáfora. Para ello se han planteado un conjunto de preguntas y se ha propuesto una metáfora comparativa consistente en interpretar a un profesor clásico como un actor teatral y al profesor de un MOOC basado en vídeos como un director y realizador de series de TV a la carta.

De su análisis se concluye la necesidad de prepararnos en la dirección de vídeos si deseamos impartir clases en un MOOC, pues el vídeo constituye el artefacto de conexión

natural entre el profesor y el alumno en este tipo de entornos docentes.

También se necesita disponer de una infraestructura suficiente y de habilidades de difusión y publicación de recursos en la web.

Las dimensiones exploradas de forma detallada en el Cuadro 1, nos conducen a una autorreflexión en la que reconocemos en qué debemos esforzarnos para enfrentarnos al MOOC aquellos que procedemos del teatro. La conclusión que de ese cuadro sacamos es que estamos ante dos formas diferentes de ver el mundo, o lo que es lo mismo, de realizar el proceso educativo:

La educación es como el teatro... una fábrica de sueños.
El cine son sueños... hechos realidad.

Para que el cine no se limite a ser un reproductor de la realidad necesitamos imaginar nuevos mundos, necesitamos previamente la química del teatro. El reto es aprovechar ambas visiones en educación.

Sería deseable no estar solo y poder compartir experiencias o planear cursos MOOC en los que participen varios profesores. El objetivo sería formar equipos con especialistas en el diseño pedagógico y técnico, así como en la dinamización del curso.

De este modo, el algoritmo en la copia de la Pizarra 2 de la que partimos llega, o bien a un punto de bucle o bien de bifurcación a una posible salida al plantearnos la cuestión *¿intento construir mi primer MOOC?* Seguro que no es nada fácil convertir mi curso en un MOOC, eso será otra historia. Pero previamente debemos decidir por dónde continuamos en ese penúltimo punto de nuestro algoritmo: ¿probamos suerte en el cine o preferimos seguir en el teatro?

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado con fondos FEDER de la Unión Europea y Junta de Extremadura (Secretaría General de Ciencia, Tecnología e Innovación).

REFERENCIAS

- [1] NafezDakkad. What are MOOCs, and how can you benefit from them? mayo 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.wamda.com/2013/05/what-are-moocs-what-mean-for-middle-east/>. [Accedido: 22-nov-2016]
- [2] L. Pappano. The year of the MOOC: Massive Open Online Courses Are Multiplying at a Rapid Pace. En *The New York Times*, noviembre 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.nytimes.com/2012/11/04/education/edlife/massive-open-online-courses-are-multiplying-at-a-rapid-pace.html> [Accedido: 22-nov-2016].
- [3] Open Education Scoreboard. [En línea]. Disponible en: http://www.openeducationeuropa.eu/es/european_scoreboard_moocs. [Accedido: 12-may-2016]
- [4] Francisco Maciá Pérez, José Vicente Berná Martínez y otros. Estrategia MOOC en la Universidad de Alicante para la Educación Digital del Futuro. UA|edf. En *Actas de las XX JENUI*, pp. 91-98. Oviedo, julio 2014.
- [5] A. Marzal Varó. Próxima Estación: MOOC. En *ReVisión (Revista de AENUI)*, vol. 7, n.1, marzo 2014.
- [6] P. Compeau y P. A. Pevzner. Life After MOOCs. En *Communications of ACM*, vol. 58, n. 10, pp. 41-44, septiembre 2015.
- [7] M. Tucker. The Rise of the MOOCs, Education Week - Top Performers. [En línea]. Disponible en: http://blogs.edweek.org/edweek/top_performers/2012/07/the_rise_of_the_moocs.html?cmp=SOC-SHR-FB. [Accedido: 22-nov-2016].
- [8] Jeff Dunn. The Evolution of Classroom Technology. abril 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.edudemic.com/classroom-technology/>. [Accedido: 22-nov-2016].



Antonio Polo Márquez (Cáceres, 1961) es Licenciado en Ciencias Matemáticas (Universidad de Extremadura, 1984) y Doctor en Informática (Universidad Politécnica de Madrid, 1996).

Desde 1984 es profesor en el Departamento de Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos de la Universidad de Extremadura (UEX), donde es profesor Titular de Universidad desde 2002.

Es miembro del grupo de investigación GIMde la UEX (<https://gim.unex.es/>).

Su formación y labor investigadora se ha basado en Procesadores de Lenguajes y en Bases de Datos. Actualmente imparte asignaturas de introducción a la informática en diferentes grados y másteres de la UEX (Grado y Máster de Informática en la Escuela Politécnica, Grado de Administración y Gestión Pública en la Facultad de Derecho y en el Máster de Formación del Profesorado en Enseñanza Secundaria en la Escuela de Formación del Profesorado).

Apasionado de la docencia, su trabajo actual se centra en Innovación Educativa y en las Humanidades Digitales, colaborando con el Laboratorio de Edición Digital de la UEX. Es miembro de AENUI.

Capítulo 5

Aplicación del Marco de Fundamentación del Project Management Institute (PMI) Asignaturas de Proyectos de Máquinas y Equipos.

Carlos M. Echeverri, Msc¹, Jorge E. Montoya, Bsc², Andres F. Alzate, Bsc³

Title—Application of the project management institute(PMI) framework for Project Courses of Machinery and Equipment.

Abstract—Colombian manufacturing industry needs a structured guide, in which engineering design is constantly interrelating with management theory throughout the life cycle of manufacturing equipment, ensuring the projects of manufacturing getting finished with high reliability from the conception of the idea to the manufacture of the respective machine, meeting the functional requirements within schedule, budget and scope. The foundation framework used to develop such projects at the academic level is presented, detailing the activities and main tools. A case of successful development of a conveyor belt is described, with the purpose to demonstrate new findings from the experience gained with this kind of implementations. This in return will be reflected in the trained engineers that will enable them in manufacturing advanced processes and also achieving the industry awareness about this issue.

Keywords— Projects in Engineering, Project Management Institute, Machinery and equipment projects, Engineering education.

Abstract— La industria manufacturera colombiana necesita de una guía estructurada, en la que el diseño en ingeniería se interrelacione constantemente con la teoría administrativa a través de todo el ciclo de vida de fabricación de equipos, garantizando que un proyecto de manufactura termine con una alta confiabilidad desde la concepción de la idea hasta la fabricación de la respectiva máquina, cumpliendo con los requisitos funcionales que se encuentran dentro del cronograma, el presupuesto y el alcance pactado. Se presenta el marco de fundamentación utilizado para el desarrollo de este tipo de proyectos a nivel académico, detallando las actividades y herramientas principales. Se describe un caso de éxito en el desarrollo de una banda transportadora, teniendo como propósito evidenciar nuevos

hallazgos a partir de la experiencia obtenida con esta clase de implementaciones, que en el futuro se verán reflejadas en los ingenieros formados en el desarrollo avanzado de los procesos de manufactura, logrando así una sensibilización de la industria por este tema.

Palabras clave—Proyectos de ingeniería, Project Management Institute, Proyectosde Máquinas y Equipos, Educación en ingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

A. Enfoque de la Asignatura Proyecto de elementos de Máquinas y Equipos

El Departamento de Ingeniería de Producción, de la Universidad EAFIT, cuenta con el área de estudios en manufactura, en la cual los estudiantes deben afrontar problemas prácticos para la fabricación de diferentes productos con requerimientos distintos. Durante el desarrollo de dichos proyectos y a través de las diferentes asignaturas del área en las cuales se hace énfasis en los diferentes procesos de manufactura [1], sistemas de manufactura [2]y herramientas de producción. La última asignatura del área de manufactura retoma todos los conocimientos previos adquiridos por el estudiante a lo largo de la carrera y se enfoca en la realización de una máquina desde una perspectiva más amplia, comprendiendo la importancia de las variables de un proyecto en el entorno global de las máquinas y herramientas, los sistemas de producción, conociendo los principales tipos de máquinas en nuestro entorno. La fabricación de esta máquina parte desde la identificación de las necesidades hasta la construcción de dicha máquina, lista para su operación.

B. Proyectos de Manufactura en Colombia

Actualmente, la industria manufacturera colombiana no cuenta con una metodología en la que el diseño en ingeniería se interrelacione constantemente con la teoría administrativa a través de todo el ciclo de vida de fabricación de equipos y que garantice que, un proyecto de manufactura desde la concepción de la idea hasta la fabricación de la respectiva máquina termine con una alta confiabilidad, cumpliendo con los requisitos funcionales dentro del cronograma, presupuesto y alcance pactado. Por este motivo se propone la utilización de esta estrategia en

Este trabajo fue presentado originalmente al XIV LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology (LACCEI 2016).

¹Carlos M. Echeverri. Docente-investigador. Universidad EAFIT (Colombia). Mail: cechever@eafit.edu.co.

²Jorge E. Montoya. Investigador, Universidad EAFIT (Colombia). Mail: jmonto73@gmail.com.

³Andrés F. Alzate. Investigador, Universidad EAFIT (Colombia). Mail: aalzat16@eafit.edu.co.

los cursos de proyecto, con el fin de apropiar a los estudiantes de Ingeniería con dichas tecnologías para que posteriormente estén en capacidad de proponer estrategias similares en el medio industrial colombiano una vez insertados en el sector laboral [3].

Ahora, este tipo de proyectos por sus condiciones requieren de una minuciosa y correcta gestión, es aquí donde la gestión de proyectos de diseño y fabricación de máquinas se basa en la metodología de PMI [4], que pretende desarrollar un método estructurado, acompañando todas las fases del proyecto desde el levantamiento de requisitos hasta su puesta en producción, garantizando así, la generación de valor de manera sostenible por parte de la industria, trazabilidad durante el proceso de diseño-fabricación e integración.

Así pues, la definición de proyectos de manufactura planeado y ejecutado bajo la metodología de gestión de proyectos del PMI, surge como una propuesta de solución que busca garantizar el éxito de estos esfuerzos, minimizando el riesgo de sobrecostos y finalización del proyecto después del cronograma pactado.

C. Marco de Fundamentación Project Management Institute (PMI)

La gestión por proyectos se ha convertido en una poderosa manera de integrar las funciones de las organizaciones y motivar a los grupos para alcanzar mayores niveles de rendimiento y productividad [5]. El PMI define la dirección de proyectos como “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”, Brill la define como “el conocimiento, herramientas y técnicas para el control de requerimientos, configuración de un horario y alcance realista, definición de responsabilidades y gestión de expectativas” [6]. Del mismo modo Ibert plantea que una dirección de proyectos sistemática consiste en métodos, herramientas y módulos. Esto se puede ver como la aplicación secuencial de procesos estructurados para el propósito de la institucionalización de prácticas estandarizadas. Utilizando un enfoque bien estructurado y bien implementado las capacidades pueden ser almacenadas y transferidas con el tiempo, espacio y contexto. Además, la dirección de proyectos puede hacer que las organizaciones sean menos vulnerables a la pérdida de conocimiento táctico almacenada en memorias individuales [7].

Del mismo modo el PMI define proyecto como “el esfuerzo que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” [4], también puede ser visto como un vehículo para poner en práctica la inversión de capital en un nuevo o un mejorado activo [8].

Existen varios enfoques sobre el ciclo de vida del proyecto en la literatura, por ejemplo, control orientado al modelo, calidad orientada al modelo, riesgo orientado al modelo, así como de algunos ciclos de vida de proyectos específicos de la empresa [9]. El número de fases dentro de cada uno de estos enfoques difiere, así como los nombres utilizados para describir las fases. Debido a la naturaleza compleja y diversidad del proyecto, industrias o empresas, incluso dentro de un mismo sector de la industria, no puede llegar a un acuerdo acerca de las fases del ciclo de vida de un proyecto [10].

El PMI define el ciclo de vida de un proyecto como la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su

inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales y sus nombres y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Las fases se pueden dividir por objetivos funcionales o parciales, resultados o entregables intermedios, hitos específicos dentro del alcance global del trabajo o disponibilidad financiera [4].

Los procesos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos pueden configurarse dentro de la estructura genérica de ciclo de vida (ver figura 1):

- Inicio del proyecto,
- Organización y preparación,
- Ejecución del trabajo y
- Cierre del proyecto.

El PMI define proceso como un conjunto de acciones y actividades relacionadas entre sí, que se realizan para crear un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen. Los procesos de la dirección de proyectos aseguran que el proyecto avanza de manera eficaz a lo largo de su ciclo de vida. Estos procesos incluyen las herramientas y técnicas involucradas en la aplicación de las habilidades y capacidades de las respectivas áreas del conocimiento [4].

Un Área de Conocimiento representa un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización. Según el PMBOK existen diez áreas de conocimiento que son: Gestión de la Integración del Proyecto, Gestión del Alcance del Proyecto, Gestión del Tiempo del Proyecto, Gestión de los Costos del Proyecto, Gestión de la Calidad del Proyecto, Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto, Gestión de las Comunicaciones del Proyecto, Gestión de los Riesgos del Proyecto, Gestión de las Adquisiciones del Proyecto y Gestión de los Interesados del Proyecto [4].

La figura 2 ilustra las diferentes herramientas utilizadas en la implementación del marco de la dirección de proyectos, de esta manera se ilustra un proyecto considerablemente estandarizado, para así disminuir su variabilidad.



Fig. 1 Niveles típicos de costo y dotación personal en una estructura genérica de ciclo de vida del proyecto (tomado del PMBOK).



Fig. 2 Herramientas del marco de la dirección de proyectos.

II. CASO DE ESTUDIO: BANDA TRANSPORTADORA

Se presenta caso exitoso del proceso de fabricación de una banda transportadora para el transporte y análisis de procesos de producción en las instalaciones de la Universidad EAFIT. EL motor de 12V 1.3A, la fuente 24V y diferentes componentes pertenecientes al circuito eléctrico fueron suministrados por la Universidad.

A. Proceso de Inicio

El grupo de estudiantes que participaron en la fabricación de la banda transportadora estudiaron las necesidades de realizar una representación didáctica de un sistema de bandas transportadoras utilizadas en una planta de producción "X". Dentro de los requisitos del proyecto más significativos previamente establecidos fueron: soportar una capacidad mínima para transportar de 2Kg en sentido longitudinal con una dimensión de 1000mm y 200mm de ancho, la altura de la banda se deberá encontrar entre 1500mm y 1515mm, a su vez la banda debe permitir el transporte de carga en ambas direcciones.

De esta manera se redactó el acta del proyecto que tenía como alcance: Lograr la construcción de una máquina con los materiales idóneos y con la posibilidad de movimiento en los ejes X, Y. La máquina será una banda transportadora funcional de 100x20cm con la intención de transportar objetos con un peso aproximado de 2Kg. Con esta máquina se pretende una vez fabricada colocarla a disposición de los estudiantes de Ingeniería de Producción en un laboratorio de simulación de planta.

También se estableció un periodo de realización del proyecto de 16 semanas, en las que al finalizar estas, los estudiantes deberían entregar toda la documentación referente al trabajo tales como, acta del proyecto, EDT del proyecto, diagrama de Gantt, planes de administración, adquisiciones, mitigación y contingencia, planos, cartas de proceso y manuales de seguridad, uso, ensamble de máquina y circuito eléctrico y bitácora del proyecto, todo esto a través de la herramienta tecnológica de la universidad (EAFIT Interactiva) la que permitió gestionar los entregables en las fechas pactadas.

A. Proceso de Planeación

El primer paso en el proceso de planeación consistió en planificar la gestión del alcance a través de la recopilación de requisitos funcionales, no funcionales y técnicos. Posteriormente, se definió el alcance,

desarrollando una descripción detallada del proyecto y del producto, especificando los límites del producto mediante la explicación de los requisitos recopilados que fueron incluidos y los que fueron excluidos en el alcance del proyecto.

Seguidamente se creó la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), subdividiendo los entregables del proyecto en componentes más pequeños, proporcionando una visión estructurada de lo que se debía entregar. De esta manera se definieron las actividades necesarias para realizar cada uno de los entregables y se continuó secuenciando las actividades.

De esta forma se procedió al diseño de la máquina, realizando sus respectivas pruebas de resistencia y mecanizado a través de la herramienta tecnológica Solidworks, posteriormente se procedió a estimar los recursos, la duración y desarrollar el cronograma, dando como resultado el diagrama de Gantt (ver figura 3) a través del software Microsoft Project.

B. Proceso de Ejecución

Con el plan de adquisiciones, que busca obtener los proveedores de mejor calidad y precio, ubicados estratégicamente en un lugar cercano al centro de trabajo y los materiales suministrados por la universidad, se procedió a la fabricación y ensamble de la banda iniciando con la realización de los planos de taller, los cuales contienen la información de mecanizado [11].

Luego se procedió al mecanizado de las piezas, la mayoría de estas fueron mecanizadas en los laboratorios de manufactura de la universidad para realizar así el ensamble estructural de la banda con el componente electrónico.

En la Figuras 5, 6 y 7 se observa el proceso de fabricación de la banda transportadora, las piezas fabricadas en los laboratorios, el proceso de ensamble y el acabado final de la banda transportadora.

C. Proceso de Monitoreo y Control

La ruta crítica es la secuencia de actividades que representa el camino más largo a través de un proyecto y

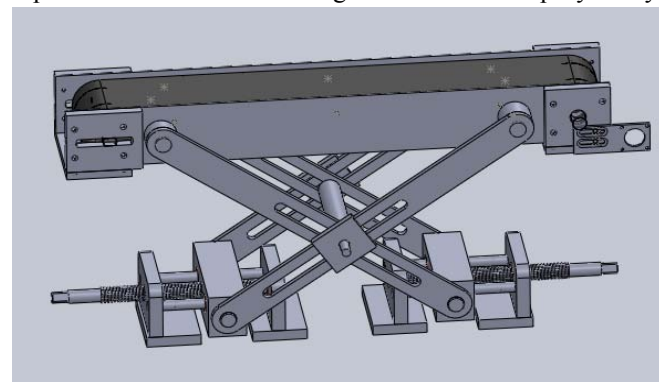


Fig. 3 Modelación 3D en Solidworks.

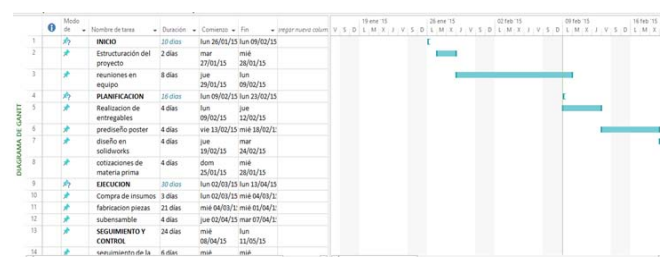


Fig. 4 Diagrama de Gantt.



Fig. 5 Proceso de Fabricación de la Banda Transportadora (1/3).



Fig. 6 Proceso de Fabricación de la Banda Transportadora (2/3).



Fig. 7 Proceso de Fabricación de la Banda Transportadora (3/3).

determina la menor duración posible del mismo [12], así se garantizó que esta secuencia de actividades se fuera realizadas dentro del cronograma pactado para evitar retrasos y reproceso.

Adicionalmente los estudiantes continuaron con el procedimiento de monitoreo y control a través de diferentes pruebas. Para la banda se ejecutaron pruebas técnicas dimensionales, de desplazamiento, inclinación, carga mecánica, estabilidad y velocidad.

D. Proceso de Cierre

Finalmente, todas las bandas fabricadas fueron expuestas ante la comunidad universitaria y el público en general como se había planeado inicialmente (Figura 8 y 9). También se hizo entrega por parte de los estudiantes de los diferentes manuales para la correcta utilización de la máquina, como son el manual de uso (encendido-apagado, puesta en marcha, configuración del software Match 3), manual de ensamble de la máquina y manual de ensamble del circuito eléctrico y la bitácora del proyecto, permitiendo

así documentación para futuros nuevos proyectos de este tipo. Finalmente se realizó el acta de cierre con la que se dio por concluido el proyecto.



Fig. 8 Exposición al Público (1/2).



Fig. 9 Exposición al Público (2/2).

III. CONCLUSIONES

Con la fabricación de máquinas bajo el marco de fundamentación propuesto por el PMI, se pusieron en práctica conocimientos adquiridos durante la materia Proyecto de Elementos de Máquinas y Equipos y durante la carrera de Ingeniería de producción en general, como fundamentos de diseño mecánico, materiales, procesos de manufactura y automatización y circuitos.

La guía propuesta para este tipo de proyectos ha sido eficaz para guiar a los estudiantes a través de una exitosa gestión de fabricación de máquinas, fabricando una banda transportadora funcional logrando los objetivos previamente establecidos.

Se realizó una correcta fabricación de la banda transportadora, la cual cumplió con todos los requisitos funcionales y no funcionales establecidos desde el inicio del proyecto; alcanzando los objetivos estratégicos del proyecto dentro del alcance, tiempo y presupuesto designados.

Por lo tanto, la dirección futura podría ser un plan de investigación utilizando un software que permita un enfoque integrado, basado en la información integrado por las personas, los procesos/prácticas, y la tecnología en todos los aspectos de la vida del producto, desde su diseño hasta la fabricación, distribución y mantenimiento. Que culmina con la remoción del producto del servicio y disposición final. Para la transferencia de la información del producto acerca de la pérdida de tiempo, energía y material a través de todos los involucrados del proyecto desde los proveedores hasta el usuario. Este proyecto podría ser la

base para una línea importante de investigación futura en la gestión de proyectos que cumplan el alcance previamente pactado dentro del cronograma y los costos previstos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad EAFIT y a los estudiantes participantes de la escuela de ingeniería por haber tenido una participación activa durante la investigación y despliegue del método.

REFERENCIAS

- [1] H. Tschaetsch, *Metal Forming Practise*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg
- [2] C. T. Papadopoulos, M. J. Vidalis, M.E. O'Kelly, and D& Spinellis, "Manufacturing Systems Types and Modeling," *Analysis and Design of Discrete Part Production Lines*, vol 31, pp 1-23, Mayo 2009.
- [3] R. Mejía Gutiérrez and G. Osorio Gómez, "Complejidad, Sostenibilidad y Tecnología: Un enfoque integrador para el desarrollo de proyectos académicos en ingeniería de diseño," Agosto 2001 [9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology].
- [4] Project Management Institute. *Guía de los Fundamentos Para La Dirección de Proyectos*. Newtown Square, E.UU, 2013.
- [5] G. Fernandes, S. Ward, and M. Araújo, Improving and embedding project management practice in organisations - A qualitative study. *International Journal of Project Management*, vol. 33, pp. 1052-1067, 2015.
- [6] J.M. Brill, M.J. Bishop, and A.E. Walker, The Competencies and Characteristics Required of an Effective Project Manager: A Web-Based Delphi Study. *Educational Technology Research and Development*, vol.54, pp.115-140, 2006.
- [7] O. Ibert, Projects and firms as discordant complements: organisational learning in the Munich software ecology. *Research Policy*, vol.33, pp. 1529-1546, 2004.
- [8] C. Labuschagne, and A.C. Brent, Sustainable Project Life Cycle Management: the need to integrate life cycles in the manufacturing sector. *International Journal of Project Management*, vol. 23, no. 2, pp. 159-168. Febrero 2005.
- [9] P. Bonnal, D. Gourc, and G. Lacoste, The life cycle of technical projects. *Project Management Journal*, pp. 12-19, 2002.

- [10] H.R. Kerzner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New York, 2001.
- [11] C.F. You and S.S. Yang, Automatic feature recognition from engineering drawings. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.14, pp. 495-507, Julio 1998.
- [12] T.G. Lechler, B. Ronen, and E.A. Stohr, Critical Chain: A New Project Management Paradigm or Old Wine in New Bottles? *Engineering Management Journal*, pp. 45-58, 2005.



Carlos M. Echeverri es profesor tiempo completo del Departamento de Ingeniería de Producción e Investigador asociado del grupo de tecnologías para la producción en la universidad EAFIT. Actualmente se desempeña en proyectos en la industria colombiana de mejora continua y aplicación de herramientas seis sigma, además es profesor tutor de proyectos para el programa de posgrado de maestría en ingeniería.



Jorge E. Montoya es Ingeniero de producción y candidato a maestro en ingeniería de la Universidad EAFIT. Al presente desempeña su investigación en temas de gestión de proyectos en ingeniería, innovación y despliegue de tecnologías para el soporte y administración del ciclo de vida de productos y sistemas de información (PLM/ALM). Su proyecto más reciente se encuentra en la transformación tecnológica del sistema core bancario de una organización con presencia en 10 países de

América latina.



Andres F. Alzatees Ingeniero de producción de la Universidad EAFIT. Actualmente se desempeña como coordinador del grupo de estudio en manufactura avanzada y enfoca sus investigaciones en temas relativos a la gestión de proyectos, gestión por procesos y a la administración a través del ciclo de vida del producto (PLM).

Página en Blanco

Capítulo 6

Uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como Herramienta de Aprendizaje Aplicado en el Proceso de Integración Universidad-Comunidad

Ma. Fernanda Calderón, Eduardo I. Álava, Agni L. Lombeida, Natalia P. Rebutti, Jaime A. Palomino, Eder W. Cepeda, Alfonso A. Naranjo y Diego F. Guevara

Title—Geographic Information Systems (GIS) as applied learning tool in the Community-University integration process.

Abstract—The University-Community integration process is an essential part in developing students skills, allowing them to apply methodologies and techniques learned during their academic training. This paper aims to showcase the use of GIS as a tool for applied learning process and the evaluation of disciplinary learning results by students. The results include mapping of farmers' fields, a socio-economic analysis of the farmers and the students' development learning outcomes. This project allowed students to consolidate knowledge obtained in GIS in the classroom, and at the same time to integrate knowledge acquired throughout their academic curriculum.

Keywords—GIS, learning outcomes

Abstract—El proceso de integración Universidad-Comunidad es parte fundamental en el desarrollo de las habilidades y destrezas de los estudiantes, permitiéndoles poner en práctica las metodologías y técnicas interiorizadas durante la formación académica. El presente documento tiene como finalidad evidenciar el uso de los SIG como herramienta de aprendizaje aplicado y la evaluación de los resultados de aprendizaje disciplinares. Se obtuvo, la cartografía de los predios de los agricultores, análisis socioeconómico de los agricultores y se determinó el nivel de desarrollo en que se encuentran los estudiantes, respecto a los resultados de aprendizajes evaluados. El proyecto permitió a los estudiantes afianzar los conocimientos obtenidos en el ámbito de las

asignaturas involucradas, y al mismo tiempo integrar conocimientos adquiridos a lo largo del curriculum académico.

Keywords—SIG, resultados de aprendizaje

I. INTRODUCCIÓN

El proceso de integración Universidad-Comunidad es parte fundamental en el desarrollo de las habilidades y destrezas de los estudiantes puesto que les permite poner en práctica las metodologías y técnicas interiorizadas durante la formación académica. Al mismo tiempo, permite evaluar los Resultados de Aprendizaje Disciplinares (RAD) de una carrera. Para esto, los proyectos de vinculación con la sociedad coadyuvan este proceso en vista que se los plantea como respuesta a una necesidad identificada en el área de influencia. En este sentido, el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituye una herramienta tecnológica útil para la recolección, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos georeferenciados [6]. Así los datos recolectados en campo en conjunto con el GIS proporcionan información estructurada y organizada, y disponible para los miembros de la comunidad en general.

Bajo este antecedente la carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica (IAB) de la ESPOL cuenta con un *Programa piloto de Fortalecimiento de las capacidades sociales, económicas, técnicas agrícolas y pecuarias, para la reducción de la vulnerabilidad característica de las Zonas de Planificación 5 y 8*. Dentro de este contexto, uno de los proyectos que forman parte del programa es: *Localización, levantamiento de información en campo e implementación del SIG en el área de influencia del Programa*, el cual se está ejecutando en colaboración con la Asociación de agricultores arroceros *Dios con Nosotros* del cantón Santa Lucía, provincia del Guayas y con la participación de seis estudiantes de la carrera.

Partiendo de esta base, la carrera, tiene cuatro ejes de formación profesional entre los cuales se encuentra el eje de *Tecnología Aplicada e Innovación* de la carrera, el mismo que aporta transversalmente a la formación del estudiante, así como a una agricultura sostenible.

Este trabajo se presentó originalmente en: 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering Innovations for Global Sustainability", (LACCEI 2016).

Maria Fernanda Calderón y Eduardo I. Alava son profesores de la Facultad de Ciencias de la Vida, adjuntos a la carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil- Ecuador; email: mafercal@espol.edu.ec, eialava@espol.edu.ec.

Lombeida, Natalia P. Rebutti, Jaime A. Palomino, Eder W. Cepeda, Alfonso A. Naranjo y Diego F. Guevara son estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, que colaboraron durante el proyecto "Localización, levantamiento de información en campo e implementación del SIG en la organización Dios con nosotros"; email: alombeid@espol.edu.ec, nrebutti@espol.edu.ec, japalomi@espol.edu.ec, ecepeda@espol.edu.ec, aanaranj@espol.edu.ec, faguevar@espol.edu.ec.

En lo que se refiere a las habilidades y destrezas desarrolladas por los estudiantes dentro del ámbito académico, estas se traducen en RAD que son enunciados, sobre lo que se espera que el estudiante sea capaz de hacer y comprender una vez terminado un proceso de aprendizaje[1]. Los cuales tienen la finalidad de establecer lo que se desea alcanzar en el ámbito profesional y de las competencias asociadas a la misma de parte de los estudiantes.

Por lo antes expuesto, el presente documento tiene como finalidad evidenciar el uso de los SIG como herramienta de aprendizaje aplicado en el proceso de integración Universidad-Comunidad, mediante la implementación de un SIG en la organización *Dios con Nosotros* y la evaluación de los RAD de la carrera.

II. METODOLOGÍA

Área de Estudio

El área de estudio se encuentra dentro del cantón Santa Lucía, provincia del Guayas (Fig. 1) a 6 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 25° a 26° C y precipitaciones que oscilan entre 1000 y 1400 mm anuales. Entre las características hidrográficas de la zona, el río de mayor importancia es el Daule, con su afluente el río Perdido [3]. El cantón Santa Lucía posee una superficie total de 36.240,11 hectáreas cubierto en su mayoría por cultivos de arroz lo que representa aproximadamente la mitad del territorio del cantón con 19.684,11 hectáreas; el segundo en importancia es la vegetación natural conformado por: pasto natural, vegetación arbórea y matorral seco que cubren una extensión total de 13.663,01 hectáreas, las cuales son utilizadas principalmente para el pastoreo del ganado durante la estación lluviosa, además se dan también, otros cultivos como cacao, teca, mango, banano, maíz con 1.140,06 hectáreas [3].

En específico con la Asociación de agricultores arroceros *Dios con Nosotros* ubicada en el recinto Paipallales, dicha organización fue conformada jurídicamente en el año 2000 y forma parte a su vez de la

Unión de Organizaciones Sociales del cantón Santa Lucía (UNOSCAL).

Para el análisis del documento se estructuró en base a los dos componentes establecidos en los objetivos.

A. Componente Implementación de un SIG.

Para este componente se impone el requisito a los estudiantes de haber aprobado las asignaturas de Sistemas de Información Geográfica y Agricultura de Precisión. Aquí se espera que los estudiantes sean capaces de articular las cuatro fases descritas en la Fig. 2.

La primera comprendió la *recolección y análisis de información cartográfica existente*, como por ejemplo, límites administrativos, cobertura y uso de la tierra entre otros, consultados en la página web del Sistema Nacional de Información (SNI) que es una fuente gratuita gubernamental de datos SIG, los mismos que fueron depurados para obtener la información del área pertinente del estudio a realizar.

En segunda instancia, se realizó el *levantamiento y análisis de la información de campo*, para esto se determinó las variables a levantar manteniendo particular interés en registrar información como datos del agricultor, predio, ubicación geográfica y límites administrativos de pertenencia, así como también información socioeconómica. Adicionalmente, se procedió con el diseño y elaboración de encuestas estructuradas, para continuar con el levantamiento en campo de las variables identificadas y la georeferenciación de los predios agrícolas mediante el uso de GPS, en colaboración de los productores asociados.

La información recolectada en campo, fue posteriormente tabulada e importada a una *plataforma SIG* mediante el uso de programas de código abierto como por ejemplo gvSIG, QGIS y Google Earth, justificando su uso en la normalización de estos como herramienta de uso común en los últimos años, los mismos que pueden ser equiparables a los SIG con licencia y a la apuesta de extender el acceso a la información[7]. Finalmente se procedió a la *representación de los predios agrícolas* de los socios mediante mapas temáticos necesarios para la gestión y análisis de la información geográfica anexa a los asociados.

B. Componente Evaluación de los RAD

Los RAD de la carrera están basados en las actitudes del SER, SABER y SABER HACER. Los mismos que se evaluaron mediante el uso de rúbricas, como instrumento que permite realizar un perfil de fortalezas y debilidades de los estudiantes a fin de mejorar el proceso de enseñanza

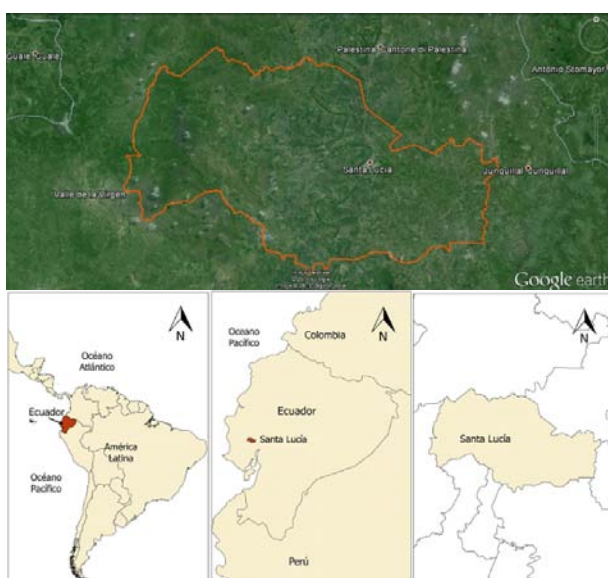


Fig. 1 Cantón Santa Lucía.

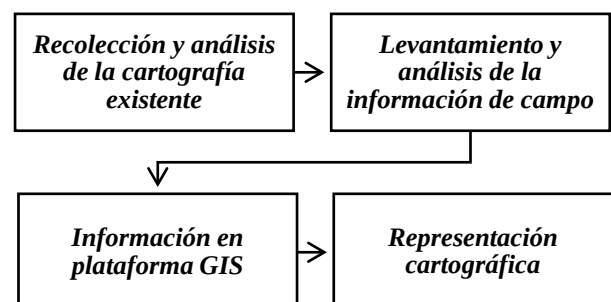


Fig. 2 Fases del componente de implementación de un SIG.

dando mucha importancia tanto a los contenidos de las asignaturas como a las habilidades desarrolladas por los estudiantes[8]. En este sentido, se evaluarán dos RAD de aprendizaje de los 13 que presenta la carrera, considerando el nivel alcanzado por los estudiantes, definidos como inicial, en desarrollo, desarrollado y excelencia.

1) Habilidad para diseñar componentes, procesos y sistemas, viables y sostenibles, en el ámbito técnico, ambiental, económico, social, ético y moral. Para lo cual se consideran los siguientes criterios de desempeño (Fig.3):

2) Habilidad para aplicar destrezas, herramientas y técnicas necesarias en la práctica de la ingeniería aplicada a la agricultura. Dentro del cual se considerarán los siguientes criterios descritos en la Fig. 4.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Componente Implementación de un SIG

Las categorías dentro de las cuales fueron agrupadas las variables que se identificaron y levantaron a nivel de campo se basaron en los formularios descritos por el INEC[5]:

- Información personal
- Características económicas
- Uso y tenencia de la tierra
- Otro tipo de producción

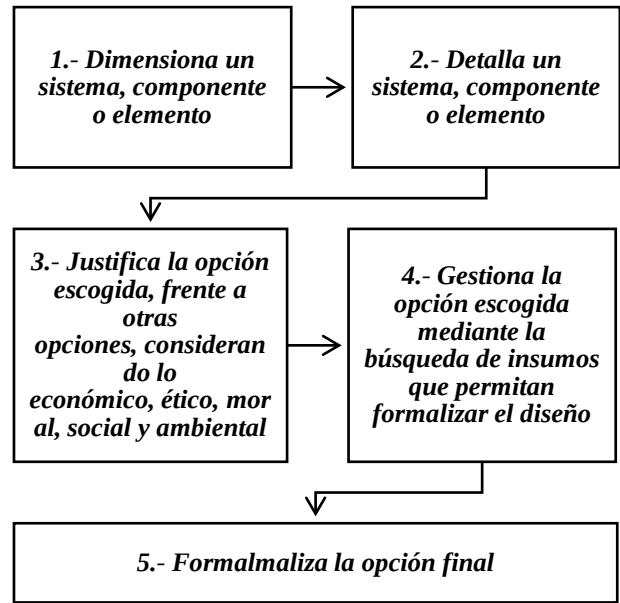


Fig. 3 Criterios de desempeño considerados en el RAD uno.

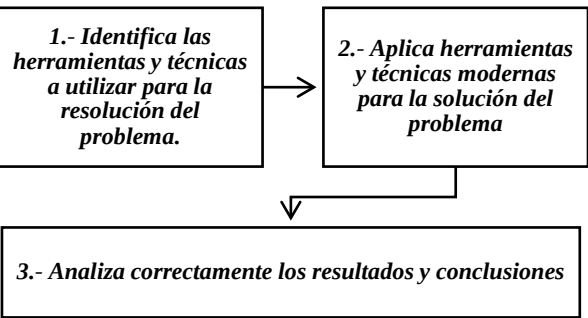


Fig. 4 Criterios de desempeño considerados en el RAD dos.

Se realizaron las encuestas de campo y georeferenciación de los predios de 23 socios de los cuales tres poseían dos predios cada uno y dos socios mantenían relación familiar, lo que resultó en una planimetría de 26 predios agrícolas (puntos amarillos Fig. 5) distribuidos en su mayoría en los sectores populares y zonas rurales del cantón Santa Lucía. Además, las unidades productivas se caracterizaron por tener una extensión menor a 4has, lo que evidenció que las familias rurales sobreviven en unidades de producción menores a 2 has como descrito en[4]. Al mismo tiempo estos datos concuerdan con [2], donde se define como pequeña propiedad a extensiones de terreno menores a 5 has.

Otro aspecto que se consideró al momento de levantar la información fue la tenencia de la tierra, donde se identificaron tres tipos de tenencia, los propietarios con un 65.4 % dentro de los cuales se identificaron a su vez tres subcategorías como posesión, propio y en proceso de legalización; los no propietarios representan un 26.9% y las subcategorías identificadas en este ítem fueron tierra en alquiler y prestada; y otros con un 7.7% que engloban las subcategorías de Propio-Alquiler y No disponible (ND) como se muestra en la Tabla 1. Estos datos muestran similitud con las estadísticas nacionales reportadas por [4], donde se señala que el 69% del tipo de tenencia en el sector rural es *vivienda propia*. Al mismo tiempo podemos inferir con los datos obtenidos en el presente trabajo, la desigualdad existente en lo que a tenencia de tierras y recursos naturales se refiere contribuye a acentuar problemas socioeconómicos como desnutrición, marginación, pobreza entre otros[9].

La Fig. 6, muestra que el 88.5% de los socios se dedican a actividades de tipo agrícola (cultivo de arroz) mientras que el 11.5% lo dedica a la producción de

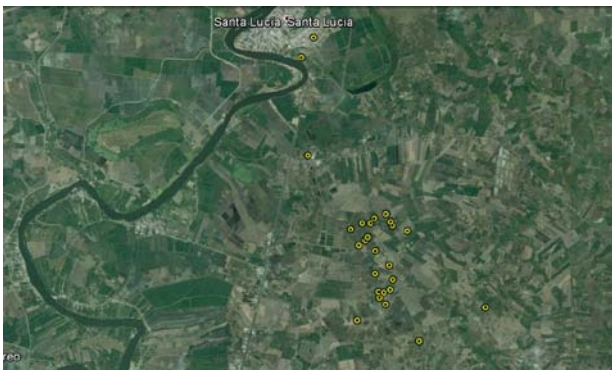


Fig. 5 Predios agrícolas georeferenciados de 23 miembros de la asociación.

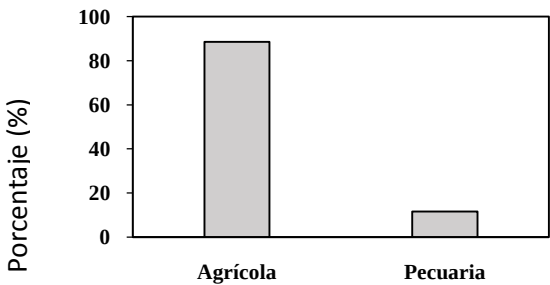
TABLA I
CATEGORÍAS DE TENENCIA DE LA TIERRA

Categoría	Subcategoría	Porcentaje (%)	Total (%)
Propietario	Posesión	11.5	65.4
	Propio	11.5	
	Proceso de legalización	42.3	
No propietario	Alquiler	15.4	26.9
	Prestado	11.5	
Otros	Propio-Alquiler	3.8	7.7
	ND	3.8	

animales domésticos como pollos, patos y cerdos para consumo propio y lo restante lo comercializa informalmente. La diferencia de estos porcentajes en función del tipo de actividad económica, se debe principalmente a la falta de posesión de la tierra para poder desarrollar la agricultura.

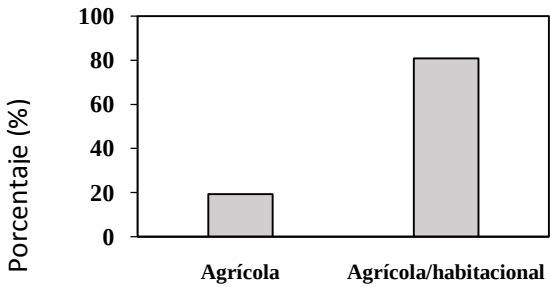
En lo que respecta al uso de la tierra, este presenta que un 80.8% de los socios le dan un uso agrícola y habitacional y el 19.2% solo agrícola (Fig. 7), que es un indicativo de que la mayor parte de los socios encuestados tiene sus viviendas en zonas rurales como se muestra también en la Fig.5.

En la Fig. 8, se puede observar que los productores que se dedican a la producción de arroz en su mayoría (50%) produce en un rango de 20 a 40 qq/ha, mientras en menor proporción están los agricultores que producen en el rango de 40 a 60 qq/ha representa un 38.5%, además existe un número de socios que no saben cuánto es la producción anual por ciclo que manejan. Esta diferenciación probablemente se debe a la variabilidad climática año a año



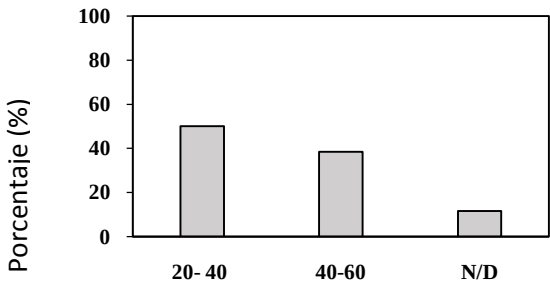
Actividad económica

Fig. 6 Porcentaje del tipo de actividad económica.



Uso de la tierra.

Fig. 7 Porcentaje de los tipos de uso de la tierra.



Producción de arroz (qq/ha).

Fig. 8 Porcentaje de la producción de arroz de los socios.

o falta de recursos destinados para la producción agrícola. Es importante mencionar que la producción de arroz proveniente de productores pequeños con rendimientos relativamente bajos, constituye una de las principales fuente de alimentos de la población Ecuatoriana como se menciona en [10].

Los resultados también incluyen el análisis del uso/cobertura del suelo del cantón Santa Lucía a escala 1:100000y predios de los productoresgeoreferenciados, como se observa en la Fig. 9 el área de producción de arroz (verde oscuro) se encuentra cercana al cuerpo de agua en este caso el Río Daule, debido a las facilidades de acceso al agua que tienen los agricultores, mientras que los agricultores miembros de la asociación (círculo rojo) en su mayoría se encuentran en una zona donde se da mayormente pasto natural debido al poco acceso al agua, desarrollando una agricultura netamente arroceras solo en los meses de la estación lluviosa de la costa ecuatoriana que va de enero a abril, por esta razón a escala 1:100000 la zona absorbe el todo como 70% pasto natural y 30% maíz como presentado por el gobierno nacional[9].

B. Componente Evaluación de los RAD

La evaluación del RAD uno (Fig. 10) mostró que el 50% de los estudiantes que participaron en el proyecto tienen un nivel de *excelencia* en los criterios de desempeño1, 2, y 4 mientras que en el criterio 3 solo el 16.3% cumple este nivel y en el criterio 5 el 33.3%. Asimismo, el nivel *desarrollado* muestra, que para el criterio 1, 2, 4 el 50% de los estudiantes están en este nivel; el criterio 3 tiene un porcentaje del 83.3% y el criterio 5 sitúa al 33.3% de los estudiantes.

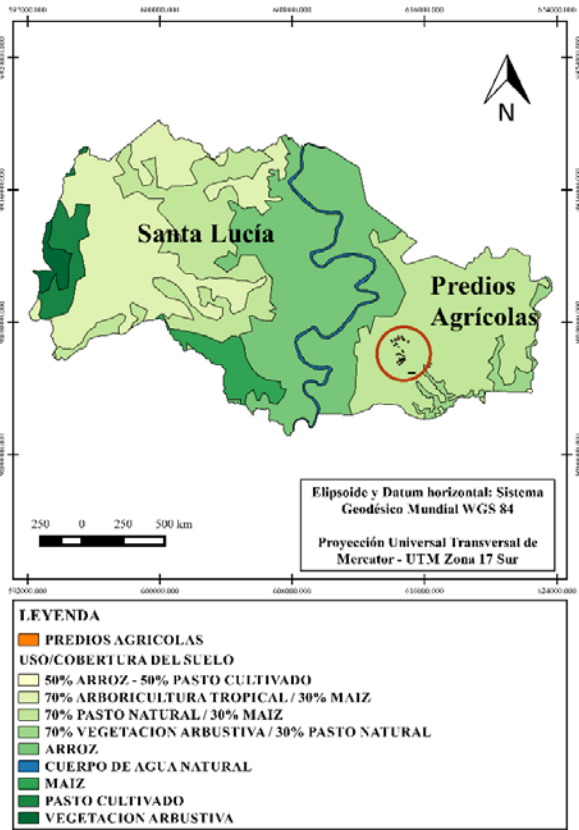
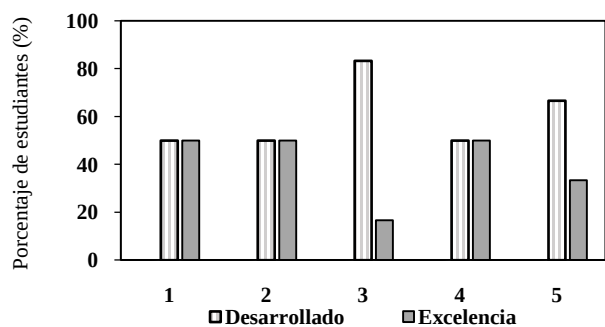
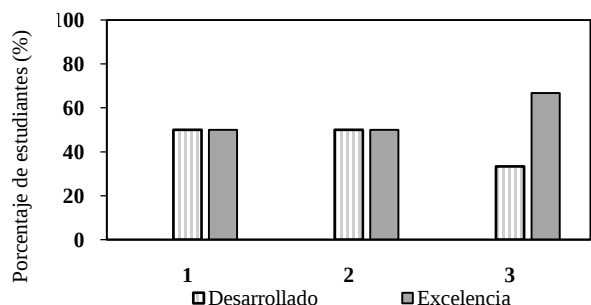


Fig. 9 Mapa de la cobertura y uso de la tierra del cantón Santa Lucía y del área de estudio



Criterios de desempeño: 1. Dimensiona un sistema, componente o elemento; 2. Detalla un sistema, componente o elemento; 3. Justifica la opción escogida, frente a otras opciones, considerando lo económico, ético, moral, social y ambiental; 4. Gestiona la opción escogida mediante la búsqueda de insumos que permitan formalizar el diseño; 5. Formaliza la opción final.

Fig. 10 Evaluación del RAD uno.



Criterios de evaluación: 1. Identifica las herramientas y técnicas a utilizar para la resolución del problema; 2. Aplica herramientas y técnicas modernas para la solución del problema; 3. Analiza correctamente los resultados y conclusiones.

Fig. 11 Evaluación del RAD dos.

En la Fig. 11, se muestran solo dos niveles de desarrollo del estudiante para el RAD dos, *desarrollado* y *excelencia*, los cuales muestran que para los criterios 1 y 2 el 50% de los estudiantes se encuentra en cada uno de los niveles, mientras que para el criterio 3 existe una mejora por parte de los estudiantes en el nivel desarrollado con un incremento del 66.7%.

De estas evaluaciones se observó que los estudiantes que se encontraron en el nivel de excelencia fueron estudiantes que cursaron la materia previa al inicio del proyecto y al mismo tiempo mostraron un mayor nivel de organización durante las fases de campo y procesamiento de la información, permitiéndoles tener un rol más representativo entre sus compañeros. Por otra parte, es importante mencionar que aquellos estudiantes que ubicaron en el nivel desarrollado, se debe en parte a que algunos de ellos no ha tomado la materia y por lo tanto no están familiarizados con los procesos aplicados, lo que limitó su desempeño en las actividades realizadas.

IV. CONCLUSIONES

Es importante resaltar que a través de la participación en los proyectos de vínculos con la sociedad los estudiantes afianzaron los conocimientos obtenidos en el ámbito de las asignaturas involucradas, al mismo tiempo les permitió integrar conocimientos adquiridos a lo largo del curriculum académico.

Asimismo, estos proyectos reflejan la capacidad de los estudiantes de responder ante los problemas reales del quehacer de la profesión y le permite también identificar posibles soluciones en respuesta a eso.

En lo que respecta a la evaluación de los RAD, el uso de rubricas es una muy buena herramienta, eficaz, para determinar el nivel en el que se encuentran los estudiantes respecto a lo que se espera que ellos sean capaces de SER, HACER y SABER HACER. Estas evaluaciones son fundamentales en el proceso de mejora continua de la carrera IAB, identificando las debilidades o deficiencias de los estudiantes, para la generación de insumos y propuestas de mejoras en dichos criterios.

Esto permite la realización de proyectos de clase aplicados a solucionar problemas reales, así como, un continuo análisis de documentos científicos, donde los estudiantes pueden tener un estado de arte de las tecnologías de punta utilizadas en el ámbito de la profesión.

REFERENCIAS

- [1] D. Kennedy, *Redactar y utilizar resultados de aprendizaje. Un manual práctico*, University College Cork, 2007.
- [2] FAO. *Ecuador nota de análisis sectorial agricultura y desarrollo rural*.
- [3] Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Santa Lucía, *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santa Lucía 2015-2025*. El Buen vivir para los Lucianos. http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/documentoFinal/0960002000001_PDOT-SANTA-LUCIA_16-03-2015_20-37-02.pdf.
- [4] IGM, *Atlas geográfico de la República del Ecuador*, Primera Edición, 2013.
- [5] INEC. *Formularios de Censos Poblacionales y Agropecuarios*, 2004.
- [6] Instituto Geográfico Nacional – República Argentina, *Base de Datos Geográfica*, 2015. <http://www.ign.gob.ar/sig>
- [7] J. Bermejo, A. Anguix, "EduSIG: gvSIG aplicado a la enseñanza de la geografía", 2009 [III Jornadas de SIG libre].
- [8] M. Rodríguez-Gallego, "Evidenciar competencias con rúbricas de evaluación," *Escuela Abierta*, 17, 117-134. 2014.
- [9] MAE-MAGAP, *Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013-2014, escala 1:100.000*, 2015.
- [10] SIPAE, *Atlas sobre la tenencia de la tierra en Ecuador*, 2011.

Página en Blanco

Capítulo 7

Entorno de Diseño Electrónico para Implementación de Control Remoto con Tarjeta de Evaluación miniDK2, Destinado a la Formación en Ingeniería de Control Electrónico de Alumnos de Grado

Cristina Losada Gutiérrez, Felipe Espinosa Zapata, *Senior Member, IEEE*,
José Manuel Rodríguez Ascariz, Francisco J. Rodríguez Sánchez, *Member, IEEE*,
Marta Marrón Romera

Title— Electronic design environment for implementing a remote control system using an evaluation board miniDK2, for training electronic control engineering of undergraduate students.

Abstract—This work describes the electronic design environment and methodology implemented in the laboratory of Electronic Control Engineering in the Degree in Electrical Engineering and Industrial Automation. It is proposed a networked control system of a motion actuator based on a DC motor connected to Ethernet. The control is implemented on the evaluation board miniDK2 connected to the same network. Moreover, the miniDK2 has a serial connection to a PC for the design, debug and evaluation stages. The paper describes how to address from the identification and modelling of the plant under study to the implementation of a position servosystem including a state observer. Some of the obtained results are presented.

Keywords—Computer-aided control system design (CACSD), computer-aided instruction, computing, control engineering, engineering education.

Abstract— En este trabajo se describe el entorno de desarrollo electrónico y metodología implantada por los autores en el laboratorio de Ingeniería de Control Electrónico para la formación de alumnos de Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial. Se plantea el control

Este trabajo fue presentado originalmente al Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación (SAAEI 2016).

Cristina Losada Gutiérrez, Felipe Espinosa Zapata, Jose Manuel Rodríguez Ascariz, Francisco J. Rodríguez Sánchez y Marta Marrón Romera pertenecen al Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá.

(e-mail: {cristina.losada, felipe.espinosa, jmr.ascariz, franciscoj.rodriguez, marta.marron}@uah.es).

Este trabajo se ha realizado dentro de los proyectos de innovación docente: “Metodología docente para la realización de proyectos conjuntos en materias de control electrónico” (UAH/EV713) y “Prototipado rápido de controladores digitales avanzados: integración de Matlab-Simulink y tarjetas electrónicas de bajo coste” (UAH/EV788), financiado por la Universidad de Alcalá.

remoto de un actuador de movimiento basado en motor DC, con su interfaz electrónico, conectado a un nodo de la red Ethernet. De esta forma el control se implementa en modo remoto en una tarjeta de evaluación miniDK2 (procesador NXP LPC1768 con núcleo ARM Cortex-M3) conectada a la misma red. A su vez esta tarjeta mantiene conexión serie con un PC para la fase de diseño, depuración y evaluación de los algoritmos de control. Se muestra cómo abordar desde el modelado e identificación de la planta bajo estudio (red de comunicaciones más actuador de movimiento con su interfaz electrónico) hasta la implementación de un servosistema de posición con observador de estados incluido, aportando resultados de algunas de las variables registradas: control, error de seguimiento, etc.

Keywords— Diseño de sistemas de control asistido por ordenador (CACSD), Control remoto de actuador de movimiento, formación en grado en ingeniería, identificación de proceso real, implementación de controladores, ingeniería de control electrónico, tarjeta de evaluación miniDK2.

I. INTRODUCCIÓN

DEBIDO al continuo avance en las tecnologías de la información, la educación virtual está siendo ampliamente promovida en el contexto académico [1], [2]. En el ámbito de ingeniería de control existen numerosos trabajos en la literatura siguiendo esta línea. En [5], los autores defienden el concepto de “*Internet laboratory*”, que permite la intervención remota de los estudiantes, pero la limita a la modificación de referencias. De forma similar, los trabajos [6] y [7] proponen el desarrollo de laboratorios remotos para la enseñanza de ingeniería de control, pero realmente no se implementa remotamente el control sino las referencias a seguir.

En este trabajo, los autores apostamos por promover la experimentación como parte fundamental en el proceso de aprendizaje de los futuros ingenieros [3], [4]. Por este motivo, consideramos tres aspectos claves en la formación de Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial:

- 1) las herramientas de simulación, aun siendo de ayuda en el proceso de diseño, no deben sustituir a la implementación de las soluciones diseñadas sobre prototipos reales;
- 2) el análisis crítico de resultados teóricos validados mediante simulación frente a los registrados experimentalmente;
- 3) incentivar la integración de conocimientos multidisciplinares (competencias teórico-prácticas correspondientes a diferentes asignaturas del plan de estudios como electrónica de potencia, sistemas electrónicos digitales, ingeniería de control, fundamentos de comunicaciones, etc.) en prácticas de laboratorio.

En relación con el proceso a controlar, se han publicado múltiples trabajos relacionados con el control de actuadores de movimiento basados en motores DC. A modo de ejemplo, en [8] se plantea el diseño de un PID doble para controlar la velocidad y corriente de armadura de un motor DC de forma simultánea, en tiempo continuo, realizando la implementación en un dsPIC. En [9] se propone el diseño de un control PID para un sistema de motor de LEGO, también en tiempo continuo, y haciendo uso de Matlab/Simulink, así como del software nxtOSEK, gratuito, y que sirve de interfaz entre Simulink y el prototipo de motor. En este trabajo, planteamos como novedad tanto la metodología como el entorno de desarrollo electrónico para el control remoto de actuadores de movimiento conectados a red Ethernet.

Desde el punto de vista metodológico, la práctica de ingeniería de control electrónico planteada por los autores incluye las siguientes etapas:

- a) estudio de los interfaces electrónicos necesarios para la actuación y sensado remoto del actuador de movimiento,
- b) registro de datos en lazo abierto para identificación y modelado de componentes no-lineales y lineales,
- c) diseño de servosistema para seguimiento de referencias de posición en el espacio de estados (incluyendo estimación de estados no medidos) a partir del modelo lineal obtenido,
- d) implementación electrónica del algoritmo de control a partir de una tarjeta de evaluación con núcleo ARM Cortex M3 utilizada por el alumno en asignaturas previas en su formación de grado,
- e) comparación crítica de resultados simulados y experimentales, analizando el efecto de las no-linealidades.

El entorno de desarrollo electrónico propuesto para las prácticas de laboratorio de la asignatura Ingeniería de Control Electrónico incluye los elementos mostrados en la Fig. 1. La planta a controlar es un motor DC PD4266, con reductora y encóder magnético, además del correspondiente interfaz electrónico con dos etapas comerciales: procesamiento (*Arduino One*) y comunicación Ethernet, y una etapa de electrónica de potencia diseñada ad-hoc. Como dispositivo de control se ha elegido la tarjeta de evaluación miniDK2 que incorpora el procesador NXP LPC1768, (con núcleo ARM Cortex-M3). Por último, se requiere de un ordenador con Matlab/Simulink para las tareas de identificación y validación del modelo de planta, diseño y

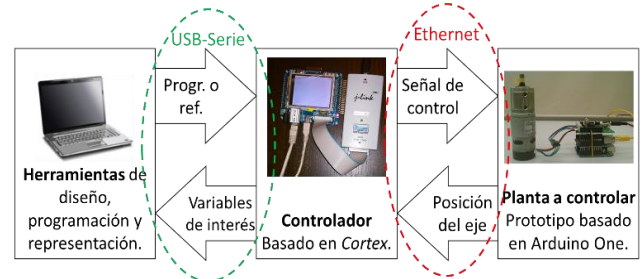


Fig. 1. Diagrama de bloques general de la propuesta para el control remoto de un actuador eléctrico de movimiento.

validación mediante simulación del controlador, y análisis comparativo de resultados simulados y experimentales.

El objetivo perseguido es la mejora de la formación práctica de los estudiantes en el área del control electrónico, estableciendo una relación entre los conceptos teóricos y su aplicación práctica, e incentivando la comparación y análisis de los resultados teóricos y experimentales. También se fomenta la motivación de los estudiantes, al recorrer todas las etapas, desde el modelado hasta la implementación del control aplicado a una planta real (no solo en simulación). Además, se trata de una propuesta de carácter multidisciplinar, ya que incorpora competencias teórico-prácticas correspondientes a diferentes asignaturas del plan de estudios como electrónica de potencia, sistemas electrónicos digitales, ingeniería de control, instrumentación electrónica, etc.

Esta publicación se ha organizado en los siguientes apartados: entorno de desarrollo electrónico (sección II), metodología de trabajo (sección III), ejemplo de aplicación (sección IV) y conclusiones (sección V).

II. ENTORNO DE DESARROLLO ELECTRÓNICO

Como se ha indicado en el esquema de la Fig. 1, para la implementación del sistema de control remoto del conjunto motor-encóder-reductora se requieren dos subsistemas electrónicos: interfaz de actuación, sensado y conexión Ethernet en el nodo de la planta; y controlador digital conectado a la misma red Ethernet y al PC con herramientas CACSD (*Computer Aided Control System Design*) mediante enlace serie. Ambos subsistemas se detallan a continuación.

A. Planta Bajo Estudio

La planta a controlar consiste en una plataforma mecatrónica formada por dos partes diferenciadas: un actuador de movimiento y un interfaz electrónico. El actuador incluye un motor DC comercial de 35W (Transmotec PD4266) [15] con reductora 14:1 y encóder magnético de 19 polos.

El interfaz electrónico permite la comunicación vía Ethernet cableada (10/100BaseT) con el nodo de control, la recepción de señal digital para actuación del motor, la generación de señal PWM a partir de aquella, y la lectura de señales en cuadratura del encóder para evaluar el giro del eje. El interfaz está formado por tres placas (*shields*), dos de ellas comerciales: tarjeta *Arduino One* basada en el microcontrolador ATmega328 [10], [11], y *shield Ethernet*. Además de una etapa de potencia desarrollada para esta aplicación, que se encarga de la generación de la alimentación de 5V de *Arduino One*, implementación de

puente en H (L6203) y adaptación de niveles para el encóder.

En el diagrama de la Fig. 2 se muestran los diferentes bloques que forman la planta bajo estudio. La información intercambiada, vía Ethernet, con el controlador son las consignas de control para el actuador y la medida de giro del eje del actuador en cuentas de encóder (4 por cada pulso de encóder).

Se ha elegido esta planta frente a otras alternativas comerciales más complejas (péndulo invertido [12], pendubot [13], helicóptero [14], etc.) debido a que se trata de una solución genérica de actuador eléctrico de movimiento, con un comportamiento lineal en la mayor parte del rango de excitación, y básica para el ensayo de soluciones de control: PID clásico, servosistema, estimadores de estados, control borroso, etc.

B. Tarjeta de desarrollo miniDK2

Tanto para el intercambio de información con la planta en lazo abierto, como para la implementación del control en lazo cerrado diseñado se emplea la tarjeta de desarrollo miniDK2 [16], mostrada en la Fig. 3(a). Esta tarjeta incluye el procesador de NXP LPC1768 [17] (basado en el ARM Cortex-M3). Para la conexión Ethernet se ha empleado *EasyWeb* [2], una librería gratuita que facilita la creación de un servidor TCP/IP. Esta librería permite tanto crear y abrir el socket TCP necesario, como enviar y recibir datos por Ethernet (mediante conexión TCP) entre el controlador y la planta.

Se ha elegido esta tarjeta de evaluación frente a otras alternativas debido a que cuenta con un procesador con capacidad de cálculo suficiente (Cortex M3) para el problema a resolver, con conexión Ethernet (10/100BaseT), con un conversor USB-serie basado en CP2112 ya integrados, y con acceso JTAG (Fig. 3(b)) desde PC para depuración y evaluación de código. Por otra parte, la tarjeta miniDK2 se aborda en la asignatura previa del plan de estudios: Sistemas Electrónicos Digitales, por lo que los alumnos conocen tanto la arquitectura hardware como el software (Keil μ Vision) de programación y depuración asociado. Con ello se pretende fomentar la integración de conocimientos, la motivación para resolver problemas de control a partir de recursos electrónicos disponibles, y la

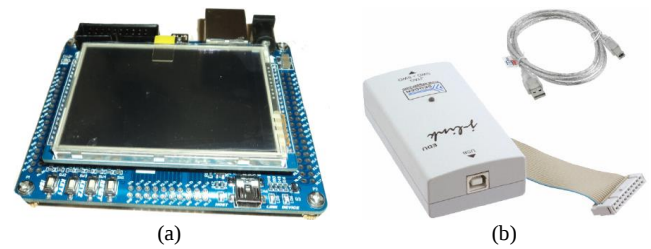


Fig. 3.(a) Tarjeta de desarrollo miniDK2. (b) Adaptador JTAG (Joint Test Action Group) para depuración.

formación de alumnos de grado a partir de un aprendizaje incremental.

III. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El objetivo es el diseño e implementación del control remoto de posición de un actuador eléctrico de movimiento, como práctica de laboratorio de Ingeniería de Control Electrónico para alumnos de Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial. La metodología propuesta incluye la integración de herramientas software de diseño asistido por computador (Matlab/Simulink y toolboxes) con los interfaces electrónicos necesarios en el nodo de control y nodo de planta enlazados mediante red de comunicación Ethernet. Una vez configurado el entorno electrónico, de forma que el nodo de control envía señales de consigna y registra la respuesta de movimiento del eje del actuador, se siguen las fases de trabajo mostradas en el diagrama de la Fig. 4.

IV. EJEMPLO DE APLICACIÓN

La práctica de laboratorio persigue el control de posición del eje del actuador de movimiento, incorporando técnicas avanzadas de control previstas en la formación de alumnos de grado en ingeniería: modelado en el espacio de estados, diseño de servosistemas y observadores de estados. A continuación, se describe el desarrollo de las etapas claves indicadas en la Fig. 4.

A. Identificación experimental y modelado de la planta

La primera etapa es el análisis del comportamiento de la planta, para su identificación. El resultado de esta etapa es un modelo lineal considerando los estados de la planta, además de los elementos no lineales asociados.

En el caso del motor DC, es posible obtener un modelo matemático a partir de los datos del motor y encóder que pueden encontrarse en sus hojas características[15]. Sin embargo, la planta a la que se enfrenta el controlador incluye: bloque motor-encóder-reductora, interfaz electrónico y canal de comunicación Ethernet. Por este motivo, para la identificación de la planta se realiza el registro de datos de entrada y salida de la misma en lazo abierto y desde el nodo de control. Se propone trabajar con una señal de excitación de la planta que facilite la identificación de todas las componentes (lineales y no lineales); habiéndose comprobado que un periodo de muestreo de $T_s=5\text{ms}$ permite registrar adecuadamente la dinámica de la planta bajo estudio con un retardo adicional debido al canal de comunicación.

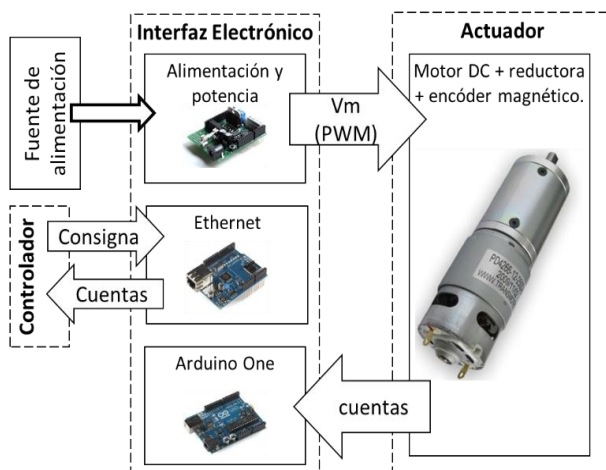


Fig.2. Diagrama de bloques general de la planta bajo estudio.

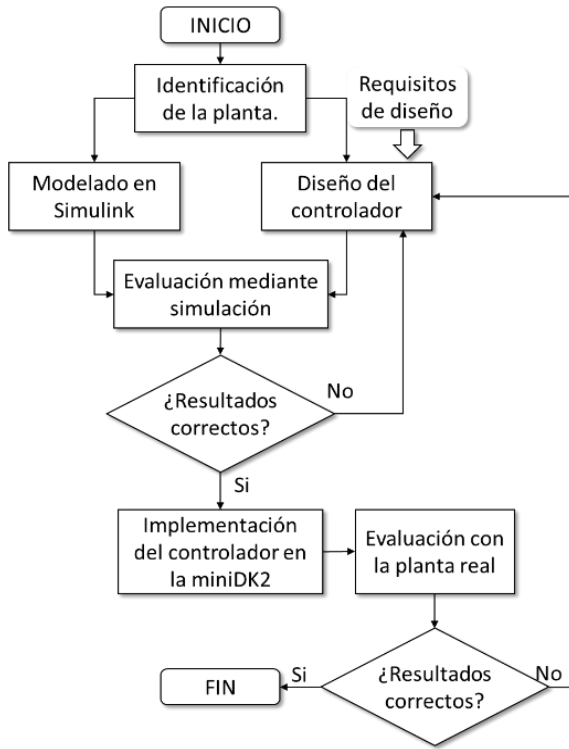


Fig. 4. Etapas involucradas en la metodología propuesta para el diseño e implementación de soluciones de control electrónico.

A partir de la respuesta (velocidad angular en rpm) a entradas escalonadas (código enviado por el puerto Ethernet de la tarjeta miniDK2), se obtiene la componente lineal del modelo (Fig. 5) utilizando la *Toolbox* de identificación de Matlab. Se comparan los resultados de identificación obtenidos para las estructuras “*arx*” y “*oe*” [19] y se elige el modelo que proporciona menor error cuadrático medio. Este proceso permite obtener los parámetros α y β (Fig. 5). Para completar el modelo lineal con salida en posición angular (grados) se incorpora un integrador y una constante (K_e) de conversión de rpm a grados/s, siendo T_s el periodo de muestreo. En definitiva, se plantea un modelo en el espacio de estados, con vector de estados compuesto por las variables: posición angular del eje del actuador (x_1) en grados, velocidad angular del eje (x_2) en rpm y código de entrada (x_3) retrasado una muestra debido al efecto del canal de comunicación.

Los datos registrados permiten también identificar las no linealidades del sistema: retardo, zona muerta, saturación y cuantificadores de entrada y salida.

Tras la identificación del sistema, se realiza un modelo en Simulink que incluya todos los elementos lineales y no lineales, como se indica en la Fig. 6.

Para validar la etapa de identificación se compara la velocidad de salida del sistema real, con el modelo completo mostrado en la Fig. 7, obteniéndose resultados como los mostrados en la Fig. 8.

Para el caso bajo estudio, los valores obtenidos en el proceso de identificación se resumen en la tabla I.

A partir de la componente lineal del modelo con salida en posición angular (Fig. 5) se obtienen las ecuaciones de estado (1) y de salida (2), siendo $u_k \in \mathbb{R}^{1 \times 1}$,

$$x_k \in \mathbb{R}^{3 \times 1}, y_k \in \mathbb{R}^{1 \times 1}:$$

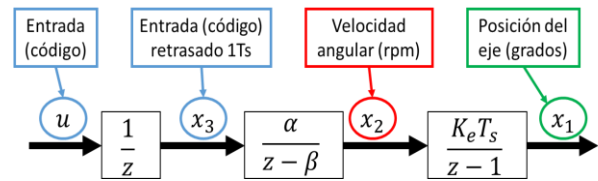


Fig. 5. Componentes del modelo lineal de la planta a controlar de forma remota.

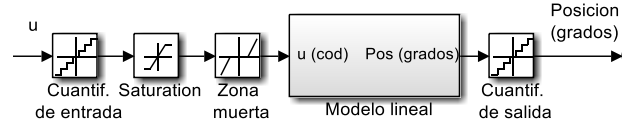


Fig. 6. Modelo completo de la planta, con salida en posición angular, diseñado con Simulink, incluyendo las componentes lineales y no lineales.

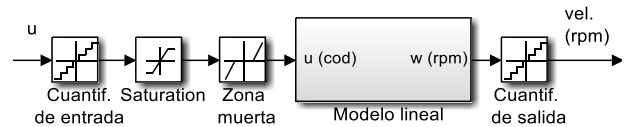


Fig. 7. Modelo completo de la planta, con salida en velocidad angular, diseñado con Simulink incluyendo las componentes lineales y no lineales.

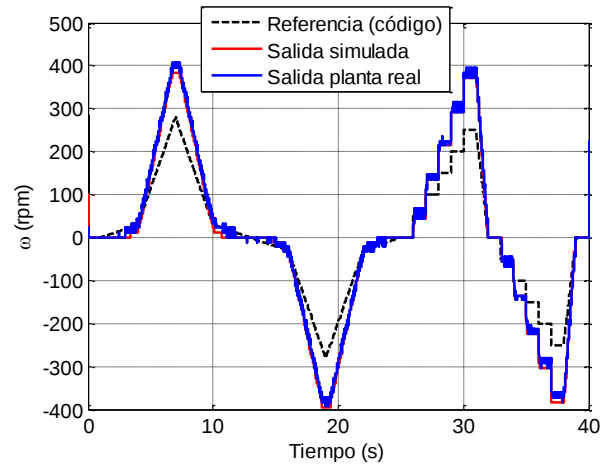


Fig. 8. Resultado de la validación de la identificación de la planta. En la figura se muestra la referencia (negro), la salida del sistema real (azul) y la del sistema simulado (rojo), ambas salidas evaluadas en rpm.

TABLA I
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MODELO DE LA PLANTA

Parámetro	Valor	Unidades
Zona muerta	[-15, 20]	Código
Saturación de entrada	[-255, 255]	Código
Cuantificador de entrada	1	Código
Cuantificador de salida	11.278	rpm/cuenta
	0.3355	grados/cuenta
Coefficiente α	0.2879	-
Coefficiente β	0.8325	-
Ganancia estática	1.7188	rpm/código
Constante de tiempo	27.3	ms

$$x_{k+1} = \mathbf{A}x_k + \mathbf{B}u_k \quad (1)$$

$$y_k = \mathbf{C}x_k + \mathbf{D}u_k \quad (2)$$

así como las matrices características del sistema:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & Ke/T_s & 0 \\ 0 & \beta & \alpha \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

B. Diseño del Controlador y Validación mediante Simulación

Tras la identificación se procede al diseño del servosistema de posición en variables de estado, que incluye un observador de Luenberger. El sistema de control diseñado se basa en la ley de control [19], [20] que se muestra en la ecuación (4) donde $K_r \in \mathbb{R}^{1 \times 3}$ y $K_i \in \mathbb{R}^{1 \times 1}$ son las matrices de ganancias asociadas al regulador y al integrador respectivamente,

$$u_k = -K_r \cdot \hat{x}_k + K_i \cdot v_k \quad (4)$$

Siendo $\hat{x}_k \in \mathbb{R}^{3 \times 1}$ el vector de estado estimado de la planta y $v_k \in \mathbb{R}^{1 \times 1}$ el estado asociado al integrador que procesa el error de seguimiento e_k :

$$v_{k+1} = v_k + K_i e_k \quad (5)$$

Las matrices de ganancia se calculan mediante alguno de los métodos descritos en [19] y [20], o aplicando las funciones disponibles en Matlab (*place*, *acker*). El controlador diseñado se valida mediante simulación empleando un modelo como el mostrado en la Fig. 9 que permite evaluar el efecto de una perturbación externa (mantenida en el tiempo) en el sistema de seguimiento de referencias de posición.

C. Implementación y Validación Experimental

Tras el diseño, y validación mediante simulación del servo-regulador con observador, es necesario realizar la implementación del mismo en la miniDK2, para su evaluación experimental y posterior comparación de los resultados simulados y reales. Para ello, una vez obtenidos los valores de las ganancias del regulador (K_r) e integrador (K_i), los alumnos deben programar en lenguaje C, y añadir al proyecto utilizado para el envío de consignas en lazo abierto, el código necesario para realizar:

1. cálculo del error de seguimiento,
2. estimación del estado a partir de las señales de entrada y salida de la planta: utilizando para ello las ecuaciones del observador y las matrices características del sistema [19], [20].

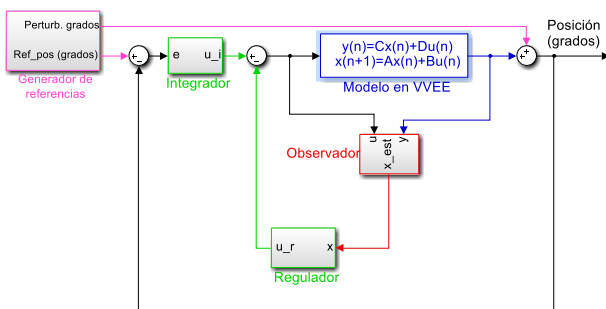


Fig. 9. Modelo de Simulink para la validación del servosistema de posición, con observador de estados, diseñado.

3. cálculo de la señal de control según las ecuaciones (4, 5).

A partir de aquí, es posible ejecutar y validar la solución diseñada para el control de posición con la planta real. Para verificar la respuesta del servosistema, se envía una referencia de posición conocida, y se añade una perturbación a la salida de la planta. Cabe destacar que, en caso de que aparezcan errores de programación, es posible depurar la solución implementada utilizando las herramientas disponibles [18] para la tarjeta de desarrollo.

Las señales de referencia y perturbación utilizadas tanto para la simulación como para la validación experimental del control diseñado se muestran en la Fig. 10.

Empleando las señales de entrada de la Fig. 10, y el modelo de Simulink mostrado en la Fig. 9, que incluye el modelo completo de la planta con salida en posición (Fig. 6) y el servosistema con observador diseñado, se obtienen los resultados presentados en las siguientes figuras. La Fig. 11 muestra la salida de posición, y el error (calculado como la diferencia entre la referencia de posición y la salida). Este error se ha multiplicado por tres para poder apreciarlo correctamente en la figura.

En la Fig. 11 se puede observar cómo la salida sigue la referencia, alcanzando un error cero en régimen permanente, incluso en presencia de la perturbación mostrada. Además, como cabría esperar, la señal de control (Fig. 12) tiene un valor próximo a cero en régimen permanente, aumenta ligeramente cuando hay cambios en la posición, y con variaciones más importantes cuando aparecen las perturbaciones (especialmente en el caso de la perturbación escalón) para compensar su efecto sobre la salida. La evolución ruidosa de la señal es debida a las componentes no lineales del modelo mostradas en la Fig. 6.

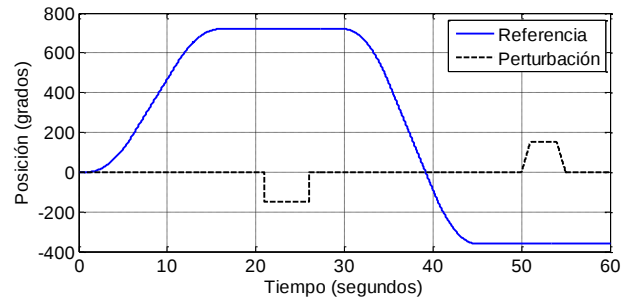


Fig. 10. Señales de entrada (referencia de posición (azul) y perturbación (negro) utilizadas para la validación experimental del control.

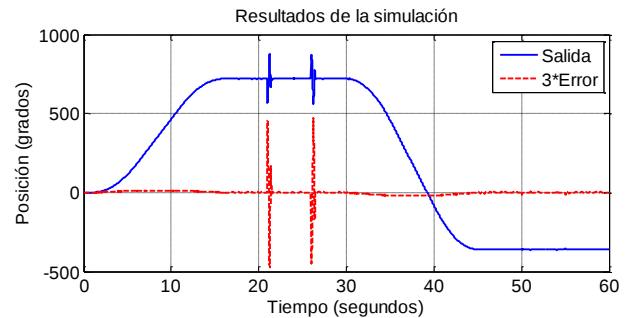


Fig. 11. Resultado de la simulación del sistema controlado frente a la referencia y perturbación de la Fig. 10. En azul se muestra la salida de posición, y en rojo el error (este error se ha multiplicado por 3 para poder apreciarlos correctamente en la figura)

Tras realizar el experimento con el controlador implementado en la tarjeta de desarrollo miniDK2 y la planta real, se obtienen los resultados indicados en las siguientes figuras. La Fig. 13 muestra la salida y el error de posición (multiplicado por tres para que la escala sea similar).

En la Fig. 14 se presenta la señal de control (enviada a la planta a través de la conexión Ethernet). Se puede observar cómo los resultados registrados experimentalmente son muy similares a los obtenidos mediante simulación. Esta gran similitud permite afianzar el interés de disponer de un modelo completo de la planta a controlar.

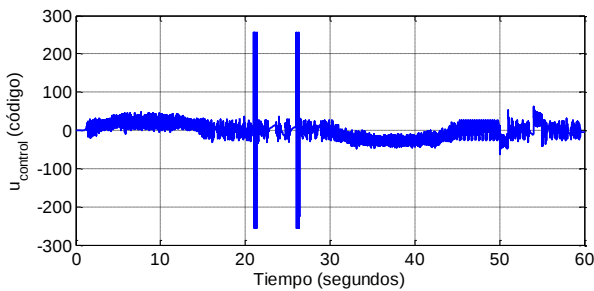


Fig. 12. Señal de control (código) enviada a la planta en la simulación.

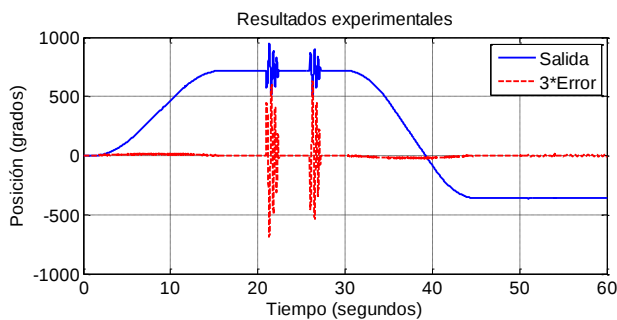


Fig. 13. Resultados experimentales obtenidos empleando la referencia y perturbación mostradas en la Fig. 10. En azul se muestra la salida de posición, y en rojo el error (este error se ha multiplicado por 3 para poder apreciarlos correctamente en la figura).

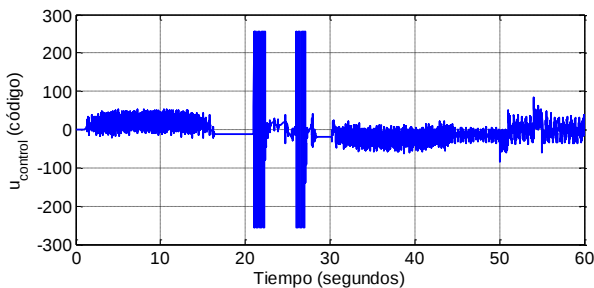


Fig. 14. Señal de control (código) obtenida en la evaluación experimental del controlador.

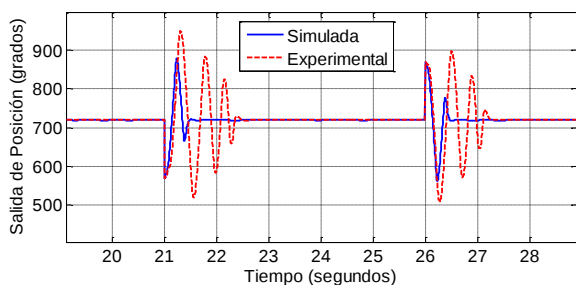


Fig. 15. Salida de posición en grados simulada (azul) y experimental (rojo) entre los segundos 19 y 29 para evaluar la respuesta frente a la perturbación escalón.

Finalmente, en la Fig. 15 se muestra con mayor detalle la salida de posición obtenida mediante simulación (azul) y experimentalmente (rojo) entre los segundos 19 y 29. En esta figura puede observarse el efecto de la perturbación escalón en ambos casos.

V. CONCLUSIONES

Este trabajo muestra la propuesta de los autores para integrar, en una práctica de laboratorio, conocimientos de diferentes disciplinas (ingeniería de control, electrónica digital, informática industrial, etc.) y competencias (genéricas, de carácter profesional y específicas) establecidas en el plan de estudios de Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial. Concretamente la práctica se desarrolla dentro de la asignatura de Ingeniería de Control Electrónico.

En aras de motivar al alumno en su proceso de aprendizaje se han incorporado elementos novedosos como son: control de sistemas en red permitiendo la deslocalización del control y la planta controlada, interfaz electrónico basado en Arduino con etapa de potencia diseñada ad-hoc en el nodo de planta, solución de control implementada en procesador NXP LPC1768 con núcleo ARM Cortex-M3 disponible en la tarjeta de evaluación de bajo coste miniDK2 y ubicada en el nodo de control, aplicación de fundamentos avanzados de control lineal como es el caso de servosistema de posición angular del eje de un actuador eléctrico incorporando un observador de estados.

En el desarrollo de la práctica, se hace hincapié en dos aspectos que los autores consideramos de interés en la formación de alumnos de grado en ingeniería: la identificación de elementos lineales y no lineales de un proceso real como paso previo al diseño del controlador, y el análisis crítico de resultados simulados y experimentales. De ambos aspectos se han incluido evidencias en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] P. Moore, A. Thomas, F. Xhafa, L. Barolli, Context and the virtual campus: Collaboration in tertiary education. 5th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS), 2013, pp. 266-272.
- [2] S. Vaidya, A. Paranjape, Moocs - changing the way of education. 2014 IEEE International Conf. on MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE), 2014, pp. 362-365.
- [3] Feisel, L. D. and Rosa, A. J., The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. Journal of Eng. Education, vol. 94, 2005, pp. 121-130.
- [4] C. Losada; F. Espinosa; C. Santos; M. Gálvez; E. J. Bueno; M. Marrón; F. J. Rodríguez, "An Experience of CACSD for Networked Control Systems: From Mechatronic Platform Identification to Control Implementation," in IEEE Transactions on Education, vol. PP, no.99, pp.1-8.
- [5] W. Dixon, D. Dawson, B. Costic, M. de Queiroz, A matlab-based control systems laboratory experience for undergraduate students: toward standardization and shared resources, IEEE Transactions on Education, 45 (3), 2002, pp. 218-226.
- [6] A. Barrios, S. Panche, M. Duque, V. H. Grisales, F. Prieto, J. L. Villa, P. Chevrel, M. Canu, A multi-user remote academic laboratory system, Computers & Education, 62, 2013, pp. 111 - 122.
- [7] E. Fabregas, G. Fariás, S. Dormido-Canto, S. Dormido, F. Esquembre, Developing a remote laboratory for engineering education. Computers & Education, 57 (2), 2011, pp. 1686-1697.
- [8] M. Gunasekaran, R. Potluri, Low-cost undergraduate control systems experiments using microcontroller-based control of a dc motor. IEEE Transactions on Education, 55 (4), 2012, pp. 508-516.
- [9] Y. Kim, Control systems lab using a lego mindstorms nxt motor system. IEEE Transactions on Education, 54 (3), 2011, pp. 452-461.

- [10] Arduino One, <http://www.arduino.cc/>, (acceso: enero 2016).
- [11] Ortiz, J.; Gálvez Gálvez, Manuel; Rodríguez Sánchez, Francisco Javier; Bueno Peña, Emilio José. "Plataforma de bajo coste para control en tiempo real con comunicación Ethernet basada en Arduino". Libro de actas SAAEI 2011.2011, p. 651-656.
- [12] S. Boonto, H. Werner, Closed-loop system identification of lvp input-output models: application to an arm-driven inverted pendulum. 47th IEEE Conf. on Decision and Control, 2008. CDC, 2008, pp. 2606-2611.
- [13] R. O'Flaherty, R. Sanfelice, A. Teel, Hybrid control strategy for robust global swing-up of the pendubot. American Control Conf., 2008.
- [14] Y. Zhai, M. Nounou, H. Nounou, Y. Al-Hamidi, Model predictive control of a 3-dof helicopter system using successive linearization. International Journal of Engineering, Science and Technology 2.00 (10), 2010, pp. 9-19.
- [15] Datos característicos del motor DC (PD4266) y del encóder magnético: <http://download.transmotec.com/eng/dc-motors/planetary-gear/Transmotec-DC-Motors-PD-0.6W-35W-eng-D.pdf>(enero 2016)
- [16] <http://www.hotmcu.com/lpc1768minidk2-development-board-p-55.html> (acceso: enero 2016)
- [17] http://www.nxp.com/documents/data_sheet/LPC1769_68_67_66_65_64_63.pdf (acceso: enero 2016).
- [18] http://www.keil.com/appnotes/docs/apnt_164.asp (acceso: enero 2016)
- [19] L. Ljung (Ed.), System Identification (2Nd Ed.): Theory for the User. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 1999.
- [20] K. Ogata, Discrete-time Control Systems, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 1987.
- [21] K. Dutton, S. Thompson and B. Barraclough. The art of control engineering. Addison-Wesley 1997. ISBN:0-201-17545-2



Cristina Losada Gutiérrez es Ingeniera de Telecomunicación desde 2004 y Doctora Ingeniera de Telecomunicación desde 2010, ambos por la Universidad de Alcalá (Alcalá de Henares).

Desde 2011 es profesora Ayudante Doctor en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá. Desarrolla su actividad investigadora dentro del Grupo de

Ingeniería Electrónica aplicada a Espacios Inteligentes y Transporte (GEINTRA) del que es miembro desde 2007. Sus líneas de trabajos se centran en la visión por computador, el análisis de comportamientos, los espacios inteligentes y las redes de sensores.



Felipe Espinosa Zapata (Member'98-SeniorMember'15) es Ingeniero de Telecomunicación por la UPM (Madrid) desde 1991 y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la UAH (Alcalá de Henares) desde 1999. Es profesor Titular de Universidad en el área de Tecnología Electrónica, en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá (UAH) desde 2000. Su actividad

investigadora la desarrolla dentro del grupo GEINTRA (Grupo de Ingeniería Electrónica aplicada a Espacios Inteligentes y Transporte). Sus líneas de interés son sistemas de control en red, redes de sensores, control y estimación basados en eventos, así como su aplicación a sistemas de transporte inteligente y automatización industrial.



José Manuel Rodríguez Ascariz es Doctor Ingeniero de Telecomunicación e Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en el área de Tecnología Electrónica. Sus áreas de interés son los sistemas digitales de altas prestaciones, las comunicaciones inalámbricas y los sistemas en tiempo real. Es autor de numerosas

publicaciones científicas y docentes (libros, artículos, comunicaciones en congresos, etc.) y ha participado en numerosos proyectos de investigación tanto con financiación pública como privada.



Francisco J. Rodríguez Sánchez (S'99-M'00) Doctor Ingeniero en Electrónica (1997) e Ingeniero de Telecomunicaciones (1990). Actualmente es Catedrático de Universidad en el Departamento de Electrónica de la UAH. Sus áreas de investigación incluyen el control electrónico, los sistemas de tiempo real y su aplicación a los sistemas de energía renovable. Es autor o coautor de más de 150

publicaciones en revistas y congresos internacionales. Además, ha dirigido más de 45 proyectos de investigación con financiación pública o privada.



Marta Marrón Romera es Dra. Ingeniera en Electrónica en 2008 e Ingeniera en Electrónica en 2000 por la UAH. Desde 1997 hasta la actualidad ha estado vinculada al Departamento de Electrónica de la UAH, inicialmente como personal de investigación y desde finales de 1997 profesora, donde actualmente es Titular de Universidad (desde febrero de 2009). Ha participado en unos 20

proyectos de financiación pública privada y tiene 2 patentes en explotación. Ha publicado 19 artículos internacionales, 3 libros docentes realizado y ponencias en importantes congresos internacionales (casi 60 ponencias), todo ello en el área de las técnicas de ayuda a la discapacidad, robótica, visión por computador e inteligencia artificial y control. Como Ha sido parte del comité organizador de 8 concursos, seminarios y workshops nacionales e internacionales. A lo largo de su carrera ha realizado varias estancias de investigación incluyendo una al Kungl Tekniska Högskolan (KTH), Royal Institute Technology, en Estocolmo, Suecia.

Página en Blanco

Capítulo 8

Instrumentación Virtual Aplicada al Análisis y Procesado de Señales de Electromiografía (EMG)

Iñigo Oleagordia Aguirre, José I. San Martín Díaz, Aitor J. Garrido Hernández, Pedro Rodríguez López

Title—Virtual Instrumentation applied to the analysis and processing of electromyography signals (EMG).

Abstract— This paper describes the methodology, development, implementation and evaluation of a learning environment applied to the analysis and processing of electromyographic signals (EMG) using virtual instrumentation. For this purpose, both the LabVIEW Biomedical Toolkit and "ad hoc" programs have been used, being this last one the option described. As well as this, an assessment of the effectiveness, efficiency and teaching projection of this learning environment has been developed. Using this "ad hoc" virtual instrumentation a representation and processing of the signal is made among the domain of time and frequency. Doing so, the RMS value, integral value, the mean and median frequencies, can be calculated. This material and teaching experience belong to the Continuing Education Course in Bioelectronics, more specifically to the module titled "Analysis and Processing of Bioelectrical Signals" taught at the University School of Technical Industrial Engineering (EUITI) of Bilbao, from the University of the Basque Country UPV / EHU during the academic year 2014/2015.

Keywords—Virtual Instrumentation, LabVIEW, EMG

Abstract—En este trabajo se describe la metodología, desarrollo, implementación y evaluación de un entorno didáctico aplicado al análisis y procesado de señales de electromiografía (EMG) con instrumentación virtual. Para ello se ha empleado tanto el LabVIEW Biomedical Toolkit como programas "ad hoc", siendo ésta la opción descrita. Se ha realizado una evaluación sobre la eficacia, eficiencia y proyección docente de este entorno didáctico. En la instrumentación virtual desarrollada "ad hoc" se efectúa una representación y procesado de la señal en el dominio del tiempo y de la frecuencia,

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO XXIII SEMINARIO ANUAL DE AUTOMÁTICA, ELECTRÓNICA INDUSTRIAL E INSTRUMENTACIÓN SAAEI 16 celebrado en ELCHE (España) los días 6, 7 y 8 de Julio 2016.

Iñigo J. Oleagordia Aguirre es profesor del Dpto. de Tecnología Electrónica de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Teléf.: 34 94 6024304. E-mail: ij.olegordia@ehu.eus.

José Ignacio San Martín Díaz es profesor del Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Teléf.: 34 94 3033310. E-mail: joseignacio.sanmartin@ehu.eus.

Aitor J. Garrido Hernández es profesor del Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Teléf.: 34 94 6014469. E-mail: aitor.garrido@ehu.eus.

Pedro Rodríguez López está realizando la tesis doctoral en el Dpto. de Dpto. de Tecnología Electrónica de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Teléf.: 34 94 6013934. E-mail: pedro.rodriguez@ehu.eus.

calculándose entre otros, el valor RMS, integral, la frecuencia media y la frecuencia mediana. Este material y experiencia docente corresponden al Curso de Formación Continua en Bioelectrónica, concretamente al módulo Análisis y Tratamiento de Señales Bioeléctricas impartido en la EUITI de Bilbao de la Universidad del País Vasco UPV/EHU durante el curso académico 2014/2015.

Keywords— Instrumentación virtual, LabVIEW, EMG

I. INTRODUCCIÓN

SE utiliza el término electromiografía (EMG) para referirse a todas las técnicas utilizadas en el estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. Su fundamento eléctrico se basa en la recepción de potenciales bioeléctricos por parte de una instrumentación de alto rendimiento. Estos potenciales son recogidos a través de electrodos de superficie, caso de estudio, situados en un músculo, Fig. 1. Proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan.

El EMG, como señal, representa un proceso estocástico, esto es, que si las medidas se repitieran varias veces bajo condiciones idénticas, los resultados serían diferentes debido a las variaciones aleatorias inherentes a la señal. Ésta, se compone de una serie de valores de voltaje a lo largo de un cierto tiempo, que por lo general se representa por gráficas, como la indicada en la Fig. 2.

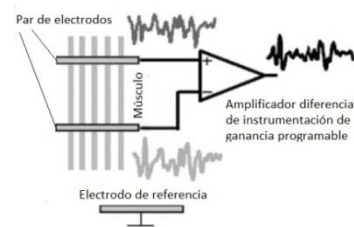


Fig.1. Instrumentación de campo, circuito esquemático

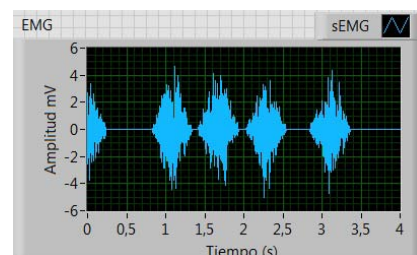


Fig.2. Representación temporal de una señal EMG

En el caso de que la densidad de probabilidad de su amplitud no dependa del tiempo, el proceso se llama estacionario.

Un proceso es ergódico si los parámetros estadísticos calculados en un conjunto de realizaciones (promedios de conjunto) son iguales que los parámetros estadísticos calculados en una única realización (promedios temporales). Después de todo esto se establece que en el procesamiento de la señal EMG, tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia, se asume su ergodicidad y su estacionariedad para determinados intervalos de tiempo, normalmente cortos.

Desde la perspectiva docente los objetivos globales académicos son:

- Familiarizar al estudiante con la electromiografía como una herramienta útil para el registro y análisis de los eventos eléctricos a nivel muscular y sus posibles aplicaciones como puede ser la fatiga muscular.
- Vincular la instrumentación virtual al desarrollo e implementación de equipamiento médico centrado en soluciones y aplicaciones específicas.
- Iniciar un proceso de innovación instrumental en el campo de la ingeniería biomédica, que ya está consolidado en otros sectores industriales y de investigación.
- Realizar la correspondiente evaluación de esta experiencia docente obteniendo una serie de indicadores sobre su eficiencia y eficacia.

Las señales EMG analizadas proceden de:

- La captura, mediante electrodos de superficie, con el equipo Biopac MP36 y su posterior almacenamiento.
- La función *Simulate EMG.vi* del módulo *Biosignal DAQ & Simulation* y su posterior almacenamiento.
- Una base de datos de señales fisiológicas [1].

Este trabajo es el resultado de la docencia e investigación realizada en el Curso de Formación Continua en Bioelectrónica, correspondiente al módulo Análisis y Tratamiento de Señales Bioeléctricas impartido en la EUITI de Bilbao de la Universidad del País Vasco UPV/EHU durante el curso académico 2014/2015 [2].

II. ANÁLISIS ELECTROMIOGRÁFICO

Toda la metodología y técnicas para realizar un análisis electromiográfico parten del hecho de que el valor instantáneo de las señales de un EMG no contiene información [3]. Esta información y su posterior cuantificación se obtienen de la aplicación de técnicas de extracción de características agrupadas en análisis en el dominio del tiempo y frecuencia.

El análisis en el dominio del tiempo relaciona el voltaje con la variable independiente tiempo dada en milisegundos (ms) o número de muestras, $t_m = N_m T_s$ siendo N_m el número de muestra y T_s el periodo de muestreo. Se obtiene a partir de la onda original que resulta del registro electromiográfico. La evaluación de las componentes de frecuencia del EMG se realiza mediante la FFT.

A. Análisis en el dominio del tiempo

En esta sección se expone la operatividad de dos instrumentos virtuales (VIs), desarrollados cada uno de ellos con una funcionalidad específica. Ambos tienen el mismo punto de partida que consiste en la lectura de un fichero que contiene las señales a ser analizadas como se ha indicado en el apartado anterior. En la adquisición, la frecuencia de

muestreo empleada es de 1kHz con el fin de registrar componentes de hasta 500 Hz según el teorema de Nyquist. No se requiere de mayores tasas, puesto que, como posteriormente se comprobará, la mayor concentración de energía se encuentra entre los 35 y 170 Hz [3].

La funcionalidad del VI *Analisis_Temp_1.vi* cuyo panel frontal (PF) y diagrama de bloques (DB) se muestran en las Fig. 3 y Fig. 4 respectivamente es la siguiente:

- Lectura y elección del canal con el EMG a analizar.
- Selección del segmento a procesar mediante el subVI *Analisis Segmento.vi*
- Filtrado de la señal. En general, se filtran las señales con un paso banda entre 20 Hz y 500 Hz, ya que por debajo de 20 Hz, no se pierden prácticamente potenciales de la unidad motora. En cuanto al límite superior, por encima de 400 Hz no parece haber apenas señal como posteriormente se constata. El filtro empleado corresponde a la tipología de Butterworth de segundo orden empleado en el subVI *Filtro Digital.vi*.
- Integración de la señal. La cuantificación total de la actividad muscular en un intervalo de tiempo viene dada por el área bajo la curva durante ese intervalo de tiempo, para ello se integra la señal mediante el subVI *Integral.vi*. El primer paso debe ser realizar una rectificación de la misma, es decir, pasar la señal, que es bipolar y en la que se pueden anular entre sí las ondas positivas y negativas, a una señal unipolar. Esta operación se realiza calculando el valor absoluto.
- Se ha calculado el valor RMS, directamente relacionado con la potencia de la señal bioeléctrica con respecto al

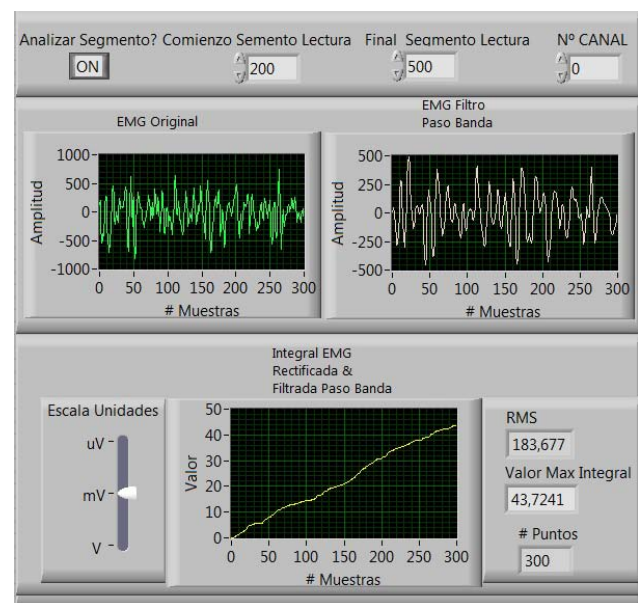


Fig.3. PF del instrumento virtual *Analisis_Temp_1.vi*

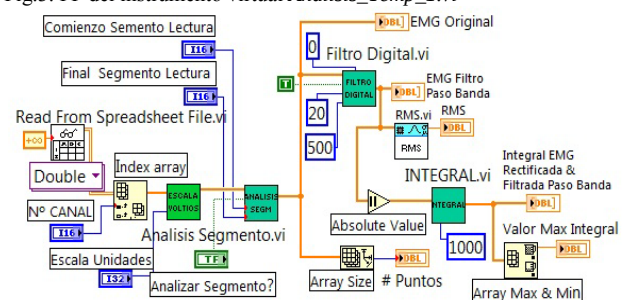


Fig.4. DB del instrumento virtual *Analisis_Temp_1.vi*

tiempo. Existe una relación prácticamente lineal entre el RMS y la fuerza muscular. Sin embargo, este método no permite un análisis claro de la presencia de fatiga [4], aunque es muy útil para validar los datos obtenidos a partir del análisis frecuencial.

El valor RMS de la señal muestreada $S_N(x) = [X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_{N-1}]$ se calcula por la expresión:

$$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N}(X_0^2 + X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_{N-1}^2)} [1]$$

En el desarrollo e implementación, tanto de este VI como en los demás, se ha seguido una estructura modular. De esta forma se facilita la adaptación de la instrumentación virtual y su reutilización como se comprueba en el siguiente VI, *Analisis_Temp_Isometrico.vi* relacionado con un EMG isométrico cuya programación (DB) e interface de usuario (PF) se muestran en las Fig. 5 y Fig.6 respectivamente.

Se produce una acción muscular estática o isométrica cuando la resistencia supera a la fuerza ejercida. En este contexto se realiza un esfuerzo muscular pero físicamente no se realiza trabajo al no existir desplazamiento. De forma resumida, durante una actividad isométrica muscular el trabajo es cero ($F \cdot e$), el impulso es cero ($F \cdot t = m \cdot v$) y la potencia es cero ($F \cdot v$).

El interés de esta prueba se basa en la existencia de una relación casi lineal entre la actividad electromiográfica y la fuerza durante las contracciones isométricas [5], aunque únicamente hasta cargas entre el 70 y el 80 % de la fuerza isométrica máxima. A partir de ahí, los aumentos de fuerza no parecen tener incidencia en la amplitud de las señales.

El procedimiento operativo de este VI es similar al anterior:

- En el panel frontal se configura la escala de unidades de representación (V, mV, μ V), los canales con el correspondiente EMG a procesar y el valor de normalización de la integral (Max MVC Integral)
- El subVI *Bpass.vi* es una adaptación del *Filtro Digital.vi* donde se han incluido las frecuencias de paso de banda de 20 y 400 Hz.
- Para calcular la integral de la señal EMG una vez filtrada y en valor absoluto, desde la perspectiva didáctica, se ha desarrollado el subVI *Intg_Simp.vi* en el cual se ha implementado la integral mediante el algoritmo de integración numérica correspondiente a la regla de Simpson. No se han observado diferencias respecto a otras funciones de librería como, por ejemplo, *Integral x(t).vi*. La frecuencia de muestreo se mantiene en 1 kHz.

B. Análisis en el dominio de la frecuencia

En el apartado anterior se ha expuesto cómo el análisis del EMG en el dominio del tiempo permite evaluar diversos aspectos de la coordinación motora con el movimiento muscular que supone cierta actividad motriz y el nivel de tensión desarrollada, mientras que el análisis en el dominio de la frecuencia permite estudiar, entre otros aspectos, la aparición de fatiga muscular local.

Para evaluar las componentes frecuenciales de la señal electromiográfica se realiza, mediante la FFT, una gráfica de Potencia vs. Frecuencia (Power Spectrum), Fig.7.

El análisis del EMG en el dominio de la frecuencia consiste en valorar la actividad muscular a través de sus parámetros espectrales como son: la frecuencia mediana, la frecuencia espectral media, la potencia acumulada y la frecuencia correspondiente al valor máximo de la potencia espectral [5].

La frecuencia mediana (FM) es la frecuencia en la cual el espectro de potencia se divide en dos partes iguales respecto de la potencia. Esta definición se modela por la ecuación:

$$\sum_{j=1}^{FM} P_j = \sum_{j=FM+1}^N P_j = \frac{1}{2} \cdot \sum_{j=1}^N P_j [2]$$

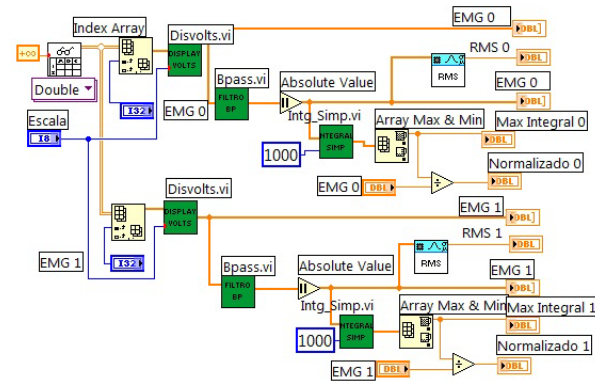


Fig.5. DB del instrumento virtual *Analisis_Temp_Isometrico.vi*

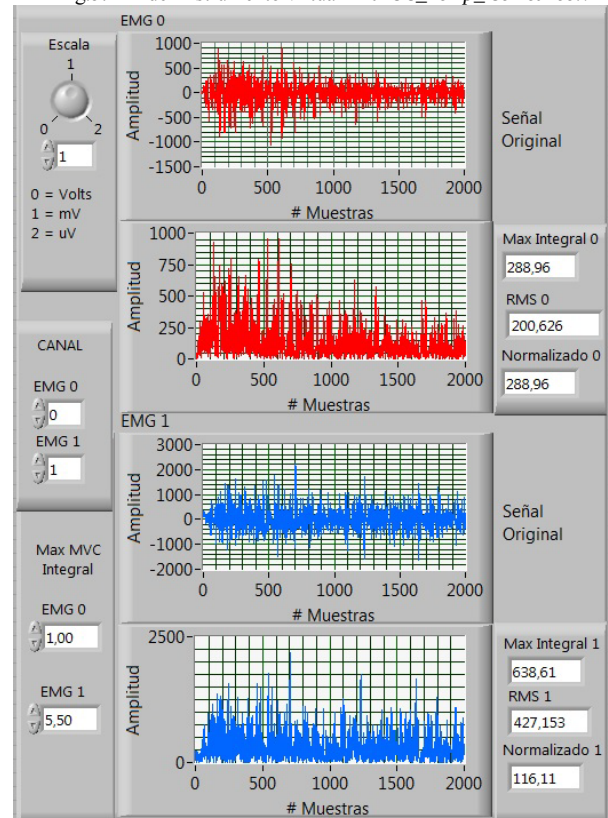


Fig.6. PF del instrumento virtual *Analisis_Temp_Isometrico.vi*

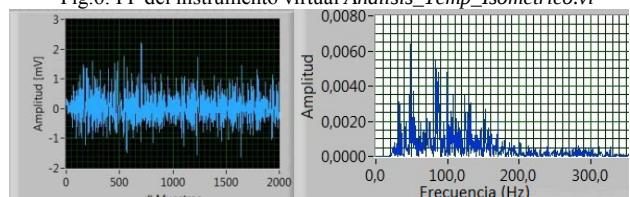


Fig.7. Representación en el dominio del tiempo y frecuencia de un EMG.

La frecuencia espectral media (FAV) es el cociente entre los momentos espectrales de orden uno y orden cero, o lo que es lo mismo la suma de los productos de la potencia espectral y la frecuencia dividido entre la potencia total.

$$FAV = \frac{\sum_{j=1}^N f_j \cdot P_j}{\sum_{j=1}^N P_j} \quad [3]$$

El momento espectral de orden K se define como

$$M_K = \sum_{j=1}^N f_j^K \cdot P_j \quad [4]$$

La potencia generada se obtiene integrando el espectro de potencia mientras que la frecuencia correspondiente al valor máximo de la potencia espectral PFK se expresa como:

$$PKF = \max(P_j), j = 1, \dots, N. [5]$$

En las Fig. 8 y Fig. 9 se muestra el panel frontal (PF) y diagrama de bloques (DB) donde mediante una programación modular se ha implementado el instrumento virtual *Analisis_Frec_1.vi*.

Este VI calcula el espectro de potencia de una señal, que previamente se ha almacenado en un fichero, mediante la FFT para transformar los datos en el dominio del tiempo en información en el dominio frecuencial.

Una vez se dispone de la señal original, ésta es filtrada con un filtro digital paso de banda similar al expuesto anteriormente y rectificada. En el panel frontal se muestran las gráficas correspondientes a la señal original, rectificada y filtrada, espectro de potencia, integral del espectro así como los valores de la frecuencia mediana, frecuencia espectral media, valor máximo de la potencia espectral y su frecuencia asociada.

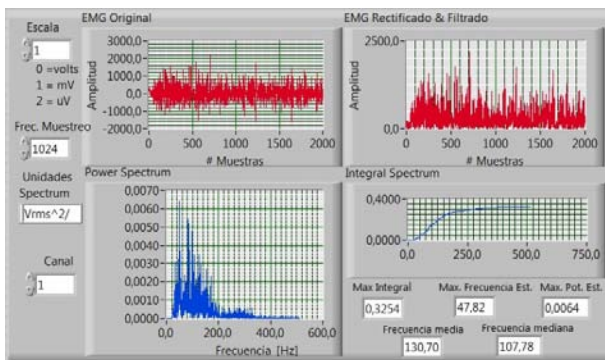


Fig. 8. PF del instrumento virtual *Analisis_Frec_1.vi*

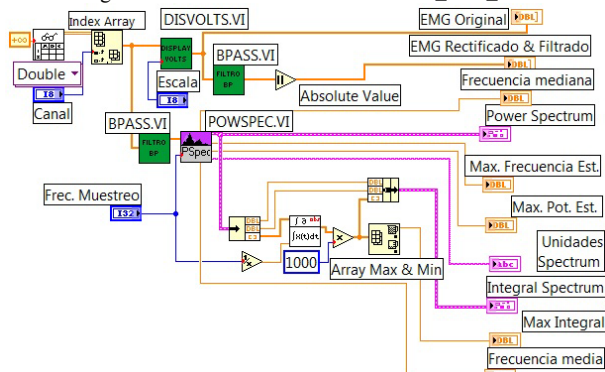


Fig. 9. DB del instrumento virtual *Analisis_Frec_1.vi*

Cabe señalar que la frecuencia espectral media FAV es siempre ligeramente superior a la frecuencia mediana FM debido a la forma abrupta, con variaciones bruscas, propia del espectro de potencia del EMG. Este análisis es importante porque clínicamente se puede observar que las componentes espectrales a frecuencias bajas aumentan cuando una persona se somete experimentalmente a una fatiga muscular. Tanto la frecuencia mediana como la frecuencia espectral media son dos biomarcadores de la fatiga muscular [6]. En este contexto se han desarrollado e implementado diversos instrumentos virtuales para analizar este efecto. Para ayudar a la comprensión intuitiva, en la Fig.10 se muestra el panel frontal de uno de ellos y en la Fig.11 el correspondiente diagrama de bloques. Como en el caso anterior, los datos se han almacenado previamente en un fichero al cual se accede en el VI *Analisis_Frec_2.vi*.

En este ejemplo se pone en valor diversos aspectos técnicos, que posteriormente son evaluados, como corresponden a la facilidad para personalizar un instrumento virtual a un requerimiento específico, reusabilidad de código, así como, la precisión y exactitud en la implementación de los algoritmos de cálculo de los diversos parámetros que caracterizan un EMG.

Continuando con el vector docente, esta vez con el desarrollo y adquisición de competencias que se potencian mediante el empleo de la instrumentación virtual, en el

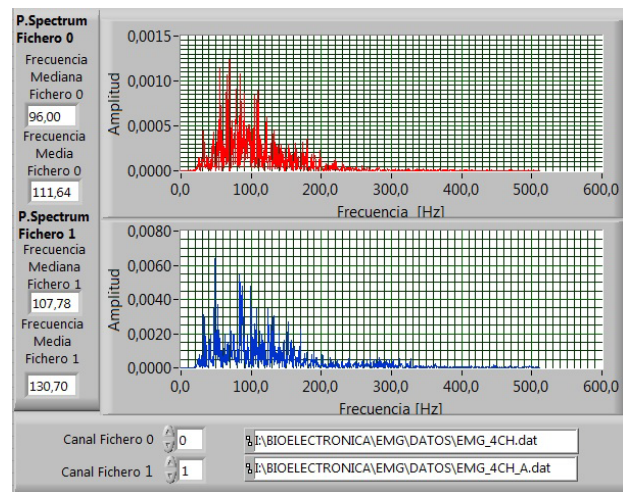


Fig.10. PF del instrumento virtual *Analisis_Frec_2.vi*

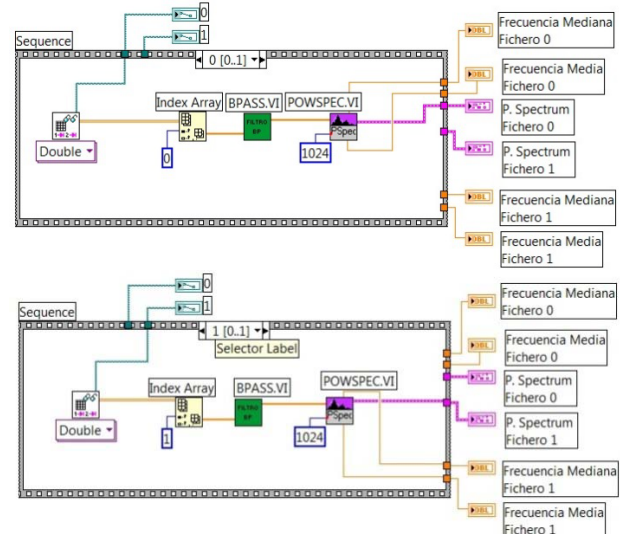


Fig.11. DB del instrumento virtual *Analisis_Frec_2.vi*

ejemplo que se muestra, aun cuando se trabajan diversas competencias, se hace hincapié en la correspondiente a la destreza para analizar y diseñar nuevo equipamiento médico centrado en el usuario.

Este ejemplo en cuestión consiste en el diseño e implementación de un instrumento virtual con la siguiente funcionalidad:

- Leer los datos almacenados en un fichero correspondientes a una prueba isométrica, concretamente el par.
- Representación gráfica de la señal completa así como de un segmento de la misma pudiendo realizar un análisis. Mediante el uso de cursores, en el panel frontal, se puede monitorizar la correspondencia entre la muestra adquirida y su valor.
- Cálculo y monitorización de diversos parámetros estadísticos.

En la Fig.12 se muestra el panel frontal y en la Fig.13 el correspondiente diagrama de bloques del instrumento, virtual *Par_1.vi*. Como en los ejemplos anteriores, en el desarrollo del código, se ha seguido una estructura modular.

Para el estudio de la fatiga muscular actualmente se está desarrollando un VI que de forma automática represente la evolución de la frecuencia mediana así como la pendiente de la misma y su correlación con el valor RMS de una serie de múltiples EMGs cuyos datos están almacenados en diversos ficheros.

III. EVALUACIÓN

El concepto de evaluación se enfoca desde una perspectiva funcional, como una actividad sistemática, válida y fiable sobre la identificación y análisis de los factores e implicaciones que modulan la eficacia y eficiencia

docente del material didáctico generado y su puesta en práctica.

Como metodología docente se ha empleado el aprendizaje basado en problemas (ABP). De forma resumida, el ABP es una metodología centrada en el aprendizaje, en la investigación y reflexión que siguen los alumnos para llegar a una solución ante un problema planteado por el profesor. Es por lo tanto, en el contexto presente, un método de aprendizaje basado en el principio de desarrollar e implementar diversos instrumentos virtuales como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos. En esta metodología los protagonistas del aprendizaje son los propios alumnos, que asumen la responsabilidad de ser parte activa en su proceso formativo. En éste, una característica funcional es que los estudiantes pueden alterar o modificarla funcionalidad aparenciada de la instrumentación virtual y así personalizarla experiencia total de su aprendizaje [7], [8].

La evaluación se ha realizado sobre los 25 alumnos/as del módulo Análisis y Tratamiento de Señales Bioeléctricas. Esta prueba piloto se articula en los siguientes apartados:

1.- Sobre la instrumentación virtual

- Aspectos funcionales, 9 criterios.
- Aspectos técnicos, 8 criterios.

2.- Relacionado con el aprendizaje

- El desarrollo y adquisición de habilidades cognitivas y metacognitivas, 7 criterios.
- El desarrollo y adquisición de competencias que se potencian mediante el empleo de la instrumentación virtual, 9 competencias.

Se ha elaborado una rúbrica para evaluar cada uno de estos cuatro apartados con una valoración de 0 a 10 para cada uno de sus criterios.

Aspectos funcionales

La funcionalidad de la instrumentación virtual generada está correlacionada con dos de los objetivos específicos de este módulo como son:

- Proporcionar al alumnado una base sólida, tanto teórica como práctica, para iniciar un trabajo en el diseño de instrumentación y tecnología en bioelectrónica.
- Proporcionar soluciones en el ámbito de la salud, mediante la aplicación de nuevas y modernas tecnologías.

En este apartado se han evaluado los siguientes criterios, cuyo resultado se muestra en la Fig. 14:

- Permitir la verificación de los principios y conceptos médicos fundamentales, AF_1.
- Favorecer la motivación para la práctica de la instrumentación biomédica, AF_2.
- Dar oportunidades para la inmediata correlación entre los resultados teóricos y experimentales, AF_3.
- Estimular los grupos de trabajo y su interacción, desde el diseño y desarrollo del instrumento virtual hasta la elaboración de los informes técnicos, AF_4.
- Generación de información asociada a un experimento, AF_5.
- Facilidad para crear una experiencia de laboratorio individualizada basada en la habilidad y el conocimiento de cada estudiante o grupo de trabajo, manteniendo los fundamentos del experimento, AF_6.

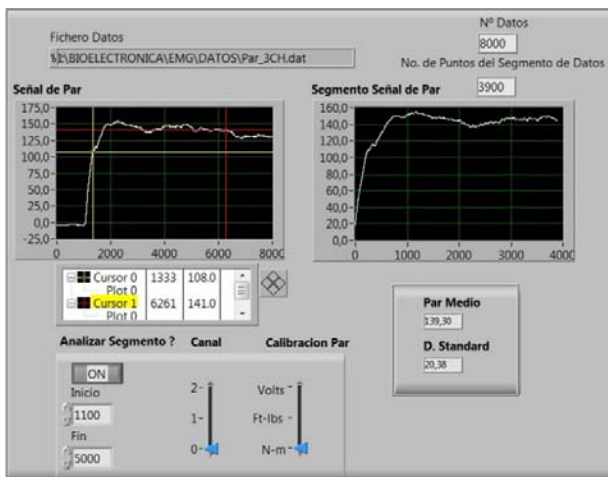


Fig. 12. PF del instrumento virtual *Par_1.vi*

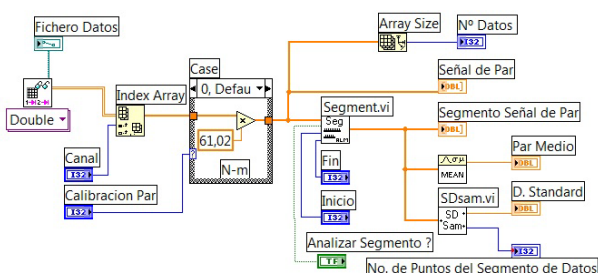


Fig. 13. PF del instrumento virtual *Par_1.vi*

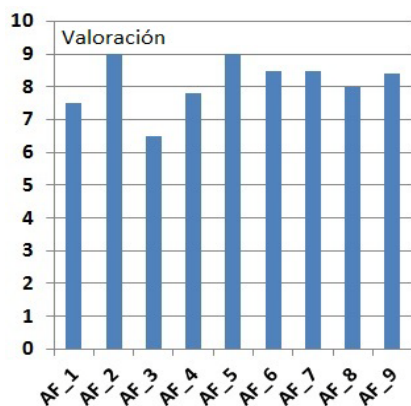


Fig. 14. Representación gráfica de las valoraciones correspondientes a “Los aspectos funcionales”

- Eficacia, AF_7.
- Facilidad de uso, AF_8.
- Versatilidad, AF_9.

Aspectos técnicos

Los aspectos técnicos se relacionan sobre todo con el planteamiento, desarrollo, contenidos e implementación de la instrumentación virtual, corresponden a:

- Precisión y exactitud en la implementación de los algoritmos de cálculo de los diversos parámetros que caracterizan un EMG, AT_1.
- Metodología y modelos de programación. Modularidad AT_2.
- Facilidad para personalizar un instrumento virtual a un requerimiento específico. Reusabilidad, AT_III.
- Portabilidad, AT_IV.
- Interface de usuario. Panel Frontal, AT_5.
- Ejecución fiable, velocidad y visualización de los resultados, AT_6.
- Potencialidad de los recursos didácticos, AT_7.
- Descripción del modelo del sistema, AT_8.

La representación gráfica de los resultados de los criterios evaluados en este apartado se muestra en la Fig. 15.

Desarrollo y adquisición de habilidades cognitivas y metacognitivas

Este apartado se ha elaborado con el objeto de obtener indicadores sobre el tipo de tareas y actividades, que siguiendo la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP), se generan y desarrollan durante la impartición de este curso. El acento está en determinar si a través de dichas actividades se potencia en el alumnado el desarrollo de estrategias que estén relacionadas con los procesos de cómo aprenden, ponen en práctica lo aprendido y controlan sus aprendizajes, propiciando el desarrollo de estrategias tanto cognitivas como metacognitivas (aprender a aprender) en la acción formativa. Las estrategias cognitivas incluyen tanto las de carácter general como las correspondientes con un dominio particular, en este caso la instrumentación virtual aplicada a la bioelectrónica. En este apartado se han evaluado los siguientes criterios:

- Fortalecimiento en el alumnado de las habilidades de investigar, H_1.
- Potenciar en el alumnado las tareas orientadas al trabajo autónomo y capacidad de búsqueda, H_2.

- Fomento en el alumnado de tareas y actividades asociadas al aprendizaje basado en problemas (ABP), H_3.
- Refuerzo de habilidades tipo aprender a aprender, H_4.
- Potenciar en el alumnado habilidades de planificación, H_5.
- Desarrollo de tareas y actividades de enseñanza-aprendizaje de alta demanda cognitiva como reflexión, análisis, síntesis, creatividad, H_6.
- Fortalecimiento en las tareas de estrategias metacognitivas, tales como hacer consciente al alumnado de sus estilos de aprendizaje y los mecanismos por los cuales asimilan y ponen en práctica el conocimiento, H_7.

En la Fig.16 se muestra la valoración de los referidos criterios.

El desarrollo y adquisición de competencias que se potencian mediante el empleo de la instrumentación virtual.

Este apartado, nos aproxima a cuantificar, por parte del alumnado, el grado de adquisición de las competencias específicas asociadas al módulo Análisis y Tratamiento de Señales Bioeléctricas. Las competencias evaluadas corresponden a:

- Comprender y aplicar los principios de biofísica, bioquímica y análisis matemático, AC_1.
- Comprender y aplicar los principios de los sistemas, AC_2.
- Destreza para analizar y diseñar nuevo equipamiento médico centrado en el usuario, AC_3.

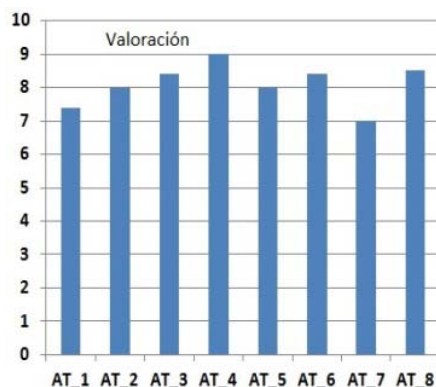


Fig. 15. Representación gráfica de las valoraciones correspondientes a “Los aspectos técnicos”

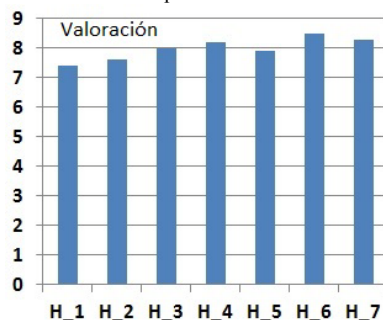


Fig.16 Representación gráfica de las valoraciones correspondientes a “Los aspectos sobre habilidades cognitivas y metacognitivas”

- Conocer campos de actuación interdisciplinar entre la ingeniería y las ciencias biomédicas (bioingeniería), AC_4.
- Desarrollar habilidades para la gestión de tecnologías en el campo de la salud, AC_5.
- Desarrollar habilidades para la innovación y aplicación de tecnologías existentes o para el desarrollo de nuevas, AC_6.
- Identificar las potencialidades de la tecnología para su aplicación en la biomedicina, AC_7.
- Ser capaz de innovar, desarrollar e investigar de forma interdisciplinar y colaborativa en ingeniería biomédica, AC_8.
- Capacidad para utilizar las herramientas de la ingeniería biomédica y medicina para plantear soluciones interdisciplinares, AC_9.

En la Fig. 17 se muestra la evaluación cuantitativa sobre la adquisición de las referidas competencias.

IV. CONCLUSIONES

1. El diseño e implementación de la instrumentación virtual se ha realizado de forma modular, siguiendo una metodología top-down, es decir de lo general a lo particular. Como aspecto destacable es el elevado índice de abstracción inherente a las funciones utilizadas ya que permiten centrarse en “lo que hay que hacer.”
2. El sistema realiza un acondicionamiento apropiado de la señal EMG, respecto a la eliminación de ruido, así como en su filtrado. Se tiene como perspectiva la aplicación del sistema para el análisis de la actividad muscular global en el ser humano. El sistema es versátil, ya que podría analizar otro tipo de señales con las mínimas modificaciones, lo cual significa que no está limitado a esta aplicación específica. En nuestro caso particular se agilizó concretamente el análisis de la señal EMG debido a la automatización de las distintas etapas en su procesamiento.
3. Desde la perspectiva médica, el estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto mediante el EMG proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan. Permite la localización por ejemplo de parálisis musculares, así como del lugar de la lesión que puede estar en el encéfalo, la médula



Fig.17. Representación gráfica de las valoraciones correspondientes a “El desarrollo y adquisición de competencias que se potencian mediante el empleo de la instrumentación virtual”

- espinal, el axón, la unión neuromuscular o las propias fibras musculares.
4. La incorporación de la instrumentación virtual al módulo Análisis y Tratamiento de Señales Bioeléctricas permite elevar la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje, por las siguientes razones:
 - Posibilita la creación de ambientes de aprendizaje en los cuales los estudiantes están en contacto con problemas de ingeniería biomédica del mundo real. Esto contribuye a una mejor comprensión de los conceptos estudiados y a mejorar su preparación profesional con miras a las demandas del mercado laboral, ya que estas tecnologías cada vez son más empleadas en el sector sanitario.
 - Contribuye a disminuir los costos de los laboratorios al reemplazar equipos costosos por instrumentos virtuales que se ejecutan en un PC. Así se minimiza el problema de la obsolescencia de los equipos existentes y posibilita mantener al día los laboratorios con los avances de las nuevas tecnologías.
 - Proporciona flexibilidad al profesorado para diseñar experimentos que se ajusten a los contenidos de aprendizaje, permitiendo el desarrollo de estrategias de enseñanza basadas en habilidades y destrezas, solución de problemas, estudio de casos, aprendizaje basado en problemas o proyectos, aprendizaje colaborativo etc.
 - La sencillez conceptual de la programación gráfica facilita su comprensión por parte de los estudiantes, permitiéndoles concentrarse en los conceptos y no en arduas tareas de programación, recolección de datos, etc. Resulta pertinente destacar el familiarizar a los alumnos con la actual tendencia de presentar la información sobre las bioseñales en instrumentos virtuales (basados en PC) y mediante el análisis por técnicas de caracterización similares a las empleadas (en el dominio del tiempo y de la frecuencia) por los equipos clínicos y de investigación.
5. De los resultados de aprendizaje y de la propia evaluación se deduce que tanto la instrumentación virtual desarrollada e implementada como la metodología docente empleada es útil y adecuada para una docencia más flexible, abierta y adaptada a las características individuales del alumnado facilitando un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en la actividad y construcción del conocimiento.
6. La metodología docente aplicada, APB, se ha mostrado especialmente adecuada pues el alumnado ha sido capaz de identificar y resolver problemas, de comprender el impacto de su propia actuación profesional y las responsabilidades éticas que implica, de interpretar datos y diseñar estrategias, de movilizar y de poner en juego el conocimiento teórico que está adquiriendo en su formación.

En conclusión, la instrumentación virtual, junto a metodologías docentes de aprendizaje activo, es una solución innovadora en el área de la bioelectrónica. Gracias a su flexibilidad, funcionalidad y operatividad, proporciona a los ingenieros de diseño, test y medida un conjunto de medios tecnológicos esenciales que les permite afrontar una amplia gama de retos al poder implementar sistemas de instrumentación que se pueden utilizar a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, desde su diseño y simulación, hasta las pruebas finales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al FEDER y MINECO por la contribución financiera a través del proyecto de investigación DPI 2015-70075.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.physionet.org>. Consulta: 12 de Noviembre de 2014.
- [2] Iñigo J. Oleagordia, Mariano Barrón, José I. San Martín, "Estudio y Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca con Instrumentación Virtual" *Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación, Actas SAAEI 2015*, pp. 28, Zaragoza, España, 2015.
- [3] B. Hudgins, P. Parker, R. Scott, "New Strategy for Multifunction Myoelectric Control". *IEEE Trans Biomed Eng.* Vol. 40, pp. 82-94, 1993.
- [4] B. LeVeau, G. Andersson, "Output forms, data analysis and applications". *Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives*. U.S. Department Of Health and Human Service. March 1992, pp. 69-102.
- [5] E. Clancy, M. Bertolina, R. Merlitti, D. Farina, "Time- and frequency-domain monitoring of the myoelectric signal during a long-duration, cyclic, force-varying, fatiguing hand-grip task", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2007. www.sciencedirect.com
- [6] S. Karlsson, B. Gerdle, "Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque study using the continuous wavelet transform". *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 11, pp.131-140, 2001
- [7] J. Olansen, E. Rosow, "Virtual Bio-instrumentation: Biomedical, Clinical, and Healthcare Applications in LabVIEW". Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2002.
- [8] J. Olansen, F. Ghorbel, J. Clark, A. Bidani, "Using virtual instrumentation to develop a modern biomedical engineering laboratory," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 16, no.3, pp. 244-254, 2000.
- [9] Zaman, S. A, Mc Isaac, D. T, Parker, P. A. "Repeatability of Surface EMG-based Single Parameter Muscle Fatigue Assessment Strategies in Static and Cyclic Contractions". *Proceedings of EMBC 2011 33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 3857-3860, ISBN 978-142444121-1, Boston, MA, USA, August 30-September 3, 2011
- [10] Viitasalo, J. T, Komi, P. V. "Interrelationships of EMG Signal Characteristics at Different Levels of Muscle Tension and during Fatigue". *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, Vol.18, No.3-4, pp. 167-178, ISSN 0301-150X.
- [11] Thongpanja, S. Phinyomark, A. Phukpattaranont, P. Limsakul, C. (2013). "Mean and Median Frequency of EMG Signal to Determine Muscle Force Based on Time-Dependent Power Spectrum". *Electronics and Electrical Engineering*, Vol.129, No.3, ISSN 2029-5731.
- [12] Stulen, F. B, De Luca, C. J. "Frequency Parameters of the Myoelectric Signal as a Measure of Muscle Conduction Velocity". *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.28, No.7, pp. 515-523, ISSN 0018-9294.
- [13] Solomonow, M. Baten, C. Smit, J. Baratta, R.; Hermens, H.; D'Ambrosia, R. & Shoji, H.(1990). Electromyogram Power Spectra Frequencies Associated with Motor Unit Recruitment Strategies. *Journal of Applied Physiology*, Vol.68, No.3, pp. 1177-1185, ISSN 0021-8987.
- [14] Roy, S. H., Bonato, P, Knaflitz, M. "EMG Assessment of Back Muscle Function during Cyclical Lifting". *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol.8, No.4, pp. 233-245, ISSN 1050-6411.
- [15] Ravier, P. Buttelli, O. Jennane, R. Couratier, P. "An EMG Fractal Indicator Having Different Sensitivities to Changes in Force and

Muscle Fatigue during Voluntary Static Muscle Contractions". *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol.15, No.2, pp. 210-221, ISSN 1050-6411.

- [16] Rainoldi, A. Galardi, G. Maderna, L.; Comi, G.; Conte, L. L, Merletti, R. "Repeatability of Surface EMG Variables during Voluntary Isometric Contraction of the Biceps Brachii Muscle". *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol.9, No.2, pp. 105-119, ISSN 1050-6411.
- [17] Phinyomark, A. Hirunviriyi, S. Phukpattaranont, P. Limsakul, C. "Evaluation of EMG Feature Extraction for Hand Movement Recognition Based on Euclidean Distance and Standard Deviation". *Proceedings of ECTI-CON 2010 7th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, pp. 856-860, ISBN 978-1-4244-5606-2, Chiang Mai, Thailand, May 19-21, 2010.
- [18] Oskoei, M. A, Hu, H, Gan, J. Q. "Manifestation of Fatigue in Myoelectric Signals of Dynamic Contractions Produced during Playing PC Games". *Proceedings of EMBS 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 315-318, ISBN 978-1-4244-1814-5, Vancouver, BC, Canada, August 20-25, 2008.



Iñigo Javier Oleagordia Aguirre (Bilbao, 1954) Licenciado en Ciencias Físicas (1977), especialidad en Electrónica y Automática. Finalizados estos estudios comenzó su carrera docente en la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en ingeniería electrónica. Comenzó investigando en aplicaciones informáticas aplicadas a la docencia universitaria, realizando la tesis doctoral *Sistema para el diseño de la simulación, caracterización y control de procesos físicos*. (UPV/EHU, 1996).

Su actividad docente e investigadora se centra en la instrumentación electrónica y la edición de material docente aplicando tecnologías de la información y comunicación (TICs). Los resultados de las investigaciones se han publicado en diversas revistas y congresos nacionales e internacionales. También colabora con diversas empresas en aspectos técnicos y de formación. El profesor Oleagordia consiguió el Segundo premio en el 1º Concurso Iberoamericano CITA 98 celebrado en Madrid. Actualmente es profesor titular de universidad.



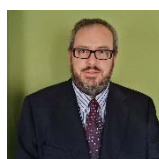
José Ignacio San Martín Díaz (Baquedano, Navarra, 1958). Obtuvo el Grado de Ingeniero Industrial, especialidad Ingeniería Eléctrica, en la Universidad del País Vasco UPV/EHU, en 2003. En 2009, obtuvo el Grado de Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad del País Vasco.

Actualmente es Director de la Escuela de Ingeniería de Eibar y Profesor Titular en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del País Vasco. Sus líneas de investigación están enfocadas hacia las tecnologías de Generación Distribuida, Energías Renovables, Micro-redes Eléctricas y Pilas de Combustible.



Aitor J. Garrido Hernández (SM'10) was born in Bilbao, Spain in 1972, received the M.Sc. degree in Applied Physics in 1999, the M.Sc. degree in Electronic Engineering in 2001, and the Ph.D. degree in Control Systems and Automation in 2003, all of them from the University of the Basque Country. Since 2000 he has held several research and teaching positions at the Automatic Control and Systems Engineering

Department of the University of the Basque Country at Bilbao, Spain, where he is currently Associate Professor (tenured) of Control Engineering and head of the Automatic Control Group. He has more than 100 papers published in the main international conferences of the area, book chapters and JCR (ISI)-indexed journals, has served as reviewer in a number of international indexed journals and conferences, and has supervised several Ph.D. thesis. His present main research interest area is the applied control of dynamic systems, in particular the control of ocean energy and nuclear fusion systems.



Pedro Rodríguez López (Bilbao 1971). Estudiante de tercer año de doctorado (2016) en el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la escuela de Ingenieros de Bilbao. Profesor desde el 2005 en la UNED Bizkaia de diversas asignaturas. CEO en la empresa Ingeniería Lezana SL en la cual realiza labores de I + D. Su actividad principal es la investigación y desarrollo de equipos electrónicos y proyectos industriales en general.

Capítulo 9

Percepção para a Cooperação: Estudo de Caso em Editores de Textos Web na Perspectiva de Usuários Cegos

R. P. Machado, D. Conforto and L. Santarosa.

Title—Perception for Cooperation: A Case Study in Web text editors in the blind users perspective

Abstract—This article discusses the limits and possibilities of interaction blind users with cooperative text editors on the Web. It is characterized as a qualitative, exploratory/explanatory research, whose object of study is the implementation of live regions, accessibility tool that operates as a condition of possibility for interaction and positive interdependence among blind users and collaborative Web applications. Based on the sociocultural context of affirmation of difference and space-time of cooperation established by Web 2.0, conceptually grounded in the research area of Computer Supported Cooperative Work, this research discusses the potential for cooperation and individual and collective authorship of Groupware tools when interacting with individuals visually impaired. The results of the experiments showed a weakness about the availability of awareness elements targeted to people with visual impairment, including, lack of user identification features in synchronous and asynchronous action and absence of feedback strategies for awareness among participants.

Keywords—Cooperation; Web 2.0; Accessibility; WAI-ARIA; CSCW; awareness elements.

Resumo—Este artigo problematiza os limites e as possibilidades da interação de usuários cegos com editores de textos Web cooperativos. Caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, exploratória/explicativa, cujo objeto de estudo é a implementação de regiões vivas, ferramenta de acessibilidade que opera como condição de possibilidade para a interação e a interdependência positiva entre usuários cegos e aplicativos Web cooperativos.

Este trabajo fue presentado originalmente al XVIII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, SIIE 2016

R. P. Machado is with the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil, (corresponding author to provide phone: +55 51 3930-6002; e-mail: rodrigo.prestes@poa.ifrs.edu.br).

D. Conforto, is with the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil, (e-mail: deboraconforto@gmail.com).

L. Santarosa, is with the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil, (e-mail: lucila.santarosa@ufrgs.br).

Com base no contexto sociocultural de afirmação da diferença e nos espaços-tempo de cooperação estabelecidos pela Web 2.0, conceitualmente alicerçado na área de pesquisa da Computer Supported Cooperative Work, a trajetória de investigação consiste em discutir o potencial de cooperação e de autoria individual e coletiva em ferramentas de Groupware quando em interação com sujeitos com deficiência visual. Os resultados dos experimentos mostraram uma fragilidade da disponibilidade de elementos de percepção voltados para pessoas com deficiência visual, incluindo, a falta de identificação dos usuários em ação síncrona e assíncrona e ausência de estratégias de feedback para a percepção entre os participantes.

Palavras-chave Cooperação; Web 2.0; Acessibilidade; WAI-ARIA; CSCW; elementos de percepção.

I. INTRODUÇÃO

A expansão da Internet impulsionou a difusão de valores como a cooperação, a partilha e a liberdade de criação, inspirando o homem a encontrar formas diferenciadas de pensar o mundo e as relações sociais. Atualmente, vivenciamos a Ciberultura pelo exercício da transformação cultural forjada pelo ímpeto da conexão e pela busca de informações em diferentes mídias.

No contexto da Ciberultura, a interação em rede e a produção cooperativa têm suas condições de possibilidade potencializadas pela garantia de acesso a um conjunto de dispositivos tecnológicos com alto grau de interatividade, conjunto que passou a configurar a interface da segunda fase da Web [1]. A Web 2.0 amplia gradativamente os espaços de interação humana, projetando um espaço-tempo digital que supera a perspectiva de uma mera mudança estética – ao promover a socialização de ideias e projetos, ao facilitar o encontro de pessoas e de organizações, são instituídas formas de convivência e de convergência alicerçadas no respeito e na valorização das individualidades e das diferenças.

A Web 2.0 revela um novo paradigma na modelagem de interfaces para as tecnologias digitais de informação e de comunicação. Trata-se de um processo, como destaca [1], que, além de aperfeiçoar a usabilidade de interfaces para Web, objetiva o desenvolvimento de uma Arquitetura de Participação, ou seja, sistemas computacionais devem incorporar recursos de interconexão e de compartilhamento de

tecnologias e de saberes. A produção desta Cultura da Participação viabiliza-se no cumprimento da premissa estabelecida por [1] – as funcionalidades da Web se tornarão melhores à medida que aumentar o número de pessoas que passarem a utilizar seus recursos e benefícios.

Para instituir a Cultura da Participação e da Cooperação, as ações humanas necessitam ser pautadas no diálogo com as diferenças. Essa contemporânea matriz cultural é conquistada quando a exclusão prévia de qualquer grupo social e/ou a restrição dos direitos e deveres humanos são efetivamente combatidas. A perspectiva da inclusão sociodigital exige a alteração do perfil tecnológico, devendo a assumir como meta a superação das restrições no desenvolvimento de *software* modelados para uma determinada especificidade sensorial ou cognitiva.

Após investigar a interação de pessoas com deficiência com recursos computacionais, [2] analisou que é necessário romper com a lógica do *software* exclusivo para cada deficiência. Programas com a etiqueta “centrados no déficit”, ainda que apresentem vantagens, uma vez que são fáceis de usar e parecem solucionar o problema físico ou sensorial, na verdade revelam sua fragilidade ao não acompanhar o desenvolvimento do usuário e ao não potencializar a interação com os demais usuários. No desenvolvimento de tecnologias para pessoas com deficiência, a ruptura com o caráter de exclusividade deve ser garantida, pois a modelagem restritiva opera sob uma lógica centrada no defeito e, por isso, na segregação digital e social.

A trajetória de investigação assumida neste artigo, estabelecida no imbricamento do cenário sociocultural de afirmação da diferença e dos contextos de interação e de protagonismo possibilitados pela Web 2.0, consiste em discutir o potencial de cooperação e de autoria individual e coletiva em ferramentas de *Groupware* quando em interação com sujeitos com deficiência visual (DV). A investigação foi conceitualmente alicerçada na área de pesquisa da *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*[3].

A discussão dos dados apresentados neste artigo constitui um estudo prévio da investigação de doutorado coordenada pelo Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cujo objeto de estudo é problematizar a implementação de regiões vivas, ferramenta de acessibilidade projetada, como condição de possibilidade para a interação e a interdependência positiva entre usuários cegos e sistemas Web colaborativos.

II. DA WEB 1.0 PARA A WEB 2.0: LIMITES E POSSIBILIDADES

Nos últimos anos, foi notória a evolução da Web 1.0 – a primeira configuração da rede mundial de computadores, caracterizada como um grande repositório de informações, atualizou-se para também operar como plataforma de construção sistemas. Preocupado com questões de acessibilidade, em 1999, o *World Wide Web Consortium*

(W3C) lançou a primeira versão da recomendação *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* [4], que possuía recomendações importantes para a acessibilidade dos conteúdos digitais, estabelecendo boas práticas de acessibilidade, entre elas a atribuição de descrições textuais em imagens e o suporte à navegação por teclado.

As possibilidades de interação com a Web começaram a mudar quando a equipe de desenvolvimento do navegador Internet Explorer ofereceu uma maneira de estabelecer requisições assíncronas entre cliente-servidor. Esse modelo assíncrono, batizado posteriormente de *Asynchronous Javascript and XML (AJAX)*, permitiu que novos componentes de interface (*widget*) e, conseqüentemente, novas aplicações pudessem ser pensados. Não demorou muito para que planilhas eletrônicas, editores de textos, mapas geográficos, entre outros aplicativos, fossem desenvolvidos. Essa nova classe de sistemas Web, com interface comparável aos aplicativos escritos para sistemas operacionais, foi então batizada de *Rich Internet Application (RIA)*.

A introdução das aplicações RIA estreou uma nova forma de navegação para os usuários cegos da Web. Por meio de um leitor de tela, um cego pode percorrer os elementos de uma página de maneira sequencial. Entretanto, como as páginas das aplicações RIA sofrem atualizações constantes, era necessário um mecanismo de notificação. Para resolver essa e outras questões, o W3C escreveu uma nova recomendação, denominada *Accessible Rich Internet Applications (ARIA)* [5], que incorpora novos elementos ao HTML. Esses elementos permitem o diálogo entre tecnologias assistivas e os componentes de interface Web. Com o objetivo de informar sobre as atualizações na página, o ARIA propôs as regiões vivas (*live regions*), um mecanismo que, em conjunto com um leitor de tela, permite notificar os usuários caso ocorra alguma alteração nos elementos de um documento Web.

Os resultados da revisão bibliográfica apontaram para trabalhos que tentam identificar os problemas de acessibilidade em aplicações RIA colaborativas. Conforme revelaram as pesquisas realizadas por [6], na implementação de uma aplicação de *chat* na Web chamada de *Reef Chat*, foram utilizadas regiões vivas para permitir a participação de usuários cegos na interação. Devido ao problema de sobrecarga cognitiva pela circulação de muitas mensagens, estas foram classificadas pelo grau de relevância. Uma mensagem recebia relevância máxima (MAX) quando continha o nome de algum usuário que estava participando do *chat*. As mensagens de relevância média (MID) foram identificadas por meio da contagem de palavras similares em comparação com as mensagens anteriores. Todas as mensagens restantes eram classificadas com uma prioridade mínima (MIN). As mensagens com importância máxima e média foram marcadas na região viva como *assertive*, fazendo com que o leitor de tela notificasse o usuário mesmo que ele estivesse realizando outra ação; as de baixa prioridade foram classificadas como *polite*, sendo lidas pelo leitor de tela somente quando o usuário estivesse parado.

Embora o artigo não apresente dados concretos sobre a validação da solução proposta, os autores mencionam, em suas discussões, uma preocupação quanto à sobrecarga de informação em ambientes com alto grau de atividade. Expuseram, também, ideias para melhorias dos leitores de telas, como, por exemplo, adicionar a possibilidade de emitir múltiplas vozes, visto que atualmente os leitores de telas sintetizam apenas uma única voz para o conteúdo HTML.

Outra investigação analisada foi a ferramenta síncrona para mediação e troca de ideias na Web [7]. Com funcionalidades similares a um sistema de Webconferência, o Quadro-Branco possuía uma área para identificar os participantes, recursos de *streaming* de áudio e vídeo, um *chat* e uma ferramenta para construção de esquemas, na qual era possível compartilhar texto, imagens e vídeos. Apesar de a ferramenta possuir sistemas de notificação, não foram coletados dados que identificassem problemas relativos à questão de sobrecarga de informação. Um ponto frágil para os cegos é o posicionamento espacial dos objetos na ferramenta de construção de esquemas, visto que a qualidade das mensagens do retorno da localização do objeto dada ao usuário é baixa. Para permitir o deslocamento de objetos para usuários que utilizam apenas o teclado, foi desenvolvida uma funcionalidade a fim de posicionar espacialmente os objetos. No entanto, o fato de a unidade de medida ser informada em *pixels* dificultava a compreensão do posicionamento por parte dos usuários.

Embora as regiões vivas implementadas tenham permitido que os usuários conseguissem escutar os anúncios referentes aos movimentos que eram realizados no sistema, eles apresentaram dificuldade de usar essa informação para interagir com o ambiente em virtude da qualidade da mensagem.

Com base nesse conjunto de desafios e de soluções apontado em pesquisas que abordam a interação de usuários cegos com aplicativos para Web, foi estabelecido o objeto de investigação deste artigo, localizado no campo de saber da acessibilidade em sistemas colaborativos: analisar os limites e as possibilidades de editores de texto cooperativos em instituir processos de interação e de interdependência positiva para usuários com DV.

III. BASE CONCEITUAL DA PESQUISA

CSCW se configura como uma área de pesquisa interdisciplinar que estabelece como um de seus focos de investigação as possibilidades de qualificar o trabalho em grupo mediado por tecnologias de informação e comunicação.

O cenário cultural instituído pela Cibercultura tem condicionado pesquisas na área da computação a fim de potencializar e viabilizar práticas de cooperação, independentemente da distância geográfica [8] [3], permitindo que equipes possam reunir membros dispersos na concretização de objetivos em comum.

O conceito de cooperação passa a ser central no âmbito da CSCW e, por isso, necessita ser delimitado. Piaget [9] aponta para a diferenciação entre colaboração e cooperação. Para esse cognitivista, a colaboração se configura como a interação na qual trocas de pensamento são efetivadas por meio da comunicação verbal e pela coordenação de pontos de vista. A colaboração otimiza e impulsiona a etapa das trocas sociais anterior à cooperação.

A cooperação se alicerça no conceito de interação, que ocorre por meio de operações racionais. Estas, para operar, exigem a formação de vínculos e a reciprocidade afetiva entre os sujeitos do processo de aprendizagem. A construção do conhecimento em ações de cooperação ocorre pela formação de sistemas de interação, na qual a estrutura operatória modifica o indivíduo e o grupo como um todo. Para que a ação de cooperação se concretize, dois conceitos devem ser observados: (1) a **interação**, processo estruturado pelo respeito mútuo, pela reciprocidade e pela

autonomia entre os participantes, e (2) a **interdependência**, a imbricada relação do sujeito conhecedor com o objeto a conhecer. Destaca-se que a positividade deve gestar a interação, de forma que todos os participantes possam efetivamente atuar e realizar com êxito as ações propostas. A interação e a interdependência positiva são fatores fundamentais em desenho de atividades cooperativas.

O sucesso de tarefas de cunho cooperativo está relacionado à capacidade de o participante perceber a ação do outro para, assim, tomar consciência de sua própria ação. Para Damásio [10], a mente toma consciência do mundo por intermédio do cérebro, e o cérebro só obtém informações por meio do corpo. Portanto, o corpo é o limite sensorial que alimenta o cérebro e, posteriormente, a mente. Dessa forma, neste trabalho, utiliza-se o termo percepção no sentido de recepção, capitaneado pelo mecanismo sensorial de entrada de informações do nosso corpo. A noção de consciência está associada a planejamento, à tomada de decisões, à interação com o meio e à seleção do curso da ação. Para [10], a consciência é um sentimento sem qualquer modalidade sensorial voltada ao exterior, pois não segue nenhum padrão visual, auditivo, olfativo ou gustativo.

Para que uma prática de cooperação ocorra em aplicativos Web, é fundamental que cada participante obtenha do sistema sinais da ação dos outros, estabelecendo o contexto para suas próprias ações, o que possibilitará a tomada de consciência para a cooperação. Segundo [11], a Percepção para a Colaboração (*Collaboration Awareness*) diz respeito à percepção das capacidades temporais e espaciais que afetam um grupo de pessoas que cooperam. Dessa forma, pode-se entender que a tomada da consciência para a cooperação é proveniente da percepção sobre a disponibilidade e a comunicação distinguível entre participantes dentro de espaços-tempo compartilhados.

Entretanto, em sistemas computacionais, o contexto da cooperação proporciona uma semântica para os espaços, caracterizando, assim, a noção de lugar. Por exemplo, uma sala de reuniões virtual possui convenções, papéis, rituais, entre outros elementos que designam um lugar. Portanto, o lugar pode associar diversas informações de percepção de um espaço para atribuir um significado concreto para os usuários.

A disponibilidade, requisito essencial em sistemas cooperativos, permite identificar o estado de cada participante (on-line/off-line) e, também, reconhecer se as pessoas estão em espaços físicos distintos. No âmbito da comunicação, seja síncrona ou assíncrona, as informações de conectividade, entrega, atraso nas mensagens, entre outras, devem ser anunciadas. Será o espaço, dentro do contexto de CSCW, que fornecerá os elementos de percepção do mundo tridimensional e, conseqüentemente, no gerenciamento da interação.

Existem diversos atributos de percepção relacionados com a noção de espaço que podem ser utilizados na tomada de consciência para a cooperação, como, por exemplo: (1) informações sobre a localização e a mobilidade dos indivíduos (*Location Awareness*) [12], (2) privilégios, papéis e atividades sociais (*Social Awareness*) [13], (3) espaços virtuais que definem topologias e formas de navegação (*Context Awareness*) [14], (4) interação dentro de um espaço de trabalho para realização de uma tarefa (*Workspace Awareness*) [15] e (5) processos dinâmicos de percepção, de entendimentos de eventos e de realização de ações (*Situation Awareness*) [16].

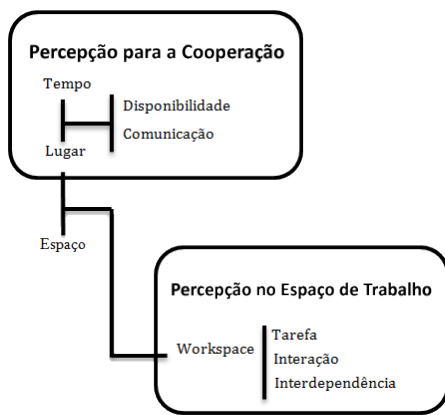


Fig 1. Esquema do conceito de Percepção para a Cooperação focalizado na investigação (Adaptado de [17])

Apesar de existirem diversos atributos importantes para a percepção dentro de um espaço/lugar, neste artigo foi avaliada a interação de usuários cegos com editores de texto cooperativos, focalizando apenas a noção de “Percepção no Espaço de Trabalho” (*Workspace Awareness*) como métrica de análise dos atributos relacionados à definição de espaço.

Segundo [15], a Percepção no Espaço de Trabalho é definida como a capacidade de perceber sinais para entender as tarefas que estão sendo realizadas no local de trabalho. As tarefas podem ser percebidas por informações de quem, o que, quando e como são realizadas.

Outra questão importante é a interação, ou seja, como o grupo interage no espaço de trabalho e que informações são necessárias para sustentar essa interação. Nesse sentido, o *feedback* para atingir um objetivo e o *feedthrough* para obter a informação sobre as ações de outros são elementos de interação consideráveis.

Por fim, a noção sobre o espaço de trabalho conduz para o conceito de interdependência percebida pelo grupo. Vários tipos de interdependência podem ser utilizados em um sistema, como, por exemplo, suporte às atividades paralelas, atividades coordenadas e atividades ajustadas mutuamente. A Figura 1 apresenta o recorte feito sobre o conceito de “Percepção para a Cooperação” apresentado em [17] e posteriormente utilizado neste trabalho.

Observar conceitos de interação e de interdependência positiva configura-se como premissa que se afirma na garantia da participação de todos na formulação e na concretização de propostas. Ações cooperativas necessitam da democratização dos atributos de percepção para apoiar a tomada de consciência e de decisão em sistemas Web.

IV. OPÇÃO METODOLÓGICA E CENÁRIO DE PESQUISA

Os dados da pesquisa discutidos neste artigo são resultado de uma investigação de abordagem qualitativa [18] realizada no intuito de analisar os limites e as possibilidades da utilização de editores de texto on-line por usuários com DV na concretização dos conceitos de interação e de interdependência. Configura-se como uma investigação de objetivo exploratório-explicativo [18], [19] por: (1) proporcionar maior familiaridade com o objeto de estudo e (2) conduzir um aprofundamento da pesquisa bibliográfica para a construção do referencial teórico.

O processo de investigação da construção da consciência para a cooperação por usuários com DV foi conduzido por um conjunto de categorias inspirado nas

discussões proposta por [17]: disponibilidade, comunicação, tarefa, interação e interdependência. A escolha das ferramentas CSCW foi conduzida pela observação de três critérios: (1) ser editor de texto com possibilidade de mediar práticas de cooperação, (2) ser amplamente utilizado e (3) responder positivamente às questões de análise estabelecidas por [17]. Para a validação dos aplicativos que compuseram o cenário de investigação, também foram utilizadas as questões de análise apontadas por [17]. Essa verificação foi apoiada pelo *checklist* apresentado no Quadro 1, estabelecendo as unidades de análise na composição dos protocolos de investigação.

Os resultados do processo de construção dos protocolos de investigação realizados pela equipe de pesquisadores assinalaram o critério “Não se aplica” para quatro questões de análise, que, por isso, foram descartadas. Essas questões não compuseram as ações projetadas para os sujeitos de pesquisa nos protocolos e foram retiradas do *checklist* na análise de ferramentas de CSCW para participantes com e sem DV apresentadas no Quadro 3. Essa decisão se justifica devido ao fato de as funcionalidades relacionadas às questões de análise não serem relevantes em editores de texto e, principalmente, não comprometerem os requisitos de percepção para a cooperação em ações de produção textual.

Participaram da investigação, como sujeitos de pesquisa, dois deficientes visuais com larga experiência na utilização de sistemas Web consorciada a leitores de tela (Quadro 2). Como instrumentos de coleta de dados, foram empregadas a

QUADRO I
CHECKLIST – ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE CSCW

Categorias	Questões de análise O sistema informa/promove:	C ₁	C ₂
Disponibilidade	Se os usuários estão disponíveis para cooperar (on-line, off-line)?	S	P
Comunicação	Se outros usuários estão trabalhando de forma síncrona, assíncrona?	S	S
	Se a conectividade foi perdida ou recuperada?	S	S
	Quando as mensagens foram entregues aos usuários de destino?	■	■
	Sobre o tempo gasto na entrega de uma mensagem?	■	■
Tarefa	Quem está realizando uma tarefa em particular?	S	S
	Sobre a atividade que está sendo executada por um determinado usuário?	S	S
	O lugar onde o usuário está trabalhando?	S	S
	Quando uma tarefa está sendo ou foi executada?	S	S
	Como uma tarefa está sendo ou foi executada?	S	S
	O histórico das tarefas executadas?	S	N
Interação	<i>Feedback</i> sobre as ações correntes dos usuários?	S	S
	Se outros estão acompanhando o que usuário está fazendo (<i>Feedthrough</i>)?	S	S
	Se outros estão seguindo o que usuário está fazendo (<i>Back-channel Feedback</i>)?	■	■
	Sinais sobre onde os usuários estão olhando?	■	■
	O <i>feedback</i> sobre quem está falando com quem?	S	S
Interdependência	Se os outros estão realizando atividades paralelas?	S	S
	Se há a realização de atividades coordenadas?	S	S
	Se há a realização de atividades de ajuste mútuo?	S	S
	Quem está no controle de um objeto ou de um recurso compartilhado?	S	S

Códigos: S – Sim; N – Não; P – Em parte; ■ Não se aplica;
C₁ – Editor de texto do Google Drive; C₂ – Word Online.

proposição de protocolos, a técnica de observação direta e a transcrição das filmagens. Nos encontros presenciais, realizados em setembro de 2015, com a duração média de 1h, os sujeitos de pesquisa foram instruídos a pensar em voz alta (*Think-aloud*) sobre as ações que efetuavam. A discussão dos dados foi pautada na técnica de análise textual discursiva, conforme [20].

A produção textual coletiva e cooperativa foi o artefato proposto em cada protocolo de pesquisa para o grupo de participantes, com e sem DV. A delimitação do objeto da ação cooperativa estabeleceu o contexto para a categoria “Tarefa”, e as estratégias para sua concretização foram investigadas pelas questões de análise estabelecidas nas categorias “Interação” e “Interdependência”.

QUADRO II
CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DE PESQUISA

S₁	Deficiente, 24 anos, com 5% de visão residual. Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas Web. Trabalha na IBM/Brasil. Configuração tecnológica estabelecida na aplicação dos protocolos de pesquisa: Windows 8.1, Jaws 15 e Firefox 40.03.
S₂	Cego, 47 anos, graduado em Ciência da Computação e em Física, e mestre em Ciência da Computação. Larga experiência com leitores de tela Jaws. Trabalha no Centro de Processamentos de Dados da UFRGS. Configuração tecnológica estabelecida na aplicação dos protocolos de pesquisa: Windows 7, Jaws 16 e Internet Explorer 9.

QUADRO III
CHECKLIST - ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE CSCW COM E SEM DV

Categorias	Questões de análise O sistema informa/promove:	S ₀		S ₁	S ₂
		C ₁	C ₂	DV	DV
Disponibilidade	Se os usuários estão disponíveis para cooperar (on-line, off-line)?	S	P	P	P
Comunicação	Se outros usuários estão trabalhando de forma síncrona, assíncrona?	S	S	P	P
	Se a conectividade foi perdida ou recuperada?	S	N	N	N
Tarefa	Quem está realizando uma tarefa em particular?	S	S	N	N
	Sobre a atividade que está sendo executada por um determinado usuário?	S	S	N	N
	O lugar onde o usuário está trabalhando?	S	S	N	N
	Quando uma tarefa está sendo ou foi executada?	S	S	N	N
	Como uma tarefa está sendo ou foi executada?	S	S	N	N
Interação	O histórico das tarefas executadas?	S	N	P	N
	Feedback sobre as ações correntes do usuário?	S	S	N	N
	Se outros estão acompanhando o que usuário está fazendo (Feedthrough)?	S	S	N	N
Interdependência	Feedback sobre quem está falando com quem?	S	S	N	N
	Se os outros estão realizando atividades paralelas?	S	S	N	N
	Se há a realização de atividades coordenadas?	S	S	N	N
	Se há a realização de atividades de ajuste mútuo?	S	S	N	N
	Quem está no controle de um objeto ou de um recurso compartilhado?	S	S	N	N

Códigos: S – Sim N – Não; P – Em parte; ■ Não se aplica;

C₁ – Editor de texto do Google Drive; C₂ – Word Online.

S₀ – Sujeito não DV; S₁ e S₂ – Sujeitos com DV.

V. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

As ações estabelecidas em cada protocolo buscaram contemplar as questões de análise elencadas no *checklist* - Análise de ferramentas de CSCW. O Quadro III, apresenta a abordagem quantitativa dos resultados, analisando a tomada de consciência para a cooperação entre sujeitos com e sem limitação visual. Na sequência, realiza-se uma discussão qualitativa das informações coletadas, ilustrando-as com excertos registrados das ações de cada participante.

Os resultados quantitativos dos dados coletados evidenciaram que os editores de texto analisados revelam um adequado suporte para a realização de atividade de produção textual cooperativa para pessoas sem limitações visuais. De todas as questões de análise utilizadas para mapear as possibilidades de percepção para a cooperação, apenas no contexto de pesquisa C₂, Word Online, três questões não foram positivamente avaliadas.

Para o item, “O sistema informa se os usuários estão disponíveis para cooperar (on-line, off-line)?”, foi parcialmente atingido, pois, o convite para a ação cooperativa encaminhado por e-mail, não permitiu que o sistema registrasse de forma precisa o estado de presença da pessoa solicitada a participar da construção do texto coletivo e cooperativo. Na interface do editor de texto a informação disponibilizada não exibiu o nome ou o e-mail do participante, sinalizando apenas com o termo genérico “convidado”, o que pode causar uma confusão na identificação dos demais participantes quando o processo de edição envolver um número maior de usuários. A questão, “O sistema informa o histórico das tarefas executadas?”, foi negativamente avaliada, uma vez que a funcionalidade que registraria o histórico da construção do texto não foi disponibilizada pelo aplicativo. Ainda em relação ao editor Word Online, a questão, “O sistema informa se a conectividade foi perdida ou recuperada?”, foi avaliada como negativa, pois, nenhum alerta visual ou sonoro surge no momento da perda de conexão com a internet, revelando a não efetivação desse elemento de percepção também para usuários sem DV.

Entretanto, quando o olhar sobre a análise do Quadro 4 tem como foco os usuários com limitação visual ou a cegos, os resultados revelam que os editores de textos analisados (C₁ e C₂) são inadequados para mediar ações de produção textual cooperativa, pois os requisitos de percepção essenciais à tomada de consciência para a cooperação passam a não ser garantidas.

Na categoria “Disponibilidade”, a questão de análise, “O sistema informa se os usuários estão disponíveis para cooperar (on-line, off-line)?”, foi parcialmente contemplada, pois, quando S₁ estava navegando pelo ambiente, percebeu a presença de outros participantes, mas não como uma ação propositiva do sistema. A percepção do S₁ resultou da livre exploração do usuário, uma prática realizada com frequência para: (1) iniciar uma tarefa e, assim, construir o mapa mental do espaço de trabalho; (2) resolver problemas de desorientação, pois o usuário DV utiliza-se da estratégia de retornar para o topo da página, e, assim, como consequência desse processo de navegação, percebe as alterações do sistema.

Por outro lado, o sujeito S₂ conseguiu perceber a entrada de novas participantes em C₂ (Word Online), uma vez que o anúncio “convidado está editando este documento” foi efetivado pelo leitor de tela, exemplificando o uso da

ferramenta de acessibilidade proposta pela W3C, região viva. Além disso, o usuário DV também foi notificado no momento da saída de algum participante por intermédio da mensagem “convidado não está mais editando este documento”. Porém, apesar do mecanismo de anuncio ter sido implementado, as mensagens não continham o nome do usuário que estava entrando ou saindo do ambiente, e, por esse motivo, avaliou-se como parcial a capacidade do usuário DV perceber a disponibilidade de outros participantes no espaço de trabalho, pela fragilidade da qualidade da informação encaminhada pelo sistema.

Na categoria “Comunicação”, a questão de análise associada à percepção dos sujeitos com DV para diferenciar a forma de atuação do participante na edição do texto, síncrona ou assíncrona, foi implementada nos editores C_1 e C_2 , permitindo a identificação dos participantes por meio de ícones coloridos e pela imagem do usuário. Entretanto, por serem recursos imagéticos, esses elementos de percepção não foram anunciados pelo leitor tela. O participante com DV para verificar os usuários sincronamente ativos, necessitava realizar uma ação de pesquisa, deslocando-se ao topo da tela e, por meio da navegação pelo teclado, acender a área de identificação dos responsáveis pela autoria coletiva e cooperativa do texto.

Ainda no conjunto de análise da categoria “Comunicação”, sobre a questão, “Se a conectividade foi perdida ou recuperada?”, avaliou-se como negativa a capacidade de um usuário DV perceber a perda de conexão com a internet nos contextos C_1 e C_2 . Apesar do editor C_1 exibir um *banner* para informar sobre perda de conectividade, nenhum tipo de anuncio sonoro foi transmitido ao usuário DV. No editor C_2 , foi constatada a ausência de comunicação, tanto visual e/ou sonora para atestar o momento da perda da conexão.

Na categoria “Tarefa”, o processo de edição do texto coletivo foi realizado pelos participantes sem DV. Para usuários sem limitações visuais, os editores analisados disponibilizam ícones visuais que possibilitam identificar em cada ação do participante na construção do texto coletivo e cooperativo. Importantes elementos de percepção, - “Quem?”, “O que?”, “Onde?”, “Quando?”, “Como?” -, estabelecem as condições de possibilidade para a concretização de tarefas e atuam como impulsionadores para que os conceitos de interação e de interdependência positiva sejam experienciados por participante com e sem DV. Por exemplo, o item 2, evidenciado na Figura 2, apresenta o elemento de percepção adotado em C_2 para indicar a posição do usuário em processo de edição de texto. Porém, esse tipo de recurso de percepção direcionado aos usuários DV não foi identificado nos editores C_1 e C_2 . Durante a realização dos protocolos de pesquisa, as ações de edição do texto executadas por participantes sem DV,

não foram anunciadas pelo leitor de tela, o que consequentemente, permite concluir a não existência de mecanismos de percepção estruturados para usuários DV.

As estratégias de investigação foram propostas nos protocolos de pesquisa para analisar se “O sistema informa o histórico das tarefas executadas?”, esse um importante recurso para a coordenação e gerenciamento do processo de produção textual cooperativa por: (1) oportunizar o acesso a diferentes versões do texto; (2) permitir que o mapa da atuação individual na construção do texto coletivo se obtido. Entretanto, esse requisito de percepção foi parcialmente atingida pelo sujeito S_1 , no contexto C_1 , pela opção do sistema em identificar a ação de cada participante por meio de cores, por isso, uma forma de implementação de um elementos de percepção sem relevância para usuários com DV.

É fundamental registrar que as questões de análise relacionadas com as categorias “Interação” e “Interdependência”, requisitos de percepção essenciais para a tomada da consciência, visando à cooperação no espaço de trabalho, são imperceptíveis para usuários com DV. Questões de análise relacionadas ao retorno dos editores de texto, “*Feedback sobre as ações correntes do usuário?*”, “*Se outros estão acompanhando o que usuário está fazendo (Feedthrough)?*” e “*Feedback sobre quem está falando com quem?*”, não se constituíram como efetivos retornos da atuação de cada participante no processo de edição de texto coletivo cooperativo para os sujeitos com DV. Há não implementação de um conjunto de estratégias de *feedback*, inviabilizando a tomada de consciência para S_1 e S_2 e, consequentemente, a interloração entre participantes com e sem DV.

A capacidade de agir do participante DV foi fragilizada pelo impedimento da negociação necessária à produção textual coletiva e cooperativa, pela ausência de anúncios que deveriam ter sido proporcionados pelo consorciamento dos sistemas C_1 e C_2 com os leitores de tela. Ilustra essa fragilidade de *feedback*, o registro de pesquisa realizado ao mapear a ação de S_1 : “[...] quando S_1 digitava na área de produção textual, o leitor de tela informava, “em branco” [Relato – S_1].

Propostas de construção textual cooperativa síncrona necessitam que o sistema ofereça espaços de negociação. No contexto C_1 , a negociação foi planejada para ocorrer por meio da ferramenta de chat. Para o sujeito de pesquisa S_1 , esse recurso de comunicação síncrono não era sinalizado pelo editor de texto, entretanto foi reconhecimento somente pelo contexto das mensagens: “[...] aqui não tem nada que identifique que existe uma mensagem de bate-papo e nem que estou em uma área de chat” [Relato – S_1]. Essa dificuldade vivenciado por S_1 para reconhecimento da área de chat, poderia ser sido solucionada com a implementação adequada de roles para esse componente de interface, conforme a recomendação de acessibilidade do ARIA.

Os resultados dos protocolos revelaram que os editores não foram capazes de anunciar, por exemplo, que um novo parágrafo de um texto estava sendo escrito por outro usuário. Com isso, ratifica-se a pesquisa de [21], pois os participantes DV não conseguiam diferenciar o que era efetivamente texto ou comentário. Além disso, S_1 se quer conseguiu entender que estava em um editor de texto na Web, para ele, tratava-se apenas de um campo de formulário. Outro problema encontrado foram as constantes atualizações da página, que causaram desorientação para os

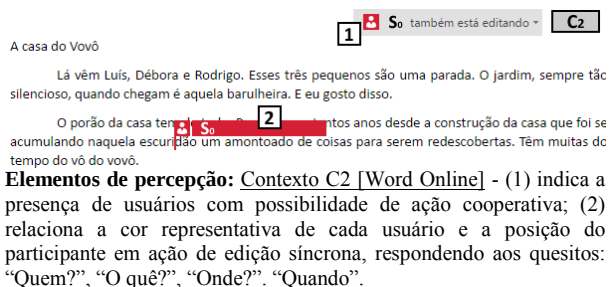


Fig 2. Elementos de percepção no contexto de pesquisa C_2 (Word Online) em ação síncrona.

usuários com DV. Por exemplo, em C₁, ao receber uma mensagem, uma janela de bate-papo foi criada, acarretando uma navegação diferente da original. Nas palavras de S₁, “[...] essa página parece mutante” e “é difícil estabelecer um mapa mental para essa página” [Relato – S₁].

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Web 2.0 se caracteriza como forte impulsionadora da “Cultura da Participação”, cenário sociocultural no qual as ações humanas devem ser tecidas no diálogo com as diferenças. A perspectiva da inclusão sociodigital exige a alteração do perfil tecnológico para democratizar as possibilidades de participação que emergem da adoção da técnica de programação assíncrona entre cliente e servidor Web (AJAX), pois, assim, a dinamicidade dos sistemas Web passa a operar sem a exclusão prévia de qualquer grupo social. As aplicações cooperativas representam um novo desafio para construção de soluções de uso e de acesso na Web.

Os aplicativos Web analisados nesta investigação revelaram-se inadequados para mediar ações de produção textual cooperativa, pois os requisitos de percepção essenciais para a tomada de consciência visando à cooperação, como comunicação, tarefa, interação e interdependência, não foram garantidos.

A solução para os problemas expostos neste trabalho possivelmente pode ser encontrada na implementação de funcionalidades de anúncios por intermédio de regiões vivas, o que conduz a duas novas questões de pesquisa: (1) as regiões vivas são ferramentas de acessibilidades apropriadas para implementar, de forma satisfatória, questões como disponibilidade, comunicação, tarefa, interação e interdependência em aplicativos Web?; (2) se as regiões vivas se revelam como mecanismo adequado para notificação, em que medida a quantidade de anúncios poderia causar problemas de sobrecarga cognitiva, confusão ou incerteza para sujeitos com DV? São esses os desafios que projetam o futuro desta pesquisa, ao estabelecer como objeto de investigação a proposição de estratégias em aplicativos Web, implementadas por meio de regiões vivas, para que problemas de percepção possam ser minimizados e, assim, passem a viabilizar processos de tomada de consciência para sujeitos com DV.

REFERÊNCIAS

- [1] Tim O'Reilly, “What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software,” 2005. [Online]. Available: <http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>. [Accessed: 23-Apr-2016].
- [2] R. E. Castellano and R. S. Montoya, “Laptop, andamiaje para la Educación Especial: guía práctica, computadoras móviles en el currículo,” *Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO)*. Montevideo, Uruguay, 2011.
- [3] M. Pimentel and H. Fuks, *Sistemas Colaborativos*. Elsevier Inc., 2011.
- [4] B. Caldwell, M. Cooper, L. G. Reid., and G. Vanderheiden, “Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0,” 2008. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>. [Accessed: 24-Apr-2016].
- [5] J. Diggs, J. Craig, S. McCarron, and M. Cooper, “Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.1,” 2016. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/wai-aria-1.1/>. [Accessed: 24-Apr-2016].
- [6] P. Thiessen and C. Chen, “Ajax live regions: ReefChat using the fire vox screen reader as a case example,” *Proc 2007 Int cross-disciplinary Conf Web Access*, p. 137, 2007.
- [7] L. Santarosa, D. Conforto, and R. P. Machado, “Whiteboard: Synchronism, accessibility, protagonism and collective authorship for human diversity on Web 2.0,” *Comput Human Behav*, vol. 31, no. 1, pp. 591–601, 2014.
- [8] A. Moeckel, *CSCW: conceitos e aplicações para cooperação*. Curitiba, 2003.
- [9] J. Piaget, *Estudos Sociológicos*. Forense, 1973.
- [10] A. Damásio, *O Erro de Descartes*, 1st ed. Companhia das Letras, 2012.
- [11] R. Johansen, D. Sibbet, S. Benson, A. Martin, R. Mittman, and P. Saffo, *Leading Business Teams: How Teams Can Use Technology and Group Process Tools to Enhance Performance*. Boston: Addison-Wesley, 1991.
- [12] A. Dix, T. Rodden, N. Davies, A. Friday, and K. Palfreyman, “Exploiting Space and Location as a Design Framework for Interactive Mobile Systems,” *ACM Trans Comput Interact*, vol. 7, no. 3, pp. 285–321, 2000.
- [13] P. Dourish, “Re-space-ing place,” in *Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work - CSCW '06*, 2006, p. 299.
- [14] A. M. MacEachren, “Moving Geovisualization toward Support for Group Work,” in *Exploring Geovisualization*, Elsevier, 2005, pp. 445–461.
- [15] C. Gutwin and S. Greenberg, “The effects of workspace awareness support on the usability of real-time distributed groupware,” *Interactions*, vol. 7, no. 4, pp. 9–13, 1999.
- [16] M. R. Endsley, “Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems,” *Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc*, vol. 37, no. 1, pp. 32–64, Mar. 1995.
- [17] P. Antunes, V. Herskovic, S. F. Ochoa, and J. A. Pino, “Reviewing the quality of awareness support in collaborative applications,” *J Syst Softw*, vol. 89, pp. 146–169, 2014.
- [18] A. C. Gil, *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*, 6th ed. Atlas, 2008.
- [19] M. Lüdke and M. E.D.A. André, *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. 2013.
- [20] R. Moraes, “Uma tempestade de luz: a com-preensão possibilitada pela análise textual discursiva,” 2003. [Online]. Available: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/04.pdf>. [Accessed: 24-Apr-2016].
- [21] G. Mori, M. C. Buzzi, M. Buzzi, B. Leporini, and M. R. Victor, “Collaborative Editing for All the Google Docs Example Accessibility and usability of Google Docs Collaborative Features,” pp. 1–10, 2011.

Página en Blanco

Capítulo 10

Un Estudio sobre la Influencia de la Visualización de Algoritmos en la Motivación de los Alumnos

J. Ángel Velázquez-Iturbide, Isidoro Hernán-Losada, Maximiliano Paredes-Velasco

Title—A Study on the Influence of Algorithms Visualization in Student's Motivation.

Abstract—There a number of evaluations of the impact of algorithms visualizations over students' performance. Another, commonly cited effect is an increase in students' motivation, but there are no rigorous evaluations that support this claim. In this article, we present a controlled evaluation of students' motivation using the SRec program visualization system. The evaluation was conducted in a lab session where students had to convert a multiple, redundant recursive algorithm into an efficient algorithm. Students in the experimental group used SRec whereas students in the control group could any programming tools of their choice. The results show that motivation in students of the control group did not increase, but students in the experimental group had a statistically significant increase in the two motivation dimensions with the highest self-determination, namely intrinsic motivation and extrinsic motivation via identified regulation.

Keywords— program visualization; SRec system; motivation

Abstract—Son numerosas las evaluaciones realizadas sobre el impacto educativo de las visualizaciones de algoritmos. Otro efecto frecuentemente señalado es el incremento de la motivación de los alumnos, pero no existen evaluaciones rigurosas del mismo. En esta comunicación presentamos una evaluación de la motivación mediante un experimento controlado. La evaluación se realizó durante una sesión de prácticas en la que los alumnos debían transformar un algoritmo con recursividad múltiple y redundante en algoritmos equivalentes pero eficientes. El grupo experimental utilizó el sistema SRec de visualización de la recursividad, mientras que el grupo de control tenía libertad para usar cualquier otra herramienta de programación. Los resultados muestran que el grupo de control no experimentó variación en su motivación, mientras que los alumnos del grupo experimental vieron aumentada de forma estadísticamente significativa sus motivaciones intrínseca y extrínseca vía

regulación identificada, justo las motivaciones más cercanas a la autodeterminación.

Keywords— visuslización de programas; sistema SRec; motivación

I. INTRODUCCIÓN

SEGÚN un dicho popular, “una imagen vale más que mil palabras”. Siguiendo con esta intuición, la visualización de algoritmos ha sido una de las líneas de investigación más activas en enseñanza de la programación en las últimas décadas [1][2]. Sin embargo, sería más adecuado decir que “una imagen vale más que mil palabras, a veces” [3]. Efectivamente, no hay ningún medio técnico ni método didáctico que sea el mejor en cualquier circunstancia y la visualización no es una excepción. Entre otras cuestiones a tener en cuenta, el alumno debe aprender el significado de la representación gráfica, que no debe darse por supuesto [4]. Otro factor importante para su éxito educativo es el tipo de actividad docente y la implicación del alumno con las visualizaciones para la realización de dicha actividad [5]. En consecuencia, encontramos que algunas experiencias docentes con visualizaciones no han producido mejores resultados que experiencias tradicionales [6].

Para valorar la bondad de cualquier método didáctico o material docente, en primer lugar debemos definir el criterio de evaluación. En concreto, la mayor parte de los autores de sistemas de visualización citan el incremento en la motivación de los alumnos como uno de los efectos esperables, aunque siempre supeditado a una mejora en el aprendizaje. Paradójicamente, no hemos encontrado ningún estudio riguroso sobre el efecto de sistemas de visualización en la motivación de los alumnos. En todo caso, basan este efecto motivacional en la evidencia anecdótica de que lo han observado. La presente comunicación es un primer paso para avanzar en su estudio riguroso.

La estructura de la comunicación es la siguiente. En la sección II se hace un repaso de trabajos de evaluación de visualizaciones, con énfasis en la motivación. En la sección III se presentan el sistema de visualización SRec y la teoría de la autodeterminación, como base del análisis motivacional que realizamos en la sección IV. Terminamos con la sección de conclusiones.

Este trabajo fue presentado originalmente al SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA – SIIIE 2016 en el marco del CONGRESO CEDI,

J. Ángel Velázquez-Iturbide es profesor en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid, España {Angel.velazquez@urjc.es}

Isidoro Hernán-Losada es profesor en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid, España {Isidoro.hernan@urjc.es}

Maximiliano Paredes-Velasco es profesor en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid, España {Maximiliano.paredes@urjc.es}

II. EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN

Existen varias revisiones de evaluaciones de visualizaciones de algoritmos, siendo probablemente John Stasko y Christopher Hundhausen los autores que más esfuerzo han dedicado a sistematizar la evaluación de las visualizaciones de algoritmos mediante métodos propios de las ciencias sociales. Es bien conocido su metaestudio sobre la eficacia educativa de las visualizaciones [6]. El metaestudio define la eficacia en términos de conocimiento (conceptual o procedimental) y analiza evaluaciones realizadas mediante experimentos controlados.

En una revisión posterior [7], Stasko y Hundhausen amplían su análisis de eficacia a otros métodos de evaluación (estudios observacionales, cuestionarios y encuestas, estudios de campo etnográficos, y estudios de usabilidad). Los objetivos de estos estudios son más variados, siendo los más cercanos a nuestro interés las evaluaciones que usan cuestionarios y encuestas como datos primarios. En estos casos, se recogen “preferencias u opiniones”, es decir, datos subjetivos. Un ejemplo de esta clase de estudios son los realizados por el propio Stasko mediante el desarrollo de visualizaciones de algoritmos por los alumnos [8]. Tras realizar la tarea, debían valorar varias preguntas usando una escala de Likert de 1 a 5. Los alumnos dieron respuestas muy positivas (por encima de 4) sobre la utilidad de las animaciones como experiencia educativa, su utilidad para comprender los algoritmos, si les resultaron divertidas y si fueron fáciles de crear.

Obsérvese que estos estudios se centran en la eficacia de las visualizaciones (lo mismo se aprecia en otras revisiones posteriores [9][10]). Sin embargo, son numerosas las publicaciones que comentan un efecto emocional: a los alumnos les han gustado las visualizaciones y su uso aumentó su motivación. La evidencia que suele aportarse es anecdótica. Por ejemplo, en una revisión de sistemas educativos para algoritmos de optimización, se recogían 7 sistemas de visualización [11]. De los cinco sistemas que aportaban alguna clase de evaluación, los 5 aportaban evidencias anecdóticas, 3 evaluaciones de eficiencia educativa y 1 de usabilidad. El inconveniente de estas evidencias es que son subjetivas y, por tanto, no pueden aceptarse sus resultados con seguridad.

Por tanto, es deseable tener resultados objetivos sobre la motivación de los alumnos. Existen algunos estudios sobre cuestiones relacionadas. Ebel y Ben-Ari han estudiado el efecto de las visualizaciones en la atención de los alumnos [12] y Ben-Bassat y Ben-Ari [13], las razones de la aceptación o no de los sistemas de visualizaciones por los profesores. Sin embargo, no hemos encontrado estudios que analicen específicamente los efectos sobre la motivación de los alumnos.

III. ANTECEDENTES

En esta sección presentamos los antecedentes de nuestro trabajo, primero el sistema de visualización SRec y después la teoría de la autodeterminación.

A. Sistema SRec

SRec es un sistema de visualización de programas que permite visualizar procesos recursivos codificados en Java [14]. La herramienta ayuda al alumno a comprender y

analizar el comportamiento de los programas recursivos. El sistema proporciona varias representaciones gráficas: rastros (“trazas”), la pila de control y, sobre todo, árboles de recursión. Normalmente, el usuario interactúa con SRec realizando repetidamente las siguientes operaciones: cargar un fichero – seleccionar un método – lanzar una ejecución del método – interactuar con las visualizaciones generadas.

Un elemento clave de SRec para tareas de comprensión de o análisis es la interacción con las visualizaciones [15]. La interacción más sencilla es la animación (manual) de la ejecución de un algoritmo, que muestra cómo varía el algoritmo según avanza la ejecución (hacia adelante o hacia atrás). SRec también proporciona otras formas de interactuar con una visualización: cambiar las propiedades gráficas de sus componentes visuales, filtrar los datos a mostrar, ajustar el zoom, cambiar el orden relativo de los datos, navegar por la visualización (si es grande), buscar apariciones de un dato y dar datos estadísticos sobre el contenido de la visualización.

SRec también proporciona varias facilidades educativas, como exportar una visualización a un fichero gráfico (las visualizaciones incluidas en esta comunicación se han obtenido usando esta función).

Vamos a mostrar el uso de SRec para la tarea asignada a los alumnos en la evaluación que presentamos (optimizar un algoritmo recursivo múltiple). El proceso se presenta de forma esquemática, aunque puede usarse una metodología precisa [16].

Se partía del siguiente algoritmo recursivo:

```
public static int f (int x, int y) {
    if (x==0)
        return y;
    else if (y==0)
        return x;
    else
        return f(x,y-1) + f(x-1,y) + f(x-1,y-1);
}
```

El primer paso consiste en generar algún árbol de recursión de tamaño mediano. En este árbol, buscamos nodos iguales (sin considerar los casos básicos). Si se encuentran, significa que el algoritmo es redundante, es decir, hay subproblemas que se ejecutan múltiples veces, de manera innecesaria.

La Fig. 1 muestra el árbol de recursión correspondiente a la llamada $f(2,3)$. Cada nodo representa una llamada recursiva, con los valores de los parámetros en la mitad superior y el resultado en la mitad inferior. Puede comprobarse que consta de 37 nodos. Dado que solamente existen $3 \cdot 4 = 12$ subproblemas para esta llamada, algunos subproblemas se repiten. En la figura, se han resaltado las apariciones de $f(1,2)$.

A continuación, se unen los nodos iguales, preservando los arcos entre nodos. Como consecuencia, el árbol de recursión se convierte en una representación gráfica más adecuada para identificar el patrón de dependencia entre llamadas recursivas: un grafo de dependencia.

La Fig. 2 muestra el grafo de dependencia correspondiente al árbol de la Fig. 1. Obsérvese que estavezsóloaparecen 12 nodos.

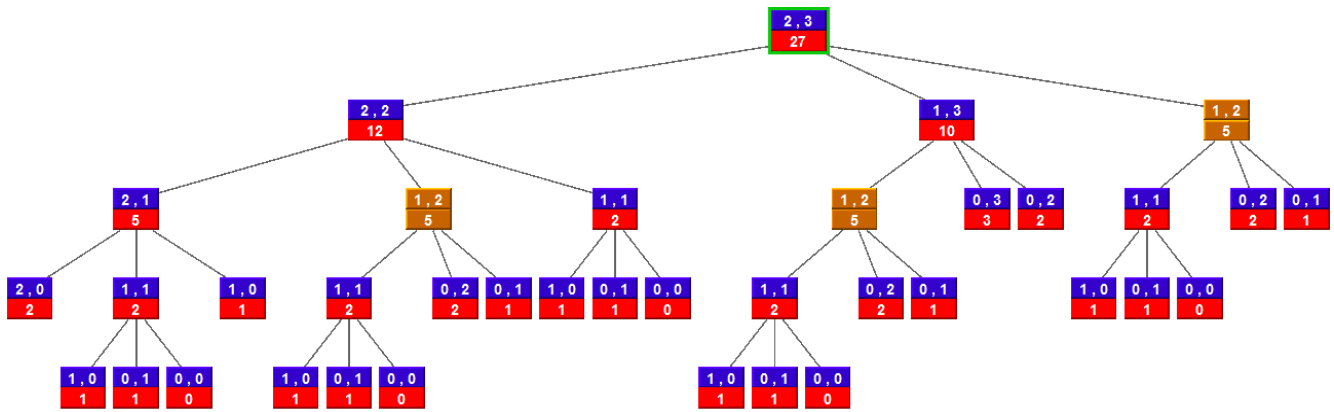


Fig. 1. Árbol de recursión generado por la llamada $f(2,3)$, resaltando las apariciones de la llamada $f(1,2)$.

El grafo de dependencia permite deducir dos propiedades de un algoritmo eficiente para f . En primer lugar, muestra que sólo necesitamos una tabla con 12 celdas para almacenar los valores de todos los subproblemas. De forma más general, se necesita una tabla de $(x+1) \cdot (y+1)$ celdas para cualquier llamada $f(x,y)$. La primera vez que se calcule el valor de un subproblema, se almacenará en su celda correspondiente; las veces sucesivas que se necesite dicho valor, ya no se volverá a calcular sino que su valor se consultará en la tabla.

La Fig. 3 muestra cómo queda asignada cada llamada recursiva a una celda de la tabla si los valores de los índices crecen de arriba abajo o de izquierda a derecha.

En segundo lugar, podemos determinar un orden de cómputo de los subproblemas que respete las dependencias entre llamadas. En este caso, hay varios órdenes de cómputo válidos. Por concreción, elegimos ir calculándolos por filas de abajo a arriba y, dentro de cada fila, de derecha a izquierda.

Una vez tomadas estas dos decisiones de diseño, es relativamente fácil codificar un algoritmo iterativo que

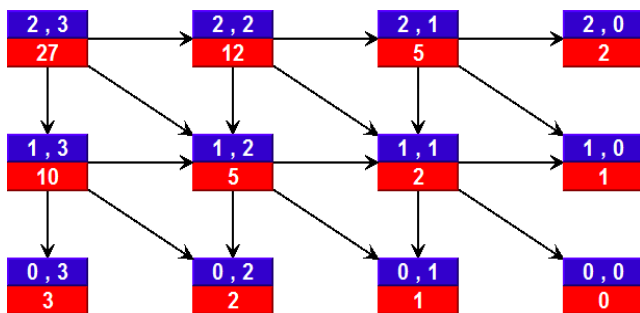


Fig. 2. Grafo de dependencia correspondiente al árbol de recursión de $f(2,3)$.

	x=0	x=1	x=2	x=3
y=0	$\begin{matrix} 0,0 \\ 0 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,1 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,2 \\ 2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 0,3 \\ 3 \end{matrix}$
y=1	$\begin{matrix} 1,0 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1,1 \\ 2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1,2 \\ 5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1,3 \\ 10 \end{matrix}$
y=2	$\begin{matrix} 2,0 \\ 2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2,1 \\ 5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2,2 \\ 12 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2,3 \\ 27 \end{matrix}$

Fig. 3. Tabla que permite almacenar los valores de las llamadas de $f(2,3)$ y que muestra las dependencias entre llamadas.

utilice la tabla y que calcule los subproblemas en el orden de cómputo seleccionado. El algoritmo quedaría:

```
public static int f2 (int x, int y) {
    int[][] tabla = new int[x+1][y+1];
    for (int i=0; i<=x; i++)
        tabla[i][0] = i;
    for (int j=0; j<=y; j++)
        tabla[0][j] = j;
    for (int i=1; i<=x; i++)
        for (int j=1; j<=y; j++)
            tabla[i][j] = tabla[i][j-1]
                + tabla[i-1][j]
                + tabla[i-1][j-1];
    return tabla[x][y];
}
```

B. Motivación

La motivación es un elemento clave en la educación [17] ya que hace que el alumno se involucre en el aprendizaje, en sus actividades y construya mejor un conocimiento. Como consecuencia, los alumnos motivados suelen alcanzar un mayor nivel cognitivo que los alumnos no motivados.

La motivación se puede explicar desde diferentes perspectivas, siendo una de ellas la teoría de la autodeterminación [18]. La autodeterminación expresa el grado de motivación y determinación de un individuo. La autodeterminación se basa en la motivación intrínseca (manifestación de la tendencia humana al aprendizaje y la creatividad) y en la autorregulación (relacionada con la forma en que asumimos valores sociales y contingencias externas y progresivamente los transformamos en valores personales y de automotivación).

Hay varios tipos de motivación, que presentamos desde el nivel más alto al más bajo de autodeterminación:

1. Motivación intrínseca. Es la de mayor grado de autodeterminación y se refiere a tener un comportamiento sólo por el placer de realizarlo.
2. Motivación extrínseca vía regulación identificada. Expresa menor autodeterminación y sucede cuando se realiza un comportamiento porque se cree que ello es importante para alcanzar los objetivos.
3. Motivación extrínseca vía regulación externa. Se tiene un comportamiento para obtener una recompensa o evitar un castigo.
4. Desmotivación. El sujeto no percibe las relaciones que hay entre su comportamiento y sus consecuencias.

Los diferentes tipos de motivación tienen diferentes consecuencias. Los tipos de motivación con un alto grado de autodeterminación están muy relacionados con sensaciones positivas como el bienestar o la satisfacción. Sin embargo, los tipos de motivaciones con un bajo nivel de autodeterminación en la realización de tareas están relacionadas con situaciones negativas, como estados depresivos.

Guay, Vallerant y Blanchard [19] desarrollaron la escala Situational Motivation Scale (SIMS) para evaluar la motivación ante una situación o actividad concreta (no necesariamente educativa). Esta escala está formada por 16 ítems que evalúan las 4 dimensiones de la motivación antes mencionadas. La escala SIMS se ha validado en contextos educativos [19], concluyendo que es adecuada para medir diversos tipos de motivación, con unos niveles de consistencia interna satisfactorios de las subescalas para cada dimensión de motivación. Por tanto, constituye un instrumento adecuado para evaluar la motivación situacional en ambientes educativos.

Posteriormente, Martín-Albo, Núñez y Navarro [20] propusieron la “Escala de Motivación Situacional” (EMSI), traduciendo la escala SIMS al español. Estos autores analizaron las propiedades psicométricas de la escala EMSI en un contexto educativo universitario y concluyeron que la escala es adecuada para evaluar las cuatro dimensiones de la motivación de la teoría de la autodeterminación en ambientes educativos. La escala EMSI permite construir cuestionarios que plantean a los alumnos la pregunta “¿Por qué estás haciendo esta actividad o tarea en este momento?” y se les proporcionan 16 posibles respuestas en forma de ítems. Para cada ítem, tienen que valorar su grado de acuerdo mediante una puntuación en una escala de Likert de 1 a 7 (1 totalmente en desacuerdo, 7 totalmente de acuerdo). Además, propusieron eliminar los ítems 10 y 11 de las subescalas de regulación identificada y regulación externa respectivamente con el objetivo de mejorar la consistencia interna de estas subescalas. Por tanto, la escala EMSI finalmente consta de 14 ítems: 4 ítems para medir la motivación intrínseca (p.ej., “Porque disfruto con esta actividad”), 3 ítems para la regulación extrínseca identificada (p.ej., “Lo he hecho por mi propio bien”), 3 ítems para la regulación extrínseca externa (p.ej., “Porque se supone que lo tenía que hacer”) y 4 ítems para la desmotivación (p.ej., “No lo sé, no veo qué me aporta esta actividad”).

IV. EVALUACIÓN

Presentamos sucesivamente el contexto educativo, el protocolo de evaluación seguido y los resultados.

A. Contexto Educativo

La evaluación se realizó en noviembre de 2015, en la asignatura optativa “Algoritmos Avanzados”, de cuarto curso del Grado en Ingeniería Informática. Participaron alumnos del grupo presencial del campus de Móstoles.

La asignatura se organiza alrededor de varias técnicas de diseño de algoritmos, algunas nuevas para los alumnos y otras ya conocidas, que se tratan en más profundidad: algoritmos voraces, vuelta atrás, ramificación y poda, programación dinámica y algoritmos probabilistas.

El sistema SRec se utiliza principalmente con la técnica de programación dinámica [16]. Dada la alta complejidad de esta técnica de diseño de algoritmos, se ha partido en dos capítulos: en un primer capítulo se estudia la eliminación de la recursividad múltiple redundante y posteriormente se estudia la propia técnica de programación dinámica. En un primer paso, se diseñan algoritmos con recursividad múltiple y redundante, que hay que eliminar mediante la técnica de tabulación, estudiada en el capítulo anterior de la asignatura.

La evaluación que presentamos se realizó en el capítulo de eliminación de la recursividad múltiple redundante.

B. Protocolo

Los alumnos habían recibido dos sesiones teóricas dedicadas al análisis y eliminación de la redundancia en algoritmos recursivos y una sesión teórica de introducción a la programación dinámica. La evaluación se realizó durante la sesión de laboratorio de la práctica 4, cuyo objetivo era la eliminación de la recursividad redundante presente en una función dada (incluida en la sección III.A). La sesión tenía una duración de dos horas. La práctica era de realización individual. No se esperaba que los alumnos pudieran acabar la práctica durante la sesión, por lo que tenían un plazo de una semana, al cabo del cual debían entregar un informe según un índice dado.

Los alumnos se dividieron en dos grupos homogéneos según las notas de las prácticas anteriores (grupo experimental y grupo de control), diferenciados por que el grupo experimental usó SRec mientras que el grupo de control podía usar cualquier otro medio. Cada grupo estaba en un aula informática distinta.

Veamos la organización de la sesión. Primero se les explicó que la participación en las evaluaciones era voluntaria y que el objetivo era mejorar la docencia de la asignatura. Ningún alumno rehusó participar. Después, se les explicó en qué consistía la práctica y contestaron a la pregunta “¿Por qué crees que debes realizar esta práctica de eliminación de la recursividad múltiple redundante?” incluida en el pretest de motivación (basado en la escala EMSI). A continuación, accedieron al material disponible en el campus virtual y realizaron lo que pudieron de la práctica. Al final de la sesión, contestaron a la pregunta “Teniendo en cuenta lo que has hecho en la sesión, ¿por qué crees que debes realizar esta práctica de eliminación de la recursividad múltiple redundante?” incluida en el posttest de motivación (al grupo experimental se le añadió la coletilla “con SRec”).

Antes de abandonar el laboratorio, debían entregar en un informe (parcial) el resultado de su trabajo, bien subiendo un fichero al campus virtual bien entregándolo en papel. Los alumnos del grupo de control entregaron este informe de diversas formas pero todos los del grupo experimental lo entregaron en formato electrónico, usando las figuras generadas y exportadas por SRec.

Hubo algunas diferencias de protocolo entre los grupos:

1. Grupo experimental. Al comienzo de la sesión, el profesor hizo una presentación rápida de SRec. Los alumnos del grupo tenían disponible SRec en el campus virtual, junto al enunciado de la práctica. Al final de la sesión, debían rellenar un cuestionario de usabilidad [21].

2. Grupo de control. Al final de la sesión, el profesor hizo la misma presentación rápida de SRec que en el grupo experimental, de forma que ambos grupos tuvieran los mismos medios para completar la práctica en el plazo de una semana.

Asistieron a la sesión 19 alumnos del grupo experimental y 17 del grupo de control. Todos realizaron el pretest pero en el posttest hubo una baja en el grupo de control y cuatro en el grupo experimental por problemas con los ordenadores.

C. Resultados

Los resultados obtenidos se muestran agrupados por las cuatro dimensiones de la motivación, abreviando la motivación intrínseca con MI, la motivación extrínseca vía regulación identificada con MEI, la motivación extrínseca vía regulación externa con MEE y la desmotivación con DM.

El cuestionario EMSI del pretest presentado al grupo de control fue contestado por 17 alumnos (véase Tabla I). En el pretest todas las respuestas fueron válidas, pero en el posttest hubo un alumno que contestó de forma no sincera (dio la misma puntuación en todas las preguntas), por lo que se eliminaron sus respuestas. Por tanto, tenemos 16 cuestionarios válidos. En el grupo experimental se recogieron 19 cuestionarios previos a la realización a la actividad y únicamente 15 posteriores a la actividad (véase Tabla II).

Se puede observar en la Tabla I que las medias del grupo de control en el pretest y en el posttest apenas tienen variación en todas las dimensiones de la motivación. Respecto al grupo experimental se puede ver en la Tabla II que las medias de la motivación intrínseca (MI) y de la motivación extrínseca vía regulación identificada (MEI) -las de mayor grado de autodeterminación- y la de motivación extrínseca vía regulación externa (MEE) aumentan mientras que la de desmotivación (DM) disminuye.

TABLA I
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL GRUPO DE CONTROL

Dimensiones	Pretest (n=17)				Posttest (n=16)			
	MI	MEI	MEE	DM	MI	MEI	MEE	DM
Media	4,75	5,65	5,06	2,66	4,59	5,13	4,73	2,64
Mediana	5,00	5,67	5,00	2,25	4,75	5,00	5,00	2,25
Varianza	1,31	0,84	2,35	1,54	0,74	1,51	1,57	1,67
Desv. típica	1,15	0,92	1,53	1,24	0,86	1,23	1,25	1,29
Curtosis	2,67	3,73	-0,78	-1,19	-0,92	-0,69	0,63	-0,80
Asimetría	-0,84	-1,32	-0,46	0,21	-0,08	-0,40	-0,54	0,56

TABLA II
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL

Dimensiones	Pretest (n=19)				Posttest (n=15)			
	MI	MEI	MEE	DM	MI	MEI	MEE	DM
Media	4,05	4,51	4,28	2,76	4,95	5,19	4,67	2,47
Mediana	4,00	4,59	5,33	2,75	5,00	5,22	4,67	2,25
Varianza	0,59	0,61	0,86	1,17	1,22	0,89	3,57	1,28
Desv. típica	0,77	0,78	0,92	1,08	1,10	0,94	1,89	1,13
Curtosis	-0,07	-0,11	-0,76	-0,53	3,37	4,12	-1,47	-0,98
Asimetría	0,19	-0,44	-0,22	0,31	-0,96	-0,92	-0,21	0,38

Para comprobar si las variaciones en las medias son estadísticamente significativas usando un intervalo de confianza de 95%, se procedió a realizar las pruebas de normalidad. Ya que la comparación se va a realizar entre las medias del pretest y del posttest, se analiza la normalidad de dichas muestras usando el método de Shaphiro-Wilk. Se han obtenido los resultados presentados en la Tabla III.

Los p-valores obtenidos garantizan la normalidad de todos los grupos de datos recogidos en los pre- y posttests, excepto en el grupo de control y motivación extrínseca vía regulación identificada ($p=0,01$) y desmotivación ($p=0,03$). A estos dos grupos se les aplicaron pruebas no paramétricas (test de Wilcoxon) para el contraste de medias, mientras que a los demás se les pueden aplicar pruebas paramétricas (t de Student). Los resultados obtenidos para el contraste de medias se muestran en la Tabla IV.

Los contrastes de medias realizados arrojan un p-valor mayor que 0,05 salvo en el grupo experimental en las dimensiones de motivación intrínseca (la de mayor grado de autodeterminación) y la de motivación extrínseca regulada vía regulación identificada (la categoría siguiente en la escala de autodeterminación).

Interpretando estos datos, vemos que el uso de SRec aumenta de forma significativa la motivación intrínseca que está relacionada con el placer y la satisfacción de realizar la actividad en cuestión. También aumenta la motivación extrínseca vía regulación identificada. Recordemos que este tipo de motivación se refiere a una amplia variedad de comportamientos donde los objetivos de la acción van más allá de los inherentes a la propia actividad. En concreto, este tipo de motivación está relacionada con un comportamiento que se valora y percibe que ha sido escogido por uno mismo. Sin embargo, la motivación es aún extrínseca porque la actividad no se lleva a cabo por sí mismo, sino como un medio para alcanzar un objetivo.

D. Evidencia Adicional

Tenemos evidencia adicional de la motivación de los alumnos que usaron SRec gracias a dos entregas adicionales.

La primera es el cuestionario de usabilidad contestado por los alumnos del grupo experimental durante la misma sesión de laboratorio [21]. El cuestionario contenía preguntas cerradas y abiertas. Las primeras debían responderse sobre una escala Likert de 1 a 5 (1 totalmente en desacuerdo, 5 totalmente de acuerdo). Algunas preguntas cerradas contenían juicios generales sobre SRec, mientras que otras se referían a elementos específicos de SRec. La Tabla V muestra los resultados obtenidos sobre características generales de SRec.

TABLA III
PRUEBAS DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILK

Grupo	MI	MEI	MEE	DM
Control	0,31	0,01	0,07	0,03
Experimental	0,93	0,28	0,58	0,10

TABLA IV
CONTRASTE DE MEDIAS ENTRE PRE- Y POSTEST (P-VALOR)

Grupo	MI	MEI	MEE	DM
Control	0,66	0,22 ^a	0,51	0,97 ^a
Experimental	0,01	0,03	0,47	0,44

^a. Prueba no paramétrica de Wilcoxon

TABLA V
RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS GENERALES SOBRE SRec

Pregunta	Media
Fácil de usar	4'77
En conjunto te ha gustado SRec	4'46
Utilidad para comprender el comportamiento del algoritmo recursivo	4'46
Utilidad para analizar la redundancia del algoritmo recursivo	4'31
Utilidad para diseñar una tabla adecuada para eliminar su redundancia	4'08
Calidad general	4'08
Total de respuestas	4'36

Puede observarse que los alumnos puntúan todas las características por encima de 4. La más alta es facilidad de uso, seguida de satisfacción y utilidad. En las preguntas abiertas se preguntó por aspectos positivos de SRec. Cinco alumnos señalaron su utilidad y 3, su facilidad de uso. A la vista de estos resultados, no resulta sorprendente que la motivación del grupo experimental por la práctica haya aumentado con el uso de SRec.

Estos resultados vuelven a repetirse en el informe final entregado por los alumnos al cabo de una semana. Se esperaba que todos los alumnos usaran SRec para la elaboración de este informe. Se recogieron 45 informes. El número de informes es más alto que el de asistentes a la sesión de laboratorio porque la asistencia no era obligatoria. El último punto del informe a entregar son comentarios abiertos sobre cualquier aspecto de su experiencia con la práctica, sea positivo, neutro o negativo. Incluyeron comentarios sobre SRec el 84,5% de los alumnos.

Vuelven a repetirse los resultados anteriores, con la mayor parte de estas respuestas resaltando la utilidad de SRec (74,5% de los comentarios) y su facilidad de uso (12,8%). Como final anecdótico, incluimos un comentario elogioso de SRec por parte de un alumno (no incluimos más por falta de espacio):

“Respecto a SRec, me parece un programa increíblemente útil, poder ver la recursividad con los datos de entrada y de salida iteración a iteración. Además la capacidad de crear árboles, tablas, grafos y poder exportarlos como imagen o gif, es de gran utilidad. (...) Lo más atractivo de la práctica en mi opinión ha sido sin duda poder ver todo con SRec.”

V. CONCLUSIONES

Hemos realizado una evaluación controlada de la motivación de los alumnos por el uso del sistema SRec durante una sesión de laboratorio. Los resultados muestran un aumento estadísticamente significativo de la motivación intrínseca y de la extrínseca vía identificación regulada de los alumnos que usaron SRec. Estos resultados son coherentes con otras evidencias recogidas en la misma experiencia y corroboran la intuición extendida sobre el efecto motivacional de las visualizaciones mediante un método validado. Actualmente estamos realizando otra evaluación sobre el efecto motivacional en el periodo más largo de un mes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado con los proyectos de investigación TIN2015-66731-C2-1-R del Ministerio de Economía y Competitividad, S2013/ICE-2715 de la Comunidad Autónoma de Madrid, y 30VCP1G15 de la Universidad Rey Juan Carlos.

REFERENCIAS

- [1] S. Fincher, y M. Petre, “The field and the endeavor,” en *Computer Science Education Research*, S. Fincher, and M. Petre, Eds. London: RoutledgeFalmer, 2004, pp. 1-81.
- [2] R. Lister, “The naughties in CSEd research: A retrospective,” *Inroads*, vol. 1, no. 1 pp. 22-24, marzo 2010.
- [3] J. Larkin, y H. Simon, “Why a diagram is (sometimes) worth 10000 words,” *Cognitive Science*, vol. 11, no. 1, pp. 65-99, 1987.
- [4] M. Petre, “Why looking isn’t always seeing: Readership skills and graphical programming,” *Communications of the ACM*, vol. 38, no. 6, pp. 33-44, junio 1995.
- [5] T. Naps, G. Roessling, V. Almstrum, W. Dann, R. Fleischer, C. Hundhausen, A. Korhonen, L. Malmi, M. McNally, S. Rodger, y J.Á. Velázquez-Iturbide, “Exploring the role of visualization and engagement in computer science education,” *SIGCSE Bulletin*, vol. 35, no. 2, pp. 131-152, junio 2003.
- [6] C.D. Hundhausen, S.A. Douglas, y J.T. Stasko, “A metastudy of algorithm visualization effectiveness,” *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 13, no. 3, pp. 259-290, 2002.
- [7] J.T. Stasko, y C.D. Hundhausen, “Algorithm visualization,” en *Computer Science Education Research*, S. Fincher, and M. Petre, Eds. London: RoutledgeFalmer, 2004, pp. 199-228.
- [8] J.T. Stasko, “Using student-built animations as learning aids,” en *Proceedings of the 28th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, SIGCSE 1997, ACM, San José, California, 1997, pp. 25-29.
- [9] C.D. Hundhausen, “Evaluating visualization environments: Cognitive, social, and cultural perspectives,” en *Handbook of Human Centric Visualization*, W. Huang, Ed. Springer Science+Business Media, 2013, pp. 115-145.
- [10] J. Urquiza-Fuentes, y J.Á. Velázquez-Iturbide, “A survey of successful evaluations of program visualization and algorithm animation systems,” *ACM Transactions on Computing Education*, vol. 9, no. 2, artículo 9, junio 2009.
- [11] J.Á. Velázquez-Iturbide, O. Debdi, y M. Paredes-Velasco, “A review of teaching and learning through practice of optimization algorithms,” en *Innovative Teaching Strategies and New Learning Paradigms in Computer Programming*, R. Queiroz, Ed. IGI Global, 2015 pp. 65-87.
- [12] G. Ebel, y M. Ben-Ari, “Affective effects of program visualization,” en *Proceedings of the Second International Computing Education Research Workshop*, ICER 2006, ACM, Canterbury, Inglaterra, 2006, pp. 1-5.
- [13] R. Ben-Bassat Levy, y M. Ben-Ari, “We work so hard and they don’t use it: Acceptance of software tools by teachers,” en *Proceedings of the 12th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE 2007, ACM, Dundee, Escocia, pp. 246-250.
- [14] J.Á. Velázquez-Iturbide, A. Pérez-Carrasco, y J. Urquiza-Fuentes, “SRec: An animation system of recursion for algorithm courses,” en *Proceedings of the 13th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE 2008, ACM, Madrid, pp. 225-229.
- [15] J.Á. Velázquez-Iturbide, y A. Pérez-Carrasco, “InfoVis interaction techniques in animation of recursive programs,” *Algorithms*, vol. 3, no. 1, pp. 76-91, marzo 2010.
- [16] J.Á. Velázquez-Iturbide, y A. Pérez-Carrasco, “Systematic development of dynamic programming algorithms assisted by interactive visualization,” en *Proceedings of the 21th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE 2016, ACM, Arequipa, Perú, aceptado.
- [17] P. Pintrich, “Motivation and classroom learning,” en *Handbook of Psychology: Educational Psychology*, vol. 7, W. Reynolds y G. Miller, Eds., John Wiley & Sons, 2003, pp. 103-122.
- [18] E.L. Deci y R.M. Ryan, *Intrinsic Motivation and Self-determination in Human Behavior*, New York: Plenum, 1985.

- [19] F. Guay, R.J. Vallerand y C. Blanchard, "On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS)," *Motivation and Emotion*, vol. 24, pp. 175-213, 2000.
- [20] J. Martín-Albo, J.L. Núñez y J.G. Navarro, "Validation of the Spanish version of the Situational Motivation Scale (EMS) in the educational context," *The Spanish Journal of Psychology*, vol. 12, no. 2, pp. 799-807, 2009.
- [21] J.Á. Velázquez-Iturbide, "Evaluaciones sexta y séptima de usabilidad de SRec," *Serie de Informes Técnicos DLSII-URJC*, no. 2015-04, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I, Universidad Rey Juan Carlos, 2015.



J. Ángel Velázquez Iturbide recibió los títulos de Licenciado y de Doctor en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid, España, en los años 1985 y 1990, respectivamente. Actualmente es Catedrático de Universidad en la Universidad Rey Juan Carlos, donde también es el Director del Laboratorio de Tecnologías de la Información para la Educación (LITE, <http://www.lite.etsii.urjc.es/>). Sus áreas de investigación son *software* y metodologías docentes para la enseñanza de la programación y la visualización del *software*. Actualmente, es Presidente de la Asociación para el Desarrollo de la Informática Educativa (ADIE). Es miembro senior de IEEE (IEEE *ComputerSociety* e IEEE *EducationSociety*) y de ACM (incluyendo ACM SIGCSE).



congresos nacionales e internacionales y participa en varios proyectos de investigación.

Isidoro Hernán Losada es titulado por la Universidad Complutense de Madrid en CC. Físicas especialidad de Cálculo Automático. En 2012 obtuvo el título de Doctor en Informática y Modelización Matemática por la Universidad Rey Juan Carlos (URJC). Actualmente es profesor colaborador en la URJC. Su investigación se centra en la informática educativa. Es autor de numerosos artículos en



Maximiliano Paredes Velasco es titulado por la Universidad de Castilla-La Mancha en Ingeniería Técnica en Informática de Sistema. En 1998 obtuvo el título de Ingeniero en Informática de la Universidad de Sevilla y se doctoró en Ingeniería Informática por la Universidad de Castilla-La Mancha en 2006. En 1998 comenzó a trabajar como profesor de la Universidad de Alcalá de Henares para pasar posteriormente al Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad Rey Juan Carlos en 1999, donde desarrolla su labor como profesor actualmente. Su investigación se centra en aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL) e Interacción Persona-Ordenador. Es autor de numerosos artículos en congresos y revistas y participa en varios proyectos de investigación.

Página en Blanco

Capítulo 11

Desarrollo de un Proceso de Medida de Ruido en Sistemas Electrónicos como Actividad Formativa Integradora de Conocimientos

Jorge Pérez-Bailón, Alejandro Márquez, Nicolás Medrano, *Member, IEEE* and Belén Calvo, *Member, IEEE*

Title— Development of a Noise Measurement Process for Electronic Systems as a Knowledge Integrating Learning Experience.

Abstract—This work presents a practical experience based on the noise characterization of an amplifier system conceived as an integrating vehicle of the theoretical and practical learning and which has been developed on the framework of the subject Intelligent Instrumentation in the Master in Physics and Physical Technologies. This experience allows address key issues in the measurement processes present in the current experimental Physics, facilitating the student concern on the practical considerations of a real measurement process.

Keywords— Electronic instrumentation; FFT; noise measurement experience; theoretical-practical learning integration; voltage/current noise spectral density.

Abstract—Este trabajo presenta una experiencia práctica de caracterización del ruido de un sistema amplificador como vehículo de integración de conocimientos teórico-prácticos en el marco de la asignatura Instrumentación Inteligente del Máster en Física y Tecnologías Físicas, que permite abordar cuestiones clave en los procesos de medida de la Física experimental actual, facilitando la reflexión del estudiante sobre las consideraciones prácticas de un proceso de medida real.

Keywords—Densidad espectral de ruido en tensión/corriente; FFT; instrumentación electrónica; integración de conocimientos; medida de ruido.

I. INTRODUCCIÓN

LOS recientes avances en Física han dado lugar a numerosas aplicaciones tecnológicas ampliamente difundidas. Discos duros de estado sólido, sistemas de comunicaciones móviles, GPS o pantallas de muy alta

resolución son, entre otros, productos tecnológicos derivados directamente de resultados experimentales en laboratorios de investigación. Cada vez es más necesario disponer de sistemas de medida de altas prestaciones, que permitan llegar más cerca del límite físico y determinar cambios en el comportamiento de la materia a escalas cada vez menores. Para ello es preciso emplear sensores de alta sensibilidad y resolución y disponer de los sistemas electrónicos adecuados para un correcto procesamiento de las señales: amplificadores de bajo ruido, filtros configurables, sistemas de conversión analógico-digitales de alta resolución o instrumentación capaz de medir en el límite físico, cuya operación pueda ser sincronizada para la correcta interpretación de los fenómenos bajo estudio: los procesos de medida y caracterización experimental que se llevan a cabo en los laboratorios de investigación e industriales requieren en muchas ocasiones el diseño e implementación de sistemas electrónicos de acondicionado ad hoc, el empleo de una instrumentación y protocolo de medida concreto, determinado por factores relacionados con las magnitudes a medir: parámetros físicos bajo estudio, características físico-químicas del proceso, exactitud y precisión de las medidas, velocidad y frecuencia de las adquisiciones, son algunos de ellos.

Disponer de los conocimientos y capacitación adecuados para abordar todas estas cuestiones es un valor añadido en un currículo científico-técnico, que permite tener una perspectiva general del problema que se pretende abordar: desde los principios físico-químicos del proceso que se monitoriza, bien para obtener modelos precisos, bien para realizar su control, hasta los bloques básicos necesarios para la correcta adquisición de las magnitudes bajo estudio. Con este objetivo se propone en el curso 2015-2016 la asignatura Instrumentación Inteligente en el Máster en Física y Tecnologías Físicas de la Universidad de Zaragoza, caracterizada por un carácter transversal y recomendada para aquellos estudiantes que deseen proseguir su actividad profesional o desarrollar su Tesis Doctoral en cualquiera de los ámbitos de la Física Experimental, desempeñando su actividad laboral en laboratorios con medidas físicas, de calibrado y caracterización de materiales y en general aquellos centros en los que se requiera el empleo de sistemas de adquisición y medida. Se plantea como un curso en el que los alumnos se familiarizarán con las técnicas modernas de adquisición y tratamiento de medidas físicas,

Este trabajo fue presentado originalmente al XII CONGRESO de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza Electrónica (TAAE 2016).

J. Pérez-Bailón, A. Márquez, N. Medrano, B. Calvo pertenecen al Grupo de Diseño Electrónico - I3A, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 50009 (Spain). (e-mail: {jorgepb, amarquez, nmedrano, becalvo}@unizar.es).

Este trabajo ha sido financiado en parte por MINECO-FEDER (TEC2015-65750-R).

especialmente aquellas que requieren de instrumentación específica o técnicas de procesamiento y acondicionamiento tanto analógicas como digitales de alto rendimiento, diseñadas para su aplicación a medidas en el límite físico de resolución.

La actividad final de la asignatura es el diseño y caracterización de un sistema completo de adquisición de medida y control de la instrumentación. Este trabajo presenta la experiencia desarrollada durante este primer curso 2015-2016 en la asignatura Instrumentación Inteligente. En ella se ha propuesto a los estudiantes como actividad experimental final el desarrollo integral de un sistema de medida del ruido de un amplificador dado, de forma que deban aplicar gran parte de los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la asignatura, y comprobar al mismo tiempo algunos de los aspectos cubiertos de forma teórica y que sólo ocasionalmente son verificados experimentalmente: diferencias de operación entre un sistema estabilizado térmicamente o no, importancia y técnicas de aislamiento de interferencias (sobre todo para medidas de muy bajo nivel), efectos del promediado de medidas, consecuencias de una resolución incorrecta, etc. Los estudiantes son responsables del diseño del sistema de medida, programación de instrumentos, adquisición de datos y tratamiento, para dar finalmente una figura de ruido de entrada contrastable con la proporcionada por el fabricante del dispositivo bajo estudio.

Este artículo se estructura de la siguiente forma. En la Sección 2 se describe brevemente el contexto de la asignatura objeto de este trabajo dentro del Máster en la que se oferta. En la Sección 3 se presenta la propuesta experimental, justificando la importancia de la medida del ruido para procesamiento de señales de muy bajo nivel, así como todo el proceso experimental y de adquisición y tratamiento de datos, presentando gráficamente los resultados obtenidos en la experiencia. La Sección 4 discute algunos puntos clave en el desarrollo de este trabajo, y finalmente en la Sección 5 se presentan las conclusiones obtenidas.

II. CONTEXTO DE LA ASIGNATURA

El Máster en Física y Tecnologías Físicas de la Universidad de Zaragoza [1] pretende proporcionar una formación avanzada y rigurosa que se adapte a las necesidades de la sociedad en diversos ámbitos de la Física y Tecnologías Físicas. Tiene como objetivo fundamental iniciar a la investigación en Física, así como formar profesionales con un alto conocimiento científico y técnico. Se pretende que el alumno consiga un alto grado de formación científica y/o técnica que le permita contribuir a las aplicaciones de la Física en la industria, la tecnología y otras ciencias, y con posibilidades de incorporarse a equipos de investigación o empresas de innovación tecnológica. Consta de 60 créditos ECTS que incluyen un Trabajo Fin de Máster de 18 créditos ECTS, de carácter anual y obligatorio, 2 asignaturas obligatorias de 6 ECTS de extensión cada una y un total de 15 asignaturas optativas todas ellas cuatrimestrales de 5 créditos ECTS cada una.

Instrumentación Inteligente [2] es una de estas asignaturas optativas del Máster, impartida el primer semestre por profesores del Área de Electrónica. De carácter transversal, proporciona al alumno conocimientos y capacidades para realizar con éxito un proceso de medida y caracterización de un sistema en estudio en todas sus fases, desde el diseño del interfaz electrónico a partir de unas

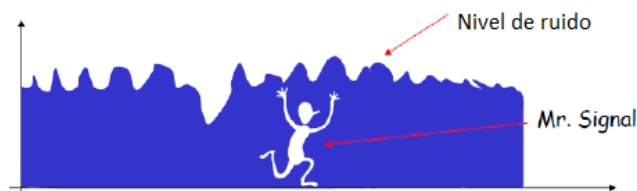


Fig. 1: Efecto del ruido en la medida de señales

especificaciones dadas, automatización del proceso de medida y procesamiento de datos. A partir de conocimientos adquiridos en el Grado por el estudiante, la asignatura se centra en los dispositivos de medida de magnitudes eléctricas en el límite físico.

Para un determinado sistema de instrumentación, un parámetro clave para la determinación del menor nivel de señal que puede discriminarse es la medida del ruido intrínseco del sistema de amplificación. Este tipo de medida requiere aunar múltiples técnicas y conocimientos de instrumentación avanzada, relacionados con técnicas de apantallamiento, minimización de interferencias, adquisición automatizada, determinación de rangos de medida y tratamiento de datos, para obtener la figura de mérito adecuada, y es por ello la elección realizada como actividad final.

El proyecto propuesto se plantea como un vehículo para integrar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos a lo largo de la asignatura, abordando un proceso de caracterización complejo desde la fase de búsqueda bibliográfica y de documentación hasta el tratamiento de los datos experimentales y obtención y presentación de resultados. De esta forma, el estudiante adquiere competencias relacionadas con el análisis, tratamiento e interpretación de datos experimentales, es capaz de aplicar técnicas específicas de procesamiento analógico al tratamiento de la medida y aplicar técnicas básicas de procesamiento digital de señales para la recuperación de medidas, como es la transformada rápida de Fourier, integrando todas estas habilidades técnicas en un caso realista con un producto final resultado del proceso de aprendizaje.

Esta metodología activa, donde tan importante es el aprendizaje de conceptos específicos como el desarrollo de habilidades, resulta más atractiva para los estudiantes [3]. Además de aprender a trabajar en equipo, se desarrolla el autoaprendizaje, y al haber un producto final, la motivación y el interés de los alumnos hacia la actividad se incrementa, logrando así un aprendizaje más profundo [4]. Asimismo, con la experiencia diseñada se pretende que los alumnos sean capaces de abordar un problema complejo, que integre diversas actividades similares a las realizadas en un entorno profesional, desarrollando así capacidades que complementan su formación y mejoran su empleabilidad [5].

Para su evaluación, los estudiantes han desarrollado un portfolio [6] en el que cubren los aspectos más relevantes del diseño (criterios de diseño, justificación de las elecciones realizadas en el proceso de diseño, ...) y la caracterización experimental (instrumentación necesaria, desarrollo de medidas automatizadas, especificación de las condiciones de medida, ...), con una comparativa final de los resultados obtenidos por ellos frente a los proporcionados por el fabricante comercial del dispositivo bajo test.

Esta experiencia se ha realizado en el primer cuatrimestre del curso 2015-2016, y han participado en ella cuatro alumnos organizados en dos grupos de dos personas.

III. PROPUESTA EXPERIMENTAL

En general, los sistemas de instrumentación se caracterizan por tener señales débiles en sus entradas, de manera que uno de los principales problemas encontrados es la presencia de ruido, es decir, señales no deseadas que se superponen con la componente de señal que se procesa, modificando u ocultando parcialmente la información que contiene (Figura 1).

La primera etapa de un sistema de instrumentación es una etapa amplificadora. Si su ganancia es lo suficientemente elevada, el ruido total del sistema estará determinado por la contribución de ruido de esta primera etapa amplificadora. Este ruido puede tener dos orígenes: ruido interno, generado por el propio circuito debido a los diferentes fenómenos físicos en los dispositivos electrónicos que lo constituyen, e interferencias externas, generadas por acoplamiento con otro punto del propio sistema o de sistemas externos.

Así, con independencia de que se diseñe un blindaje apropiado y se optimice el diseño para reducir las fuentes que generan el ruido, siempre hay un cierto nivel de ruido intrínseco en el circuito, que establece un límite inferior para las señales detectables. Por ello, es importante disponer de técnicas de valoración del nivel de ruido.

En los amplificadores operacionales, el ruido generado internamente [7] se modela, tal como muestra la Figura 2a, mediante una fuente de tensión en la entrada y dos fuentes de corriente –una en cada entrada– que incluyen, referida a la entrada, la contribución fundamentalmente de ruido de origen térmico y de ruido flicker, expresado en términos de las densidades espectrales de potencia de ruido de tensión e intensidad, que se miden respectivamente en V^2/Hz y A^2/Hz . Las correspondientes magnitudes proporcionales a la tensión y la corriente son llamadas densidad espectral de ruido de tensión e intensidad; estas magnitudes se miden respectivamente en $V/\sqrt{\text{Hz}}$ y $A/\sqrt{\text{Hz}}$. Los fabricantes de componentes utilizan indistintamente la densidad espectral de potencia de ruido en tensión o de intensidad medida en V^2/Hz o A^2/Hz , o la densidad espectral de ruido de tensión o de intensidad medidas en $V/\sqrt{\text{Hz}}$ y $A/\sqrt{\text{Hz}}$.

El ruido térmico, también llamado ruido Johnson o blanco, se caracteriza por presentar una distribución espectral plana; se produce en cualquier elemento de comportamiento resistivo debido a la agitación térmica de los portadores y aumenta con la temperatura y con el valor de la resistencia equivalente del componente, de modo que se modela mediante una fuente de tensión en serie con la propia resistencia R donde se genera, de valor

$$V_t^2(f) = 4kTR \quad [V^2/\text{Hz}] \quad (1)$$

donde $k=1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ es la constante de Boltzmann y T la temperatura en K .

El ruido flicker o ruido rosa aparece en todos los componentes activos; es un ruido con un ancho de banda limitado, y también se denota como ruido $1/f$ debido a que su densidad espectral de potencia es inversamente proporcional a la frecuencia:

$$V_f^2(f) = \frac{K^2}{f}, \quad K \text{ constante} \quad [V^2/\text{Hz}] \quad (2)$$

Para un amplificador operacional, ambas fuentes de ruido –térmico y flicker– se consideran independientes, de manera que si V_t es el valor eficaz de la tensión de ruido blanco y V_f es la tensión eficaz de ruido flicker, el ruido total generado será $V_n^2 = v_t^2 + v_f^2$. Por tanto, tal como muestra la Figura 2b [8], el ruido flicker será predominante en la zona de baja

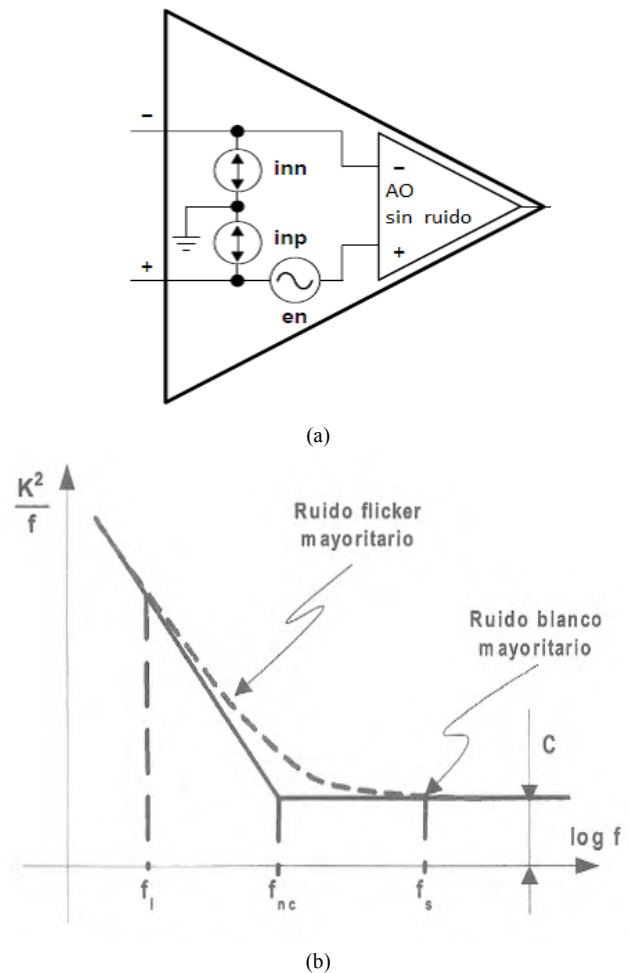


Figura 2. (a) Modelo de ruido interno en un Amplificador Operacional (b) Ruido total generado en un operacional mostrando las contribuciones más importantes[8].

frecuencia, mientras que a alta frecuencia dominará el ruido blanco, siendo f_{nc} la frecuencia a la que se igualan las densidades espectrales de ruido flicker y blanco, denominada frecuencia corner de ruido $1/f$. Este comportamiento es el que presentan la tensión de ruido y la corriente de ruido de un amplificador operacional, y que debemos ser capaces de obtener.

A. Objetivo

La medida de la tensión de ruido en etapas amplificadoras supone un reto, especialmente cuando se trata de sistemas de bajo ruido, en los cuales los niveles a medir se encuentran en el rango de los nanovoltios. En la mayoría de los casos, los instrumentos disponibles para dichas medidas tienen niveles de ruido mucho mayores, por lo que es necesario un proceso previo de calibración y un detallado diseño del protocolo y obtener la densidad espectral de ruido de un sistema amplificador a partir de los datos adquiridos con un osciloscopio. Para ello, los estudiantes implicados en este proyecto deben, a partir de la instrumentación disponible, en primer lugar identificar las fuentes de ruido que puedan enmascarar las medidas buscadas para después establecer los mecanismos para su cancelación o reducción.

B. Diseño Experimental

El esquema del sistema de caracterización de ruido empleado en esta experiencia se muestra en la Figura 3 [9]. Para caracterizar el ruido interno de un amplificador (*device under test*, DUT), el módulo post-amplificador (PA, Figura

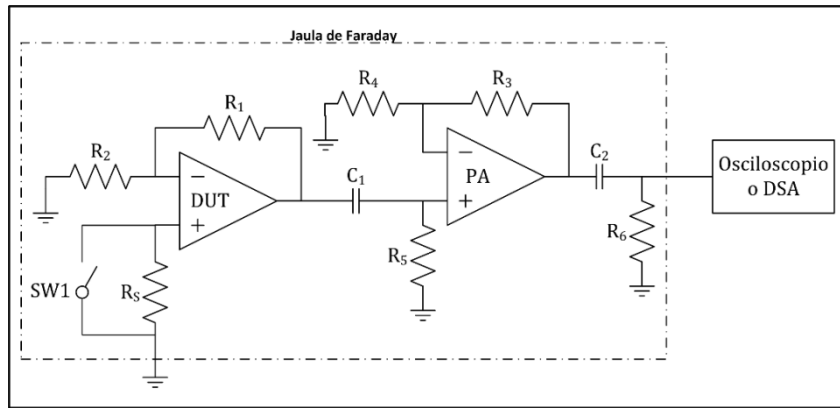


Fig. 3: Esquema del sistema de medida de ruido. La alimentación de la electrónica debe realizarse con pilas.

3), se diseña con una ganancia adecuada para elevar el nivel de ruido del dispositivo bajo test por encima del ruido de base del instrumento de medida. Este instrumento debe tener la suficiente resolución temporal para realizar la medida de ruido en todo el rango de interés, incluyendo el ruido flicker, cuyo rango se encuentra entre 0.1 y 10 Hz, aproximadamente. En nuestro caso, el instrumento seleccionado es un osciloscopio digital DPO 4104 de Tektronix [10], cuya escala de tiempos permite tener una resolución frecuencial de hasta 5 mHz. Como etapa post-amplificadora se ha escogido un amplificador HA-5147 de Intersil [11] con una ganancia de +301 dada por la relación de resistencias R_3 y R_4 .

Debido a los bajos niveles de ruido que deben medirse, puede ser necesario aplicar factores de ganancia muy elevados, que pueden llegar a saturar la salida debido a los niveles de tensión de offset de continua. Para evitar este problema, las diferentes etapas con ganancia deben acoplarse mediante los adecuados filtros de paso alto. Estos filtros deben impedir el paso de los niveles de DC, evitando así la saturación en las salidas amplificadas, pero con una frecuencia de corte suficientemente baja como para no limitar el rango frecuencial del ruido bajo estudio. Así, el acoplo entre DUT y post-amplificador, y post-amplificador e instrumento deberá hacerse en AC mediante sendos filtros pasivos RC formados por los pares $R_5 - C_1$ y $R_6 - C_2$ respectivamente, con frecuencias de corte de 6 mHz.

Para evitar interferencias debidas a emisiones de radiofrecuencia, así como variaciones térmicas los estudiantes introducen el sistema a caracterizar dentro de una caja de cobre con conexión a tierra, manteniendo de esta forma cierta inercia en la temperatura y un buen aislamiento eléctrico externo. Además, para evitar interferencias asociadas a bucles de tierra y ruido proveniente de las fuentes de alimentación, ésta se realiza mediante pilas. Las Figuras 4 y 5 muestran una imagen del montaje experimental llevado a cabo por los estudiantes y un detalle del módulo aislado eléctricamente, respectivamente.

Una vez configurado el sistema de medida, los estudiantes deben establecer el protocolo de medida necesario. El ruido interno en la salida V_{no} de un DUT como el mostrado en la Figura 3 para una cierta frecuencia y supuesto que las diferentes fuentes no están correlacionadas viene dado por la expresión

$$V_{no}^2 = G_{DUT}^2 (V_{ni}^2 + A_{ni}^2 + J_{ni}^2) \quad (3)$$

$$= G_{DUT}^2 \{ V_{ni}^2 + I_{ni}^2 [R_s^2 + (R_1 \parallel R_2)^2] + 4kT(R_s + R_1 \parallel R_2) \}$$

donde V_{ni} , A_{ni} y J_{ni} son los ruidos en tensión, corriente y Johnson en la entrada, respectivamente, G_{DUT} es la ganancia

$(1+R_1/R_2)$ de la etapa, I_{ni} la corriente de ruido, T la temperatura en grados Kelvin y k la constante de Boltzmann.

C. Realización Experimental

La medida del ruido del DUT requiere elevar su nivel por encima de los suelos de ruido del resto de elementos del sistema de medida, es decir, del post-amplificador y el osciloscopio. La estimación de ruido de la etapa del post-amplificador se realiza de forma similar al mostrado en (1) para el DUT, mientras el correspondiente al osciloscopio se obtiene experimentalmente. Para ello, se realiza un calibrado inicial llevando la sonda a cortocircuito dentro de la caja

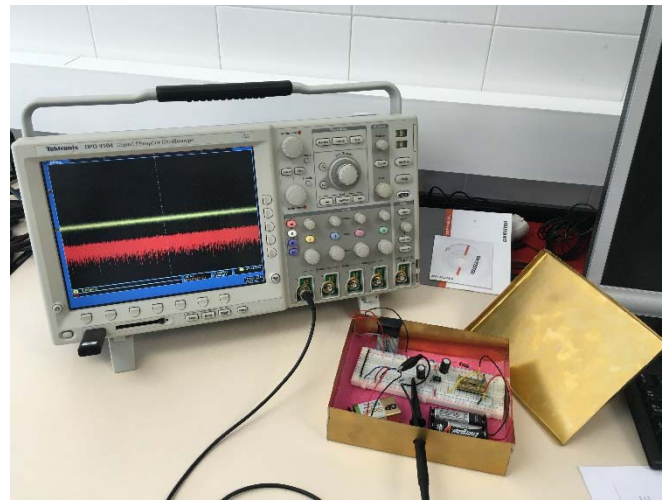


Fig. 4: Montaje experimental del sistema de medida de ruido

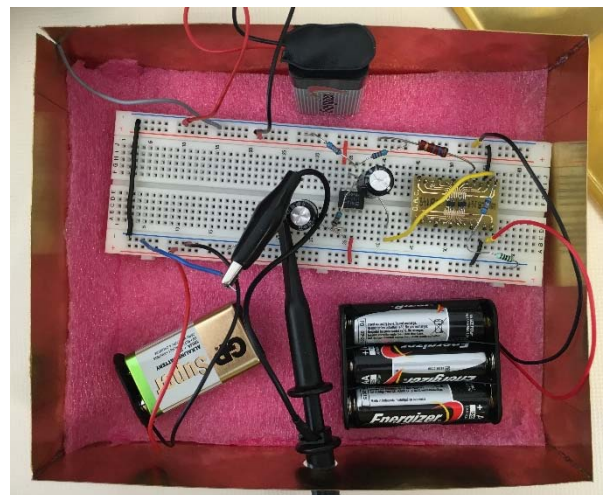


Fig. 5: Detalle del montaje experimental

aislante donde se realizarán las medidas. En este caso, los alumnos emplearon el osciloscopio Tektronix DPO 4104, aplicando la función matemática FFT proporcionada por el osciloscopio sobre la señal de cortocircuito de la sonda. Dado el rango de frecuencias de trabajo (0.1 a 500 Hz) así como la resolución de 5 mHz necesaria, la estimación de un espectro completo requiere un tiempo de aproximadamente 100 s. Para la toma de las medidas los estudiantes diseñaron el sistema automatizado de adquisición y procesamiento de datos, con el control a través del puerto USB del osciloscopio, empleando la librería de control de instrumentación de Matlab [12].

La obtención del ruido precisa del promediado en un número elevado de medidas en el rango de frecuencias de 0.1 a 500 Hz, que permita obtener un espectro definido tanto en la zona plana de ruido como en la región de ruido flicker. La Figura 6 muestra la diferencia en la densidad espectral de ruido del osciloscopio obtenida en una única medida con la obtenida en el promediado en 500 muestras consecutivas.

Dado que las medidas de ruido se proporcionan en unidades de $V/\sqrt{\text{Hz}}$, y que el espectro proporcionado por el osciloscopio se obtiene en unidades de dBV , es necesario que los estudiantes efectúen adecuadamente el cambio de unidades, de acuerdo con la expresión

$$\text{Spectral_density} \left(\frac{V_{\text{RMS}}}{\sqrt{\text{Hz}}} \right) = \frac{10^{\frac{\text{dBV}_{\text{RMS}}}{20}}}{\sqrt{1.056 * \text{RBW}}} \quad (4)$$

Donde dBV_{RMS} es la lectura del espectro del osciloscopio, RBW el ancho de banda de la medida (en este caso 500 Hz) y la constante 1.056 se asocia al empleo de la FFT en el cálculo de la densidad espectral [7].

Una vez obtenido el nivel de ruido base del instrumento, debe estimarse el valor de ganancia de la etapa post-amplificadora, de manera que los niveles de ruido del DUT se encuentren por encima. El amplificador escogido como DUT es un ISL28148 [13]. Para amplificar el nivel de ruido, el PA seleccionado es configurado con una ganancia 301, suficiente para que el nivel de ruido del PA supere al del osciloscopio, validando así los valores medidos. Además, el PA se acopla al instrumento mediante un RC externo que hace de filtro pasa alta de frecuencia de corte 0.06 Hz. La Figura 7 muestra la densidad espectral de ruido en la salida del PA (con el factor de ganancia 301) comparada con la del osciloscopio.

Representando la densidad espectral de ruido del PA referido a la entrada en comparación con la del osciloscopio (Figura 8) puede observarse la necesidad de aplicarle el factor de ganancia propuesto.

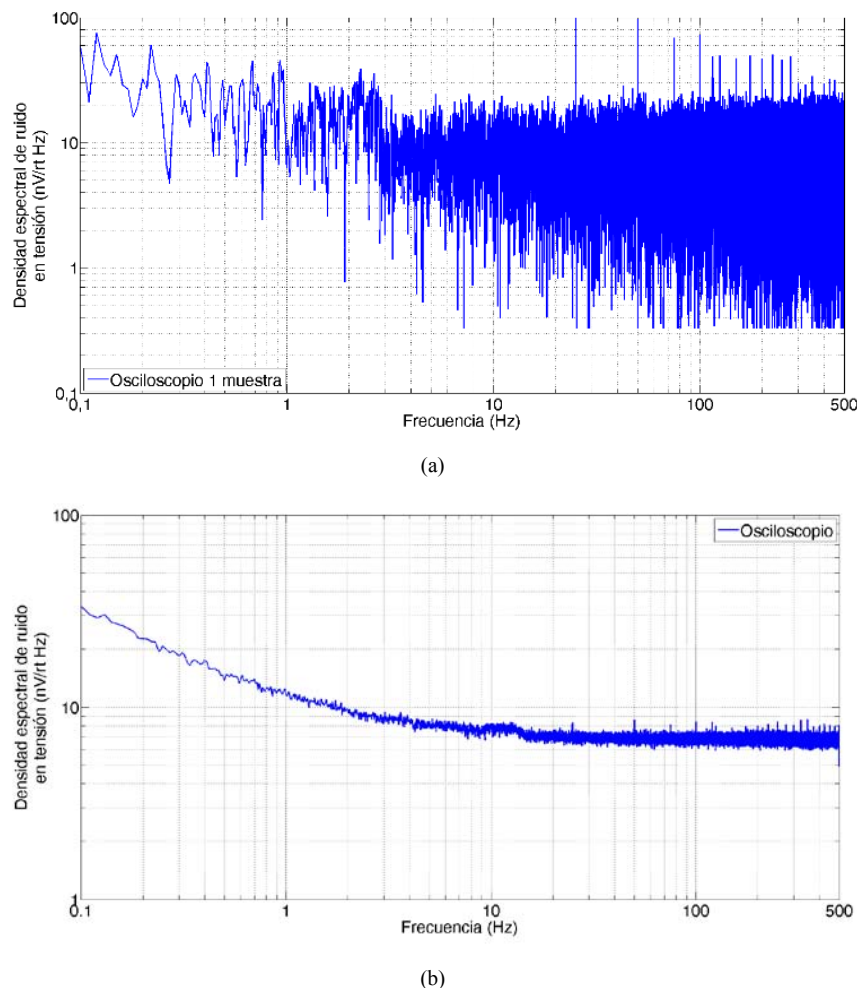


Fig. 6: Densidad espectral de ruido del osciloscopio (a) una única muestra; (b) promediado de 500 muestras

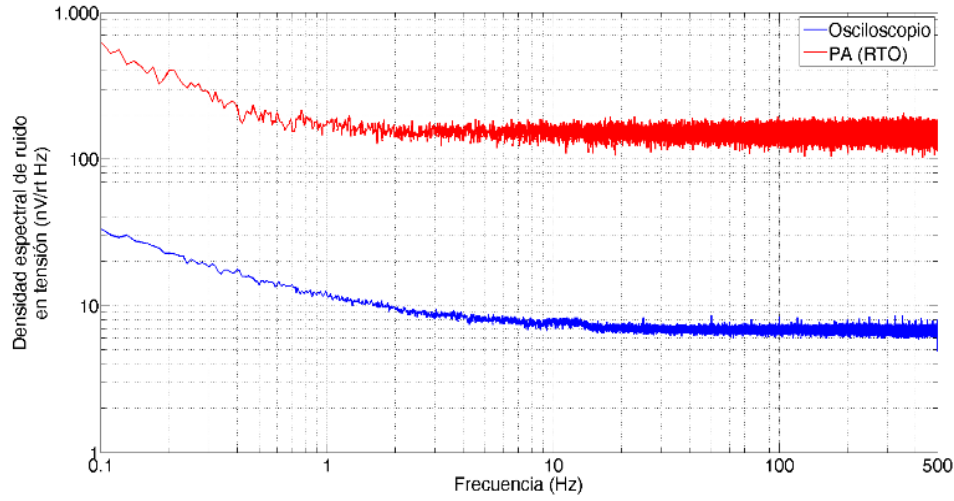


Fig. 7: Densidad espectral de ruido en tensión a la salida (RTO) del PA (rojo) comparado con la del osciloscopio (azul). El factor de ganancia permite medir correctamente los valores al situarlos por encima del nivel de ruido base del osciloscopio.

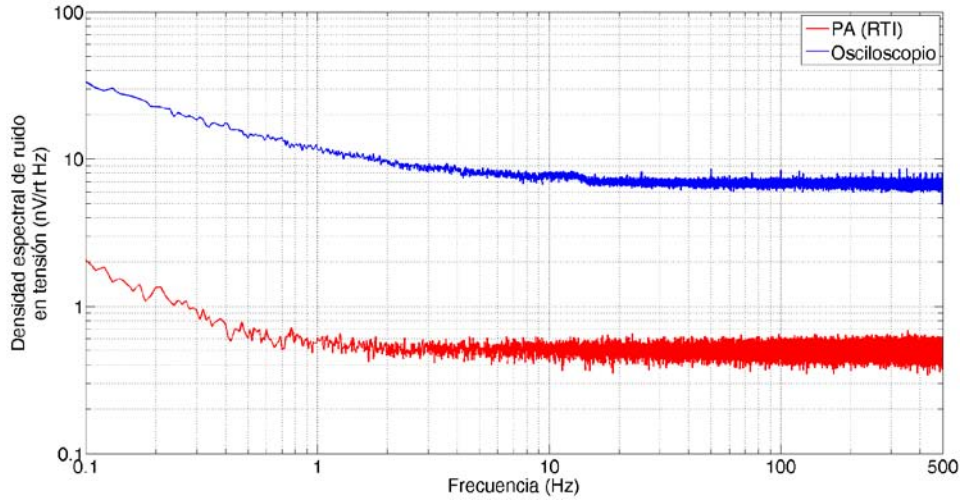


Fig. 8: Densidad espectral de ruido respecto a la entrada (RTI) del PA (rojo) comparado con la del osciloscopio (azul).

Una vez establecido el suelo de ruido del sistema de medida, los estudiantes deben determinar la ganancia que han de programar en el DUT para realizar las medidas de ruido, tanto para la densidad espectral de ruido de tensión como de corriente. Además, para poder efectuar medidas de densidad de ruido espectral en corriente deberán estimar el orden de magnitud de la resistencia R_S empleada para obtener una tensión de ruido a partir de dicha corriente. Para el DUT propuesto, un amplificador con entradas a puerta de transistores MOS, las corrientes indicadas por el fabricante son del orden de los femtoamperios. Los estudiantes deben a partir de esa información dar un valor adecuado a R_S . La Figura 9 muestra superpuestos los suelos de la densidad espectral del ruido del osciloscopio (negro), post-amplificador respecto a la salida (rojo) y la densidad espectral de ruido del DUT a la salida sin desacoplar del PA (azul), empleando una resistencia R_S de 5 M Ω . Dicha curva corresponde al ruido asociado a corriente y tensión en el DUT. Para desacoplar las medidas, se realiza una batería de medidas similares sustituyendo la resistencia R_S por un cortocircuito. De esta manera, la corriente de ruido a la entrada del DUT se puede obtener de acuerdo con la expresión

$$I_{ni}^2 = \frac{\frac{V_{no}^2|_{R_S} - V_{no}^2|_{R_S=0}}{G_{DUT}^2 G_{PA}^2}}{R_S^2} - 4kTR_S \quad (5)$$

donde $V_{no}^2|_{R_S}$ es el ruido en tensión respecto a la salida del DUT sin desacoplar del efecto del PA (que queda cancelado en la resta de términos) y G_{PA} la ganancia del post-amplificador. Una vez obtenida la corriente de ruido, los estudiantes han medido todos los datos necesarios. Una vez estimada I_{ni} , para obtener el ruido de tensión respecto a la entrada del DUT, desacoplamos las medidas respecto del post-amplificador. Suponiendo que ambos ruidos no están correlacionados, se puede expresar como:

$$V_{ni}^2 = \frac{V_{no}^2|_{R_S} - PA_n^2}{G_{DUT}^2 G_{PA}^2} - I_{ni}^2 [R_S^2 + (R_1 \parallel R_2)^2] - 4kT(R_S + R_1 \parallel R_2) \quad (6)$$

donde PA_n^2 es el ruido del post-amplificador desde su salida.

IV. DISCUSIÓN

El proceso de medida de ruido interno de un amplificador es una tarea que requiere de una planificación muy precisa, caracterización exacta de los elementos implicados así como

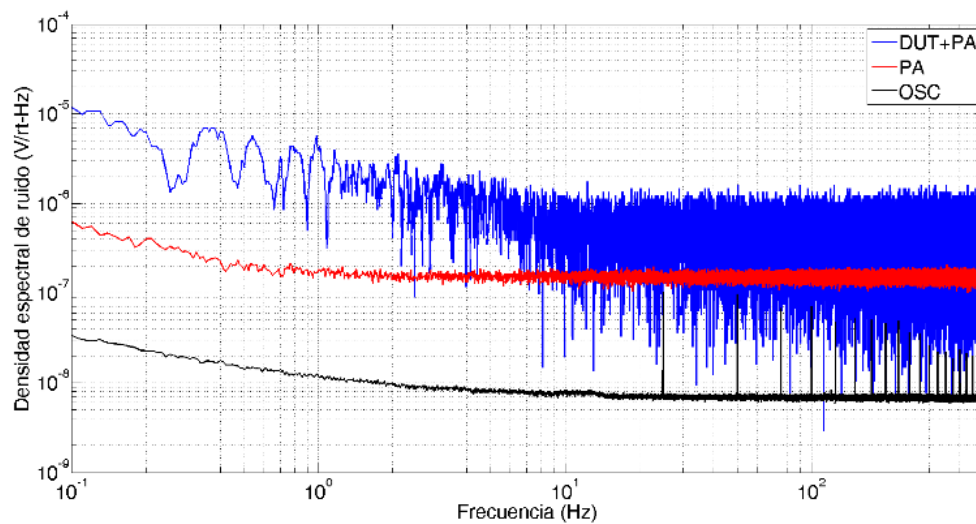


Fig. 9: Densidad espectral de ruido del osciloscopio (negro), respecto a la salida del PA (rojo) y densidad espectral de ruido de corriente del DUT a la salida, sin desacoplar del PA (azul).

de un sistema de adquisición de datos automatizable. Debido a los bajos niveles de señal obtenidos, se hace necesario promediar un gran número de medidas, entre 200 y 5000 según el ruido a medir, con unos largos tiempos de adquisición de cada medida (para el rango de 500 Hz y una resolución en frecuencia de 5 mHz, 100.000 puntos por medida suponen más de 100 segundos), por lo que es preciso el empleo de instrumentos controlables por computador. Además, obtener la densidad espectral de ruido de tensión y corriente en la entrada del DUT a partir de las medidas con el osciloscopio requiere un tratamiento de datos adecuado. Así, los alumnos que realizan esta actividad desarrollan sus conocimientos en diferentes ámbitos de la instrumentación y medida, diseño del experimento, programación del sistema de automatización de medida y tratamiento de datos y obtención de conclusiones. La Tabla I presenta los valores nominales de los componentes pasivos seleccionados por los alumnos, así como los valores de densidad espectral de ruido medidos.

V. CONCLUSIONES

Tras realizar esta primera actividad de medida de la densidad espectral del ruido de entrada en un amplificador de bajo ruido, los estudiantes implicados han valorado muy positivamente la experiencia. Han considerado que las habilidades experimentales puestas en práctica tanto a nivel de control de instrumentación como de procesamiento de datos, así como la búsqueda y el estudio de documentación específica han supuesto la aplicación transversal de conocimientos teóricos y prácticos recibidos en diversos módulos del máster. Así, podemos concluir que en general el grado de consecución de los objetivos propuestos ha sido muy satisfactorio, aunque debemos destacar que el esfuerzo requerido por parte de los equipos de trabajo del proyecto ha sido superior al previsto inicialmente. En cuanto al cuerpo docente implicado de este proyecto, consideramos que la experiencia ha sido muy satisfactoria, si bien en próximos cursos se intentará ajustar con mayor precisión la carga de trabajo.

REFERENCIAS

- [1] <http://titulaciones.unizar.es/fisica-tec-fis/index.html>, último acceso 21/02/2016.
- [2] <http://titulaciones.unizar.es/asignaturas/60036/index15.html>, último acceso 21/02/2016.

- [3] A. Fernández-March, "Metodologías Activas para la Formación de Competencias," *Educatio siglo XXI*, no. 24, pp. 35–56, 2006.
- [4] D. P. Ausubel, J. D. Novak, H. Hanesian, *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo*, Editorial Trilla, México, 2009.
- [5] A. Argüelles. Formación basada en competencias laborales. Ed. Limusa (1997).
- [6] A. Collins, "Portfolios for science education: Issues in purpose, structure, and authenticity," *Science Education*, vol. 76, no. 4, pp. 451–463, 1992.

TABLA I
VALORES NOMINALES DE COMPONENTES Y RESULTADOS OBTENIDOS

Parámetro	Valor
R_1 (Ω)	10k
R_2 (Ω)	1k
R_3 (Ω)	30k
R_4 (Ω)	100
R_5 (Ω)	18k
R_6 (Ω)	18k
R_S (Ω)	6M
C_1 (μ F)	150
C_2 (μ F)	150
G_{PA}	301
G_{DUT}	11
Ruido_OSC (nV/ $\sqrt$ Hz)	7
Ruido_PA (salida) (nV/ $\sqrt$ Hz)	150
Ruido_PA (entrada) (nV/ $\sqrt$ Hz)	0.5
Ruido_DUT (nV/ $\sqrt$ Hz)	34
Ruido_OSC @0.1Hz (nV/ $\sqrt$ Hz)	33.39
Ruido_PA @0.1Hz (salida) (nV/ $\sqrt$ Hz)	620.4
Ruido_PA @0.1Hz (entrada) (nV/ $\sqrt$ Hz)	2.06
Ruido_DUT @0.1Hz (nV/ $\sqrt$ Hz)	1000

- [7] A. Kay, Operational Amplifier Noise, Techniques and Tips for Analyzing, Newnes, 2012.
- [8] M. A. Pérez García. Instrumentación electrónica. Thomson, 2004.
- [9] D. Lafontaine, Making Accurate Voltage Noise and Current Noise Measurements on Operational Amplifiers Down to 0.1 Hz, Intersil, enero 2011.
- [10] MSO4000 and DPO4000 Series Digital Phosphor Oscilloscopes Programmer Manual, Tektronix, 2010.
- [11] HA-5147 Datasheet, Intersil, noviembre 2015.
- [12] Matlab Instrument Control Toolbox User's Guide, The MathWorks Inc., 2015.
- [13] ISL28148 Datasheet, Intersil, enero 2016.



Jorge Pérez-Bailón nació en Zaragoza, España. Obtuvo el Grado en Física, el Máster en Física y Tecnologías Físicas por la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, en 2015 y 2016 respectivamente. Actualmente es miembro del Grupo de Diseño Electrónico, del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (GDE-I3A) de la Universidad de Zaragoza donde actualmente está realizando su

Doctorado en Física. Sus intereses en investigación incluyen el diseño de circuitos microelectrónicos, los sistemas de acondicionado de sensores inteligentes, así como la instrumentación inteligente.



Alejandro Márquez recibió su Grado en Física en 2015 y su Máster en Física y Tecnologías Físicas en 2016, ambos por la Universidad de Zaragoza, España. Es miembro del Grupo de Diseño Electrónico, del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (GDE-I3A), Universidad de Zaragoza, donde actualmente realiza su Doctorado en Electrónica. Sus

intereses en investigación incluyen los sistemas sensores integrados, los sistemas de acondicionado de sensores inteligentes y la instrumentación inteligente.



Belén Calvo obtuvo la Licenciatura en Física y el Doctorado en Ingeniería Electrónica en 2004, ambos por la Universidad de Zaragoza, España. Actualmente es Profesora Contratada Doctor en la Universidad de Zaragoza, donde imparte docencia en el grado en Física y en el Máster en Física y Tecnologías Físicas. Como miembro del Grupo de Diseño Electrónico del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) de la Universidad de Zaragoza sus intereses en investigación incluyen técnicas de diseño de baja tensión y bajo consumo en tecnologías CMOS y la implementación y test de interfaces ASIC reconfigurables de sensores para aplicaciones portátiles.



Nicolás Medrano es Licenciado en Ciencias Físicas (1989) y Doctor en Ciencias Físicas (1998) por la Universidad de Zaragoza. Actualmente es Profesor Titular de Universidad en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, donde imparte docencia de Técnicas Físicas en el Grado en Física e Instrumentación Inteligente en el Máster en Física y Tecnologías Físicas. Es miembro del Grupo de Diseño Electrónico, del Instituto de Investigación en

Ingeniería de Aragón (GDE-I3A). Su actividad investigadora se centra en el desarrollo de interfaces reconfigurables de bajo consumo para sensores, implementación electrónica de redes neuronales artificiales para procesamiento de señal e instrumentación inteligente para aplicaciones portátiles.

Capítulo 12

Experiencias para el Fomento de las Vocaciones Tecnológicas entre Estudiantes de Enseñanza Secundaria

Sergio López, Antonio Carpeño, Jesús Arriaga, Mariano Ruiz y Alejandro Martín

Title— Experiences to promote technological vocations among secondary school students.

Abstract—Different national and international reports are showing a decline in demand related to science, technology, engineering and mathematics (STEM) studies. This decrease is causing some alarm in the industrial and economic sector for their potential impact on the fields of competitiveness, innovation and research. Universities and companies are beginning to propose initiatives aimed at promoting technological vocations among students of secondary education. In this paper experiences with secondary school students to increase interest in engineering studies through activities related to electronics are described.

Keywords—Dissemination of electronics, promoting technological vocations, remote laboratories, STEM

Abstract— Los datos que ofrecen diferentes informes nacionales e internacionales relativos a la disminución de la demanda de estudios relacionados con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) están provocando cierta alarma en el sector industrial y económico por sus posibles repercusiones en los campos de la competitividad, innovación e investigación. Ante este hecho las universidades y las empresas están comenzando a proponer iniciativas que fomenten las vocaciones tecnológicas entre los estudiantes de enseñanza secundaria. En este artículo se describen las experiencias desarrolladas con estudiantes de secundaria para incrementar el interés por los estudios de ingeniería a través de actividades relacionadas con la electrónica.

Keywords— Divulgación de la electrónica, fomento de vocaciones tecnológicas, laboratorios remotos, STEM

Este trabajo fue presentado originalmente al Congreso Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (TAAE 2016)

S. Lopez, A.Carpeño, J. Arriaga, M. Ruiz y A. Martin pertenecen al Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica de la Universidad Politécnica de Madrid, España(e-mail: {sergio.lopez, antonio.cruiz, jesus.arriaga, mariano.ruiz}@upm.es, a.martinl@alumnos.upm.es).

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

I. INTRODUCCIÓN

La disminución del número de estudiantes que se matriculan en estudios de grado relacionados con áreas de la ingeniería está convirtiéndose en un hecho preocupante para las universidades y las empresas vinculadas al sector industrial, sobre todo, ante la previsión, según la agencia CEDEFOP (*European centre for development of vocational training*), de un crecimiento del 13% en la demanda de ingenieros y científicos en Europa en el decenio de 2015 a 2025 [1].

Esta reducción, que puede tener consecuencias futuras muy negativas a nivel socio-económico en España y Europa, queda patente cuando se consultan los datos relativos a la evolución de los estudiantes universitarios matriculados en Grado y 1^{er} y 2^o ciclo por ramas de enseñanza del Informe anual Datos y Cifras del Sistema Universitario Español correspondiente al año 2015, elaborado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte [2]. Dichos datos, mostrados en la Tabla I, reflejan un descenso anual del 6% en el número de estudiantes de la rama de Ingeniería y Arquitectura, lo que supone en términos acumulados en la década 2004-2014 un descenso del 24,6%, es decir, en esos diez años uno de cada cuatro alumnos ha dejado de estudiar en esta rama.

Otro aspecto que también genera preocupación está relacionado con el perfil de los estudiantes en las áreas vinculadas a las ingenierías, donde las mujeres y miembros de entornos socioeconómicos desfavorecidos suponen grupos con baja representación. Según datos del curso 2013-14, incluidos en el Informe del Ministerio de Educación citado anteriormente, la tasa de mujeres matriculadas en los estudios relacionados con las ramas de ingeniería y arquitectura es inferior al 30%.

Un punto clave que hay que considerar es que los estudiantes de secundaria no se sienten atraídos por las materias STEM, como se refleja en recientes estudios sobre las vocaciones profesionales de los estudiantes de secundaria [3],[4]. En uno de estos informes, elaborado por el *King's College* de Londres, se incluye un listado donde los primeros puestos en las preferencias de los estudiantes de secundaria los ocupan las profesiones vinculadas a los negocios y al arte y diseño. En puestos intermedios se

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

	Curso Académico			Tasa de variación	
	2003-04	2012-13	2013-14	Anual	2003-04/ 2013-14
Total	1.487.279	1.434.729	1.412.673	-1,5%	-5,0%
C. Sociales y Jurídicas	727.297	680.759	666.562	-2,1%	-8,4%
Ingeniería y Arquitectura	394.705	316.670	297.596	-6,0%	-24,6%
Artes y Humanidades	140.997	138.437	134.912	-2,5%	-4,3%
Ciencias de la Salud	115.502	215.318	231.865	7,7%	100,7%
Ciencias	108.778	83.545	81.738	-2,2%	-24,9%

encuentran las asociadas a la enseñanza, medicina y leyes. Y en la zona baja de la lista aparece la ingeniería, siendo curioso el hecho de que la profesión de científico ocupe el penúltimo lugar por detrás de las profesiones relacionadas con la peluquería y estética.

Los motivos que originan la escasa vocación por los estudios científico-técnicos son múltiples, estando relacionados con la percepción de uno mismo y el entorno familiar, educativo y social que rodea a cada estudiante [5]. Aunque la forma de enseñar las ciencias en las escuelas resulta clave para promover el interés por estudiar en el futuro carreras de carácter científico-técnico, es importante también destacar la influencia que puede tener la visión poco precisa que poseen los jóvenes sobre este tipo de carreras y la actividad que realizan los profesionales egresados de las mismas [6]. Sobre este último aspecto hay que destacar que la orientación profesional hacia los estudiantes es escasa y cuando se realiza suele ser demasiado tarde [3].

A la hora de realizar dicha orientación profesional resulta interesante conocer la etapa educativa más apropiada en la que poder promocionar las profesiones científico-técnicas entre los estudiantes de enseñanzas secundarias. Según un informe de la Fundación *Nuffield* los estudiantes desarrollan su interés por los estudios de ciencias antes de los 14 años, disminuyendo el mismo a medida que avanzan de cursos [7]. Por tanto, sería recomendable que entre los cursos de segundo a cuarto de educación secundaria obligatoria (ESO) se realicen las actividades divulgativas que permitan atraer a los jóvenes hacia carreras científico-tecnológicas.

A nivel nacional e internacional, diversas organizaciones están llevando a cabo iniciativas centradas en el fomento de las vocaciones tecnológicas entre los estudiantes de enseñanza secundaria. Se pueden mencionar los proyectos liderados por la organización *European Schoolnet* [8] entre los que caben destacar:

- El proyecto *Ingenious* [9] que ha llevado a cabo numerosas acciones con el fin de mejorar la imagen de las carreras del área STEM entre los jóvenes.
- El proyecto *Go-Lab* [10] que pone al alcance de los estudiantes la posibilidad de realizar experimentos prácticos relacionados con las ciencias a través del uso de laboratorios virtuales y remotos.

También requiere una especial mención la iniciativa *StartTech* [11], creada por varias empresas líderes en el sector tecnológico, cuyo objetivo principal se centra en conseguir aumentar el número de jóvenes que eligen estudios relacionados con la tecnología. Entre las actividades que se proponen se incluyen sesiones en las que se muestran las tareas que realizan los profesionales STEM y talleres de programación de videojuegos, apps o robótica. Asimismo se pone a disposición de estudiantes, padres y profesores diferentes tipos de recursos educativos relacionados con la ciencia y la tecnología.

Las universidades en las que se imparten estudios relacionados con las ingenierías también deben actuar con premura para intentar aportar iniciativas que reviertan la tendencia existente entre los estudiantes de secundaria. La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) ha dado un paso al frente y ha comenzado a llevar a cabo varias líneas de actuación. Por un lado en colaboración con la Real Academia de Ingeniería de España, otras universidades españolas y varias empresas líderes del sector tecnológico ha decidido promover una serie de iniciativas en el marco del proyecto “Fomento de las Vocaciones Tecnológicas”. Por otra parte, ha llegado a un acuerdo con la Fundación Universidad-Empresa para desarrollar un conjunto de talleres en centros de enseñanza secundaria de la Comunidad de Madrid vinculados a varias áreas científico-tecnológicas.

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

Este artículo se ha estructurado en varios apartados. En el primero se ofrece una breve descripción relacionada con los aspectos que han influido en la planificación de las actividades que se incluirán en las experiencias a desarrollar. En el segundo se muestra el diseño de cada una de las actividades propuestas incluyendo los diferentes ejercicios a realizar por los estudiantes. Por último, se proporcionan los resultados obtenidos en las experiencias desarrolladas en el marco del proyecto “Fomento de las Vocaciones Tecnológicas” de la UPM y en el marco del Programa Fomento de Vocaciones Tecnológicas en la Comunidad de Madrid financiado por la Fundación Universidad-Empresa.

II. PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Para disponer de un elevado nivel de flexibilidad a la hora de realizar las experiencias con los estudiantes de secundaria se han definido un conjunto de actividades que pueden ser elegidas para programar cada experiencia en función de diversos tipos de requerimientos: lugar donde se tenga que realizar la experiencia, el tiempo disponible y el curso académico al que pertenezcan los estudiantes. Antes de describir las actividades que se han diseñado es necesario

reflejar dos aspectos claves que han influido de forma determinante en la planificación global de todas ellas.

El primero de ellos está relacionado con una de las recomendaciones que se plantean en el informe ENCIENDE elaborado por la Confederación de Sociedades Científicas de España relacionadas con la enseñanza de las ciencias en los centros escolares. En dicha recomendación se refleja la siguiente propuesta: “Promover la apertura de la comunidad científica a la sociedad en general y a los niños en edades tempranas en particular”[12]. Esta propuesta es muy relevante ya que refleja la necesidad de promover acciones divulgativas, llevadas a cabo por los agentes que constituyen la comunidad científica (investigadores y profesores universitarios), de forma directa a los estudiantes, para de esta forma proporcionar una visión cercana y real del trabajo de los científicos e ingenieros.

El segundo está asociado con las recomendaciones a aplicar en las actividades de divulgación para mejorar la percepción de los estudiantes sobre los estudios STEM, incluidas en el estudio sobre vocaciones científicas elaborado por la Fundación Bancaria “la Caixa”, FECYT y everis [5]. Atendiendo a las recomendaciones citadas se han establecido los siguientes requisitos a la hora de diseñar las diferentes actividades:

- Informar sobre la relevancia de las profesiones vinculadas a la ingeniería para el desarrollo social y económico de nuestra sociedad, poniendo de relieve la importancia de la tecnología electrónica como disciplina transversal para muchas de las ramas de la ingeniería. Es fundamental dejar claros los beneficios que aportan los estudios relacionados con las ciencias y la ingeniería, aunque supongan, en algunos casos, un mayor nivel de esfuerzo y dedicación.
- Conseguir captar el interés y la motivación de los estudiantes. Para ello, por un lado, se va a utilizar un recurso educativo basado en mundos virtuales 3D (plataforma eLab3D) que resulta muy atrayente para los jóvenes por tener muchas similitudes con los entornos virtuales con los que juegan en sus tiempos de ocio. Por otra parte, se van a manipular de forma real placas de pruebas, componentes electrónicos e instrumentos que se utilizan habitualmente en los laboratorios universitarios y a los que, en muchos casos, no tienen acceso los estudiantes en sus centros escolares. En cada actividad se combinará el uso de la plataforma eLab3D y las placas de pruebas sobre un mismo circuito electrónico para facilitar la comprensión de su funcionamiento.
- Implicar a los profesores de los centros de secundaria participantes en las experiencias en el desarrollo de las actividades. Hay que tener en cuenta que en sus manos está, en gran medida, la decisión final sobre los estudios superiores que elegirán los estudiantes.
- Incluir ejercicios didácticos relacionados con bloques o partes de sistemas reales y cotidianos que sean fáciles de comprender. En dichos ejercicios los estudiantes deben participar de forma activa resolviendo algún tipo de reto, de forma colaborativa, en el que se apliquen técnicas de *role playing* (actuando como ingenieros o técnicos ofreciendo ideas para resolver el reto). Cada ejercicio tendrá asignada una puntuación que variará

en función del tiempo dedicado a finalizarla correctamente. Se organizará una competición en la que el grupo ganador será aquel que obtenga más puntos después de realizar todas las actividades.

- Incluir como personal colaborador en el desarrollo de las actividades a estudiantes universitarios próximos a finalizar los estudios o egresados con los que puedan interactuar fácilmente los estudiantes de enseñanza secundaria. La participación de estos colaboradores resulta muy interesante ya que son vistos por los estudiantes como modelos de referencia cercanos a los que poder imitar.

III. DISEÑO DE LAS ACTIVIDADES

Teniendo en cuenta los requisitos citados en el apartado anterior se van a describir a continuación las actividades desarrolladas. En concreto se han diseñado cinco actividades, que incluyen diferentes ejercicios, relacionadas con bloques electrónicos que forman parte de sistemas utilizados en muchas ramas de la ingeniería. Estas actividades forman el catálogo disponible para preparar las experiencias a desarrollar con estudiantes de secundaria.

A. Actividad 1

A modo de introducción y con el fin específico de despertar el interés general de los estudiantes, antes de iniciar la realización de otras actividades, se debe realizar una presentación en la que se refleje la importancia de la función del ingeniero en el desarrollo, a nivel social y económico, de la sociedad actual. Se debe remarcar que su actividad no sólo repercute en el ámbito industrial sino que está relacionada con otras muchas áreas como por ejemplo la agroalimentaria, la sanitaria o la farmacéutica.

Respecto a la electrónica se debe presentar como una disciplina transversal que da soporte a cualquier rama de la ingeniería. Se deben comentar sencillos ejemplos de sistemas electrónicos que sean familiares para los estudiantes. Por ejemplo, las descripciones, a nivel de bloques, de un sistema de monitorización de constantes vitales (temperatura, respiración, pulso, tensión arterial, etc.) o de un sencillo termostato.

A partir de estos ejemplos se deben comentar los bloques claves (Amplificadores, Comparadores, Filtros) que están presentes en multitud de sistemas electrónicos y servirán de base para el resto de actividades que se propondrán.

Adicionalmente en esta actividad se deben presentar los recursos que, en función del formato elegido para cada experiencia, pueden ser utilizados en las demás actividades. En primer lugar se realizará una demostración sobre el funcionamiento básico de la plataforma eLab3D[13]. Esta plataforma integra un laboratorio remoto de electrónica en el que los usuarios, mediante sus avatares en un mundo virtual 3D, pueden realizar el montaje y prueba real de circuitos electrónicos de forma idéntica a como se haría en un laboratorio tradicional. En la Fig. 1 se muestra uno de los puestos de laboratorio disponibles en la plataforma eLab3D, ocupado por el avatar de un usuario, en el que se puede observar cómo este tiene a su disposición una placa de pruebas, cables para realizar conexiones, componentes para insertar en la placa e instrumentos de excitación y medida para poder comprobar el funcionamiento de los



Fig. 1. Puesto de laboratorio en la plataforma eLab3D

diferentes circuitos. Un vídeo mostrando el funcionamiento básico de la plataforma eLab3D se puede consultar en el siguiente enlace:

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

En segundo lugar se deben especificar las prestaciones de los recursos hardware reales que se utilizarán. Si la experiencia con los estudiantes se desarrolla en un laboratorio tradicional de un centro universitario se comentarán las funcionalidades básicas de los diferentes instrumentos de excitación y medida que se vayan a usar. Si la experiencia se desarrolla en un local de un centro de enseñanza secundaria se comentarán las funcionalidades de la placa DTE UPM, mostrada en la Fig. 2, y del multímetro de mano que se facilitará a cada grupo de estudiantes. La placa DTE UPM ha sido desarrollada para poder realizar diferentes actividades prácticas reales con circuitos electrónicos y posee las siguientes prestaciones:

- Funciona con una pila de 9V o con un adaptador AC de 12V.
- Genera un voltaje de salida de 9V para ser utilizado como alimentación a otros circuitos.
- Genera un voltaje proporcionado por un sensor de temperatura (2,5V a 25°C).
- Genera un voltaje, entre 0 y 6V, controlado por el usuario mediante un potenciómetro.
- Genera una señal sinusoidal de 4V de amplitud y 180 Hz de frecuencia.
- Amplifica señales de audio, por ejemplo procedentes de teléfonos móviles, para ser conectadas a un altavoz externo.

B. Actividad 2

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

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

El esquema de uno de los circuitos que se utilizará se muestra en la Fig. 3.

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

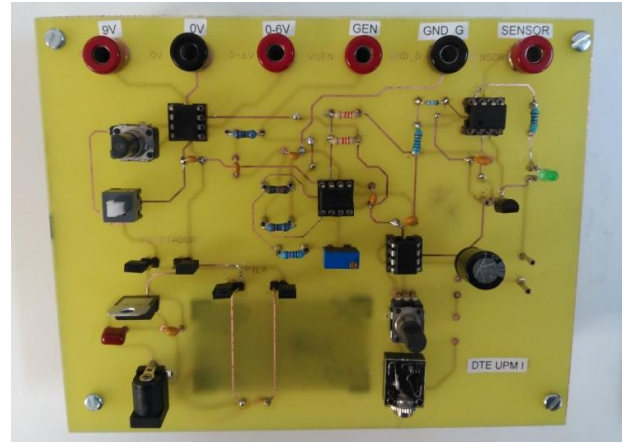


Fig. 2. Placa DTE UPM

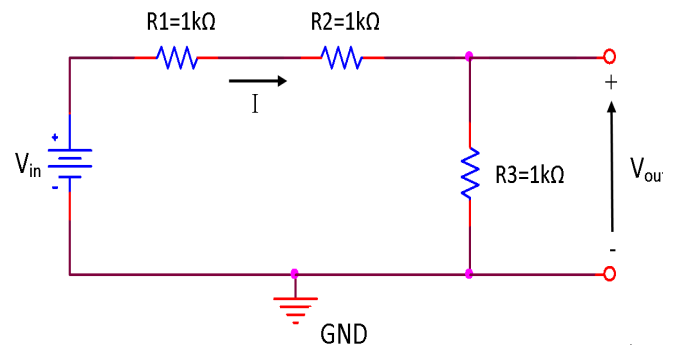


Fig. 3. Ejemplo de circuito con resistores

1. Análisis teórico determinando los valores de la resistencia total, corriente que circula por el circuito y voltaje de salida.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje del circuito de la Fig. 3 y se verificará su funcionamiento realizando las medidas necesarias con el multímetro. En la Fig. 4 se muestra una imagen que incluye el montaje a realizar sobre la placa de pruebas, la conexión del voltaje de entrada al circuito proveniente de la fuente de alimentación y la medida de voltaje a obtener con el multímetro en la salida del circuito.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizarán las mismas acciones descritas en el apartado anterior. A modo de ejemplo, en la Fig. 5 se muestra el montaje a realizar sobre la placa de pruebas, la conexión del voltaje de entrada al circuito proveniente de la placa DTE UPM y la medida de



Fig. 4. Montaje y prueba del circuito con resistores con eLab3D

voltaje a obtener con el multímetro de mano en la salida del circuito.

4. Prueba de ingenio en la que los estudiantes deberán obtener el valor de un resistor desconocido (colocado en sustitución de R2 en el circuito de la Fig. 3) realizando las medidas de corriente y voltaje que consideren oportunas.

C. Actividad 3

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

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

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

1. Obtención de la ganancia teórica de un amplificador no inversor basado en un amplificador operacional.
2. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento del circuito amplificador. Se podrá elegir si la excitación de entrada al amplificador es un voltaje alterno o continuo. En la Fig. 6 se muestra una imagen que incluye el montaje a realizar sobre la placa de pruebas (amplificador de ganancia 11), la conexión del voltaje de entrada al circuito proveniente de la fuente de alimentación (0,5V) y la medida de voltaje a obtener con el multímetro en la salida del circuito.
3. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizarán las mismas acciones que en el apartado anterior, cambiando el amplificador operacional (TLC271) y la alimentación (0 y 9V). Adicionalmente, con la intención de incrementar la atención y motivación de los estudiantes se realizará un experimento que permite, utilizando el amplificador de audio integrado en la placa DTE UPM, amplificar la señal de audio procedente de la salida para los auriculares de un teléfono móvil y escuchar el sonido en un altavoz que se les facilita. La Fig. 7 muestra la implementación de este experimento.

D. Actividad 4

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

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

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

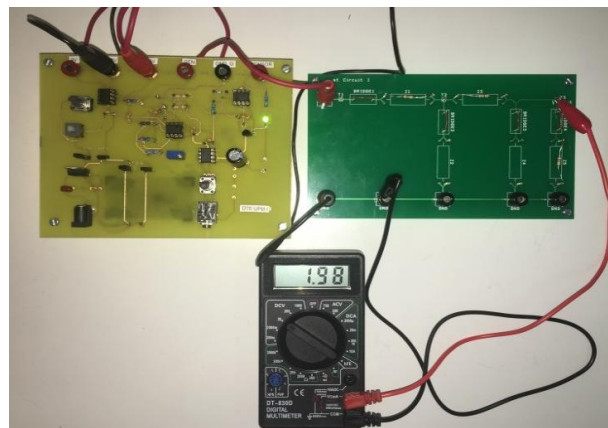


Fig. 5. Montaje y prueba del circuito con resistores con placa DTEUPM

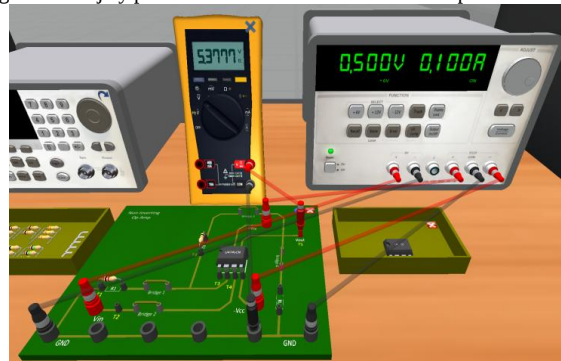


Fig. 6. Montaje y prueba del circuito amplificador con eLab3D



Fig. 7. Experimento para amplificar señales de audio

1. *Utilizando la plataforma eLab3D:* Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento de un circuito comparador básico, utilizando un amplificador operacional en lazo abierto. En la Fig. 8 se muestra una imagen que incluye el montaje a realizar sobre la placa de pruebas. Se conectará en una entrada del amplificador operacional una señal triangular de 3V de amplitud y la otra se conectará a masa. En la salida del comparador se observará la salida saturada del amplificador operacional indicando cuándo la señal triangular es mayor o menor de 0V.
2. *Utilizando placas e instrumentos reales:* Se realizará el montaje y verificación del circuito comparador cuyo esquema se muestra en la Fig. 9. Se comparará un voltaje de referencia y el voltaje que proporciona un sensor de temperatura. Un LED a la salida del amplificador operacional indicará si el voltaje procedente del sensor es superior o no al voltaje de referencia. Los estudiantes podrán verificar el funcionamiento del circuito tocando con el dedo el sensor de temperatura y girando un potenciómetro



Fig. 8. Montaje y prueba de un circuito comparador con eLab3D

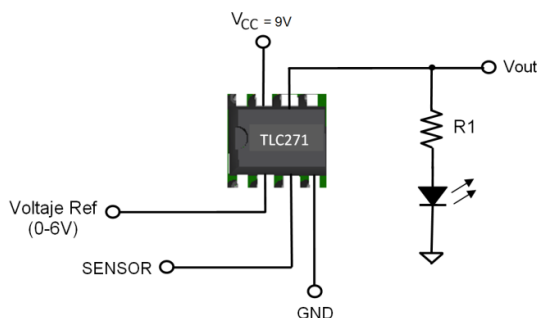


Fig. 9. Circuito comparador basado en amplificador operacional.

que controla el voltaje de referencia. Un reto muy sencillo que se les propondrá es que determinen la temperatura del local en el que están trabajando haciendo uso del multímetro.

E. Actividad 5

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

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

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

1. **Comprensión mediante una aplicación didáctica** desarrollada con el entorno de programación LabView de *National Instruments* (Fig. 10) de la función básica de los filtros paso bajo, alto y banda. Con dicha aplicación los estudiantes podrán observar de forma gráfica, a nivel temporal y frecuencial, la acción que realizan los diferentes tipos de filtros sobre diferentes señales analógicas.
2. **Utilizando la plataforma eLab3D:** Se realizará el montaje y verificación del funcionamiento de un filtro paso bajo compuesto por dos resistores en serie y un condensador. En la Fig. 11 se muestra una imagen que incluye el montaje a realizar sobre la placa de pruebas. Se realizarán varias pruebas cambiando la frecuencia de la señal sinusoidal de entrada y midiendo la señal obtenida a la salida del filtro. Se podrán comparar los resultados obtenidos

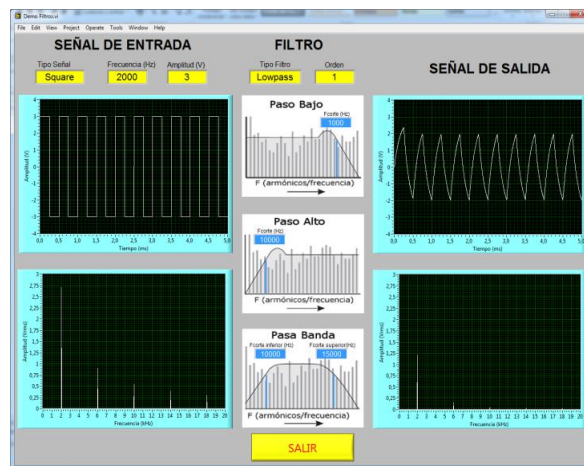


Fig. 10. Aplicación para facilitar la comprensión de la función de los filtros



Fig. 11. Montaje y prueba de un filtro paso bajo con eLab3D

con los que se hayan obtenido con la aplicación software utilizada anteriormente.

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

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Entre las iniciativas planteadas en el proyecto “Fomento de las Vocaciones Tecnológicas” de la UPM se incluyó el proyecto de innovación educativa “UPM para Jóvenes: una mirada hacia el futuro” que tenía entre sus objetivos la creación de actividades de divulgación para fomentar el interés de los estudiantes de secundaria en las siguientes áreas científico-técnicas: ciencias básicas, agroforestal, mecánica y tecnologías industriales, arquitectura, obra civil y TIC. En el marco del área TIC se planificaron cuatro experiencias, en colaboración con los profesores de los centros de secundaria de la Comunidad de Madrid participantes, con el siguiente formato:

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

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

- Explicación del funcionamiento básico de la plataforma eLab3D.
- Ejercicio 2 especificado en la Actividad 2.

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

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

Tras la realización de las experiencias los estudiantes de los centros de secundaria, 115 en total, realizaron una encuesta que incluyó las siguientes cuestiones:

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

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

impedimento para cursar futuros estudios universitarios la edad y motivos económicos.

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

Por último, es interesante destacar que la mayoría de los estudiantes que participaron en todas la experiencias valoraron de forma muy positiva los recursos puestos a su alcance, a los cuales la mayoría de ellos no tiene acceso en sus centros de enseñanza.

V. CONCLUSIONES

Ante el descenso del interés de los jóvenes por continuar sus estudios en carreras científico-técnicas, constatado por

TABLA II

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

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

TABLA III.

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

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

informes y estadísticas nacionales e internacionales, es necesario que se lleven a cabo con premura actuaciones lideradas tanto por parte de las instituciones educativas como de las empresas del sector industrial.

Entre las iniciativas llevadas a cabo por la UPM se incluyen las experiencias basadas en actividades prácticas, relacionadas con el área de la electrónica, con el objetivo de incrementar el interés por los estudios de ingeniería entre los estudiantes de educación secundaria. En dichas experiencias se han utilizado recursos que pueden motivar a los estudiantes como el laboratorio remoto basado en mundos virtuales 3D (eLab3D) y placas de pruebas, componentes electrónicos e instrumentos reales que pueden ser manipulados directamente por los estudiantes. Los resultados obtenidos en las experiencias se consideran positivos en cuanto a la divulgación de la actividad relacionada con la ingeniería y en cuanto a la motivación por estudiar en el futuro carreras científico-tecnológicas.

Por último, también es de destacar la buena acogida de estas experiencias por parte de los profesores de los centros de secundaria que está repercutiendo en posibles colaboraciones futuras que pueden resultar de interés para la formación de los estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento por el apoyo prestado al Servicio de Innovación Educativa, al Gabinete de Tele-Educación y al Departamento de Ingeniería Telemática y Electrónica de la UPM. Asimismo agradecemos su colaboración a los profesores Jose Manuel González del IES María Zambrano de Leganés (Madrid), Olga López del IES García Morato de Madrid, Julio Medina del IES Satafi de Getafe (Madrid), Inmaculada Gútiérrez del IES Villablanca de Madrid y José García del Colegio Luyferivas de Rivas Vaciamadrid (Madrid).

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

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

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

REFERENCIAS

- [1] ICF and Cedefop, "EU Skills Panorama (2014) STEM skills Analytical Highlight", 2015. Recuperado de: http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/sites/default/files/EUSP_AH_STEM_0.pdf.
- [2] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, "Datos y cifras del sistema universitario español. Curso 2014/2015", 2015.
- [3] King's College London, "ASPIRES. Young people's science and career aspirations, age 10-14", 2013. Recuperado de: https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/A_SPIRES-final-report-December-2013.pdf
- [4] P. Aschbacher, M. Ing, and S. Tsai, "Is science me? Exploring middle school students' STE-M career aspirations", *Journal of Science Education and Technology*, vol. 23, no. 6, pp. 735-743, Dec. 2014.
- [5] Obra Social "la Caixa", Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y everis, "Estudio sobre vocaciones científicas. ¿Cómo podemos estimular una mente científica?", 2015.
- [6] J. DeWitt, L. Archer, J. Osborne, "Science-related Aspirations Across the Primary-Secondary Divide: Evidence from two surveys in England", *International Journal of Science Education*, vol. 36, no. 10, pp. 1609-1629, Dec. 2014
- [7] J. Osborne and J. Dillon, "Science Education in Europe: Critical Reflections", Nuffield Foundation, 2008.
- [8] European Scholnet. <http://www.eun.org/>
- [9] inGenious: the European Coordinating Body in Science, Technology, Engineering and Maths education. <http://www.ingenious-science.eu/web/guest/about>
- [10] Go-Lab Project. <http://www.go-lab-project.eu/>
- [11] Start Tech. <http://start-tech.org/que-es-start-tech/>
- [12] Confederación de Sociedades Científicas de España, "Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España", 2011. Recuperado de: http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- [13] S. López, A. Carpeño and J. Arriaga, "Remote Laboratory eLab3D: A Complementary Resource in Engineering Education", *Tecnologías del Aprendizaje, IEEE Revista Iberoamericana de*, vol.10, no.3, pp.160-167, Aug. 2015.

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

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

Capítulo 13

Uso de Chatbots en la Docencia Universitaria

Juanan Pereira, Haritz Medina, Óscar Díaz

Title—Using chatbots in university teaching

Abstract—Chatbots are computer applications that can simulate a conversation with a human. Today, chatbots can be integrated into and leverage messaging apps advantages (no installation effort and massive availability). Chatbots enable a new breed of mobile learning ubiquitous applications. Yet, designing such applications is a new challenge. In this article we present the design and implementation of a Telegram bot for training students using multiple-choice question quizzes. Students think that using bots for practicing tests is a good idea (89%), could help to engage more in the subject (72%) and will definitely recommend its use in university subjects (94%).

Keywords—Chatbots, Educational Technology, Mobile learning, Smartphones

Abstract—Los chatbots son aplicaciones informáticas que pueden simular una conversación con un ser humano. Hoy en día, los chatbots -o bots- pueden integrarse y aprovechar las ventajas de las aplicaciones de mensajería (sin esfuerzo de instalación y disponibilidad masiva). Los chatbots pueden convertirse en un nuevo tipo de aplicaciones integradas dentro del m-learning. Sin embargo, el diseño de estas nuevas aplicaciones suponen un desafío. En este artículo presentamos un ejemplo de diseño e implementación de un bot de Telegram que permite plantear cuestionarios de respuesta múltiple y hacer un seguimiento de los resultados. Los estudiantes opinan que el uso de bots para la realización de este tipo de tests es una buena idea (89%) que les permite involucrarse más en la asignatura (72%) y cuyo uso recomendarían para otras asignaturas universitarias (94%).

Keywords— Chatbots, Tecnología Educativa, Aprendizaje Móvil, Smartphones

I. INTRODUCCIÓN

Los “chatbots” podrían considerarse como un remedo del famoso Test de Turing [1] por el cual un ordenador podría interaccionar de forma inteligente o sin apenas diferencias de como lo haría un ser humano. Con la tecnología actual, las diferencias son todavía muy aparentes. Sin embargo, los mecanismos de interacción son cada vez mas fluidos, permitiendo en entornos limitados como el de la

mensajería instantánea, con dominios controlados, obtener unos muy buenos resultados. En el mundo académico, tal vez el caso más conocido sea el del chatbot Jill Watson[2]. Durante varios meses de 2016 simuló ser una profesora ayudante del Instituto Tecnológico de Georgia, respondiendo en un foro online a los mensajes de los alumnos del grado en Informática, sin que éstos se percataran de que, en realidad, se trataba de un programa de ordenador.

Este trabajo aborda la utilización de bots para realizar cuestionarios de respuesta múltiple (en inglés, *Multiple Choice Questions*, MCQ)[3]. Nuestro objetivo no consiste en probar la fiabilidad de los tests MCQ sino la utilización de bots para desarrollar dichos cuestionarios. En concreto, a los cuestionarios MCQ se les achaca soportar tareas de baja carga cognitiva y no ser muy eficaces si la retroalimentación no se proporciona inmediatamente[4]. Este feedback inmediato es exactamente lo que los bots nos va a permitir aportar. Este tipo de retroalimentación puede tener efectos beneficiosos en el aprendizaje [5], [6], aumentando el compromiso de los estudiantes en las actividades planteadas [7].

Esta ventaja no es baladí. Con la creciente adopción de la evaluación continua, los profesores se ven en muchos casos desbordados por el tiempo necesario para esta evaluación. En este contexto, los MCQ vía chats pueden desahogar al profesor en las primeras fases de la evaluación, normalmente mas onerosas y repetitivas. Los MCQ chats actuarían como bancos de pruebas sobre los que los alumnos podrían testear sus conocimientos. Así los profesores podrían centrar sus esfuerzos en etapas más avanzadas del aprendizaje que pueden requerir de mecanismos más sofisticados de evaluación que los MCQ.

Por tanto, consideramos la celeridad en el feedback como la principal ventaja de los bots, pero no la única. La ubiquidad de este tipo de aplicaciones móviles, ayuda a la realización de MCQ en sitios diferentes al aula. La fácil instalación (realmente solo la aplicación de mensajería) hace que no sean necesarios conocimientos técnicos para su uso. Al fin y al cabo, la idea es asemejar la resolución de un MCQ a un diálogo entre alumno y chat. Finalmente, este tipo de chats pueden ser fácilmente generados a partir de los MCQ ya existentes en plataformas de e-learning (e.g. Moodle).

Este trabajo estudia el uso de chatbots para realizar evaluación continua mediante cuestionarios MCQ. Para ello, los MCQ disponibles en la plataforma Moodle - usada por los autores - se re-escribieron en términos de un bot de

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO TEEM'16. Juanan Pereira, Haritz Medina y Óscar Díaz pertenecen al Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Facultad de Informática, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Manuel Lardizabal Ibilbidea, 1, 20018, Donostia (Gipuzkoa) España. E-mail: {juanan.pereira,h.medina,o.diaz}@ehu.eus

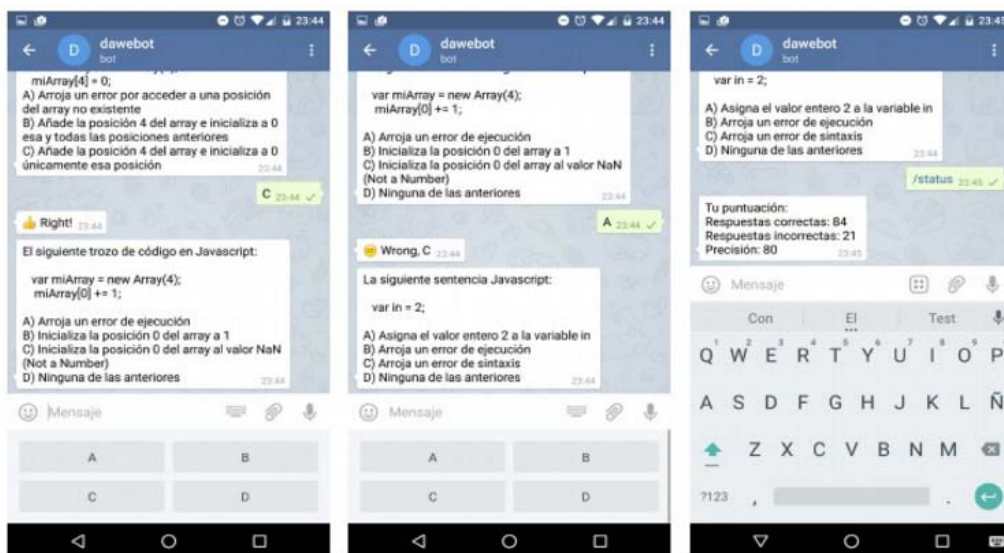


Fig. 1. Interfaz de usuario de @dawebot y varios ejemplos de una sesión de utilización.

Telegram: 10 cuestionarios (uno para cada tema de la asignatura), con un total de 59 preguntas.

Durante la duración del curso (15 semanas), 23 estudiantes tuvieron la oportunidad de utilizar este chat para poner a prueba sus conocimientos. Al finalizar el curso se realizó una evaluación de la utilización dada al bot, analizando en concreto dos medidas:

- frecuencia y distribución de uso del bot
- correlación entre utilización del bot y resultados en el examen

Además, se hizo también una evaluación cualitativa sobre la percepción de los estudiantes en la integración de chatbots en la asignatura.

Debido a su novedad, existe un vacío en la investigación de efectos en la participación, motivación y rendimiento observado en los estudiantes que interactúan con este nuevo tipo de aplicaciones móviles basadas en bots. Este trabajo pretende contribuir a llenar ese vacío.

II. ESTADO DEL ARTE

Los chatbots son un tipo de bots que emulan las conversaciones de los usuarios. Su eficacia depende mucho del dominio en el que se apliquen. Veamos algunos ejemplos:

- Anotaciones [8]. Usando el bot, un usuario de una red de micro-trabajos online solicita una tarea,

envía una respuesta (anotación) y obtiene nuevas tareas. El uso del bot (en Telegram, en este caso) facilita la interacción de los usuarios con el servicio de anotación utilizando una interfaz intuitiva desde sus teléfonos inteligentes.

- Monitorización de la alimentación [9]. El bot se comunica con el usuario y recopila datos sobre la nutrición de su interlocutor.
- Solicitud de información [10]. El bot permite a los estudiantes consultar sus calificaciones a través de Telegram, sin necesidad de entrar e identificarse en el LMS de su centro educativo.

Los temas a considerar para la inclusión de bots en la docencia universitaria incluyen:

- Expresividad. Las aplicaciones de mensajería instantánea y los smartphones de hoy en día permiten integrar no sólo preguntas relacionadas con el texto, sino también cualquier elemento multimedia: gráficos, sonido, videos... y no sólo mostrándolos en pantalla sino también ofreciendo opciones de grabación para que los estudiantes puedan grabar sus voces para crear respuestas de audio o incluso video-respuestas.
- Motivación. El bot puede enviar a los estudiantes mensajes de ánimo (feedback positivo) cuando responden correctamente a las preguntas planteadas o mensajes de apoyo cuando responden incorrectamente. Este tipo de retroalimentación puede tener efectos beneficiosos en el aprendizaje [5], [6], aumentando el compromiso de los estudiantes en las actividades planteadas [7].
- Adaptabilidad. Usando técnicas de aprendizaje automático, el bot puede aprender cómo se está desenvolviendo cada estudiante y, en función del mismo, intervenir, proporcionando a cada alumno un conjunto de acciones adaptadas, a modo de conversación. El bot puede sugerir al estudiante que ha detectado que está teniendo dificultades con algún tipo de preguntas, y ofrecer opciones para enfocarse más en ese tipo de preguntas. Estas sugerencias podrían hacerse de forma interactiva,

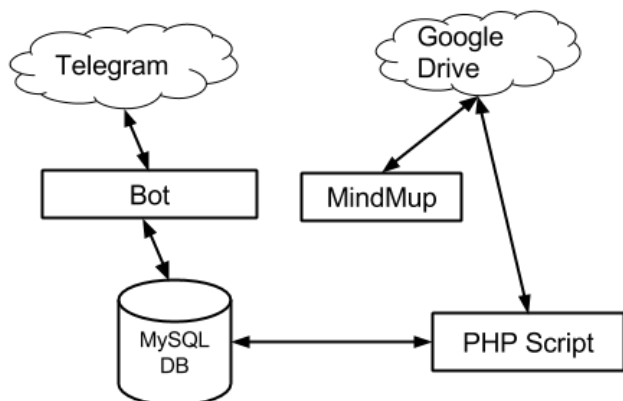


Fig. 2. Arquitectura del sistema @dawebot.

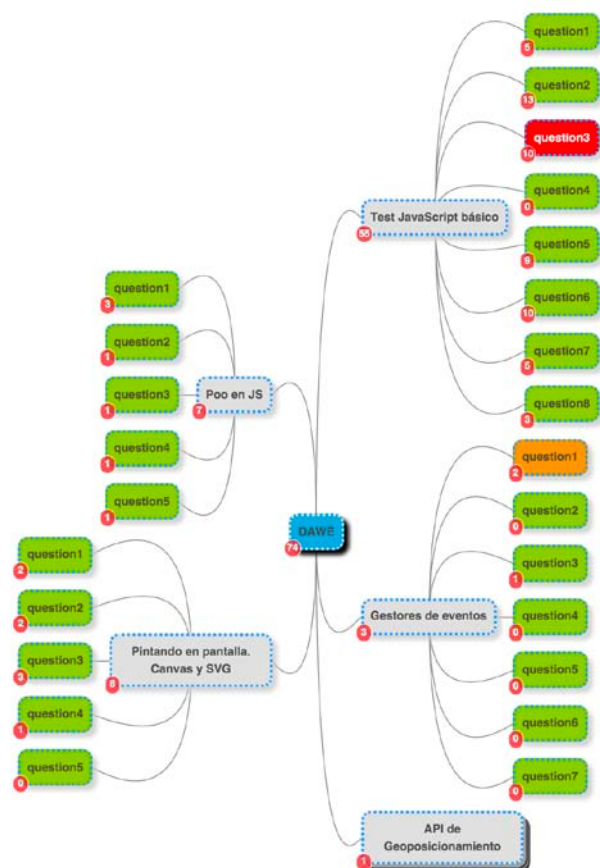


Fig. 3. Un mapa mental puede capturar de forma eficiente información sobre la dificultad que entraña cada pregunta y tema de una asignatura.

cuando el alumno está usando la aplicación o de manera asíncrona, enviando mensajes a la aplicación de mensajería instantánea, solicitando la atención del estudiante en cualquier momento (de forma óptima, utilizando algoritmos que detecten el contexto, como ubicación actual del alumno, hora de trabajo óptima y estado de ánimo).

III. UNA SESIÓN CON @DAWEBOT

En este estudio, se ha desarrollado un bot Telegram que no requiere que el usuario se identifique explícitamente. Cada cuenta se identifica automáticamente en Telegram por el número de teléfono desde el que se interactúa y el bot recibe automáticamente el nombre de usuario de cada alumno. Por otra parte, debido a que nuestro bot usa exactamente la misma interfaz que cualquier otro chat en Telegram, no hubo necesidad de explicar a nuestros alumnos cómo funcionaba, dado que para ellos era una interfaz conocida y amigable; la misma que utilizan diariamente para otros fines (tiempo de ocio, comunicación relacionada con el trabajo, leer noticias ...)

En una sesión de chat típica con el bot, el estudiante comenzará pulsando en el botón 'start' para comenzar el cuestionario (al hacerlo, se enviará el comando /start automáticamente). El bot muestra al estudiante la lista de todos los cuestionarios disponibles (esta lista puede volver a solicitarse con el comando /test). Para cada uno, se detalla el nombre del cuestionario (relacionado con cualquier tema de la asignatura) y el número de preguntas contenidas en ese cuestionario. El estudiante puede seleccionar cualquiera de los tests mediante el comando /test N, donde N es el número

del cuestionario. Al mostrar la primera pregunta del test seleccionado, el teclado se adaptará para mostrar únicamente tantos botones como el número de respuestas posibles establecidas para la pregunta actual (véase la Fig. 1). El estudiante pulsa en cualquiera de las respuestas y el bot inmediatamente ofrece retroalimentación. Si la respuesta era incorrecta, el bot mostrará al estudiante la correcta. Si era correcta, el bot felicitará al estudiante. En ambos casos, el bot mostrará a continuación posibles acciones adicionales mediante tres botones: /why, /whyNot y /next.

Desde este estado de la conversación, los estudiantes pueden continuar con el test (usando el comando /next) o aprender más sobre la pregunta que acababan de responder. Los comandos /why y /whynot permiten a los estudiantes profundizar en las razones de la respuesta correcta o más bien entender por qué sus respuestas no estaban bien, respectivamente.

En cualquier momento del test, los estudiantes pueden solicitar una cita de tutoría con el profesor con el comando /appointment. Este comando inicia una conversación donde el bot intenta encontrar un hueco libre en la agenda del profesor usando la API de Google Calendar. La cita será registrada y el profesor notificado por correo electrónico, actualizando automáticamente su calendario.

IV. IMPLEMENTACIÓN

Para probar nuestro concepto desarrollamos un prototipo llamado Dawebot. Como plataforma para el bot se decidió usar Telegram, ya que a diferencia de WhatsApp, ofrece una API para el desarrollo de bots. El bot se implementó en un servidor web Apache utilizando una biblioteca de código abierto en PHP (<https://github.com/akalongman/php-telegram-bot>). El código fuente de @dawebot se distribuye bajo una licencia de código abierto en GitHub (<https://github.com/juananpe/dawebot>).

La arquitectura del bot se presenta en la Fig. 2. El bot se comunica con Telegram usando la Bot API de esta plataforma (<https://core.telegram.org/bots/api>). Para mantener su estado de forma persistente y guardar las interacciones de los usuarios, se usa una base de datos MySQL. El bot interactúa con los estudiantes extrayendo

TABLA I
COMANDOS DEL BOT

Comando	Descripción
/help	Muestra un mensaje de ayuda acerca de cómo usar @dawebot
/start	Indica al bot que el usuario está listo para comenzar a responder preguntas
/status	Muestra el número de preguntas a las que el usuario ha respondido, indicando cuántas han sido correctas e incorrectas. Muestra también la precisión (ratio correctas/incorrectas)
/test	Muestra una lista de los cuestionarios disponibles. Hay un cuestionario para cada tema de la asignatura.
/test X	Selecciona el cuestionario número X para que el bot comience a preguntar desde ese punto.
/why	Proporciona una explicación más detallada sobre la respuesta correcta
/whyNot	Proporciona una explicación más detallada sobre las respuestas incorrectas (por qué son incorrectas)
/next	Muestra la siguiente pregunta
/resume	Muestra de nuevo la pregunta actual
/appointment	Solicita una tutoría presencial con el profesor

nuevas preguntas de la base de datos en función del cuestionario en el que se encuentre cada uno de ellos, presentando la pregunta actual en el chat de Telegram adecuado y obteniendo y almacenando las respuestas que reciba. La Tabla I muestra el conjunto de comandos disponibles para interactuar con el bot.

A. Seguimiento del Progreso

Los usuarios del sistema tienen la posibilidad de consultar su evolución o progreso en los cuestionarios, usando el comando /status. Sin embargo, la implementación actual de esta opción es algo limitada. Simplemente muestra el número de respuestas correctas e incorrectas, así como el valor de precisión asociado. Con el fin de obtener una visión más detallada de los avances, hemos desarrollado una herramienta más elaborada, basada en una visualización gráfica que se asemeja a una imagen de un mapa mental.

B. Uso de un mapa mental para un seguimiento detallado

Los mapas mentales son una herramienta visual que se puede utilizar para representar la conexión entre una serie de

conceptos [11]. Nuestro enfoque es medir el grado de rendimiento de nuestros estudiantes usando un mapa mental coloreado. Cada nodo representa una unidad del temario. Cada hoja representa una pregunta relacionada con esa unidad del cuestionario relacionado. Dependiendo de si los estudiantes han contestado correctamente o no esa pregunta, la hoja tendrá un color rojo (<50% de respuestas correctas), naranja (> 50% y <75%) o verde (> 75%).

Este mapa mental se puede mostrar para toda una clase (datos agregados) o de forma individual para cada estudiante. La accesibilidad de la representación gráfica de la evolución del alumno a través de mapas mentales facilita la validación del grado de entendimiento de cada tema de la asignatura. La relativa claridad proporcionada por el mapa mental, ayuda a los profesores a verificar que los estudiantes dominan cada unidad a fondo y que no hay lagunas en los temas de la asignatura (en función de las respuestas dadas a los cuestionarios del bot). Estos comentarios podrían ser utilizados para reflejar y actualizar la planificación pedagógica, reforzando los temas mostrados en rojo en el mapa mental o, filtrando el mapa mental por estudiante, permitiendo a los docentes detectar preventivamente los problemas individuales de los estudiantes y reaccionar en consecuencia.

Para nuestros propósitos necesitábamos usar una herramienta de mapa mental con una representación de formato abierto. De esta manera, podríamos transformar datos crudos, respuestas correctas e incorrectas de los estudiantes a cada pregunta, en información apta para consumir, a modo de mapa mental coloreado, tanto por los profesores como por los estudiantes. Con ese objetivo, decidimos adoptar la herramienta Mind Mup (<http://mindmup.com>), una aplicación web de código abierto que utiliza una representación interna fácil y abierta para mostrar los mapas generados. De hecho, esta herramienta ya se ha utilizado previamente dentro del concepto de planificación pedagógica para facilitar la organización de escenarios educativos [12], [13].

La selección de esta aplicación se ha visto favorecida por otras dos características ofrecidas por la herramienta. La opción de exportar el mapa a un formato de fichero CSV, y la opción de almacenar el mapa en una cuenta de Google Drive. La primera opción permite al usuario exportar el mapa y las medidas asociadas (en nuestro caso, el número de respuestas erróneas por cada nodo) usando un formato de campos separado por tabuladores. Esto es especialmente interesante para situaciones en las que el profesor desea analizar los datos utilizando otras herramientas, como una hoja de cálculo. La segunda opción permite externalizar la generación del mapa mental, por lo que podremos usar un script personalizado para generar el mapa fuera del entorno de Mind Mup (e importarlo posteriormente).

La Fig. 3 ilustra cómo podemos representar y monitorizar con Mind Mup la evolución de los estudiantes con respecto a las respuestas dadas a los cuestionarios (para cada tema). El nombre de la asignatura se muestra en el centro del mapa mental. Las unidades se dibujan como ramas principales. Cada unidad puede tener muchas preguntas asociadas (relación uno-a-muchos). Estas preguntas forman las hojas del mapa mental. Finalmente, cada hoja muestra en la parte inferior izquierda el número de respuestas incorrectas para

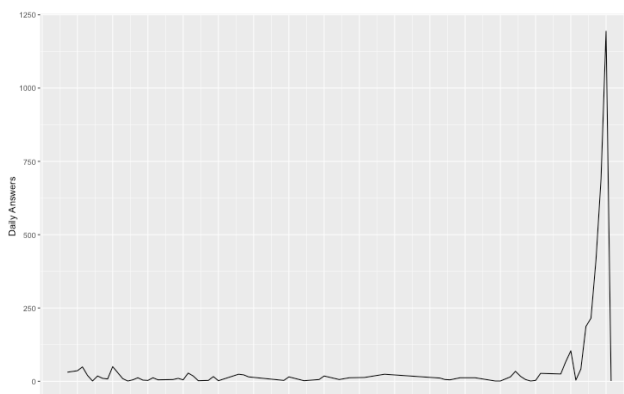


Fig. 4. Número total de respuestas al día.

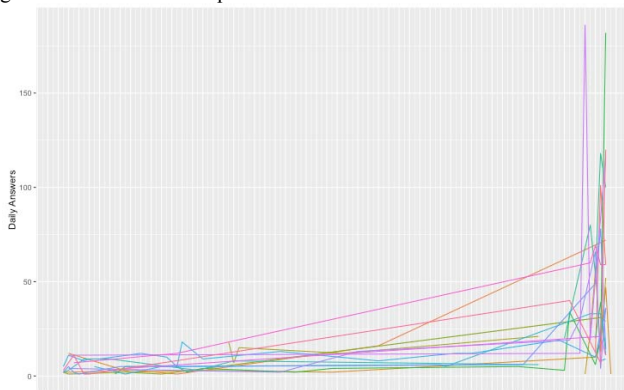


Fig. 5. Número de respuestas al día por alumno.

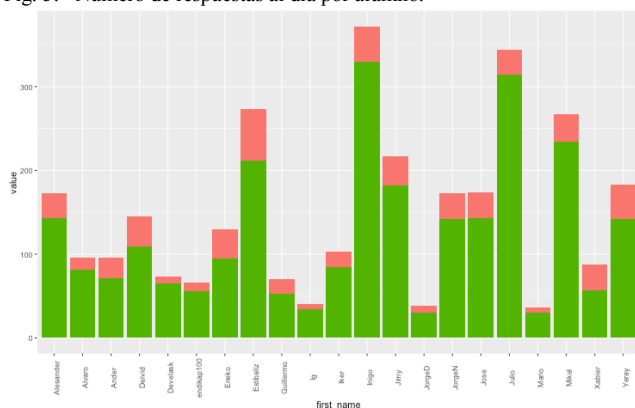


Fig. 6. Número de respuestas correctas e incorrectas por usuario.

esa pregunta. Dependiendo de la proporción de respuestas incorrectas/totales, la hoja se coloreará en consecuencia.

El número de respuestas erróneas se agrega desde las hojas hacia su nodo padre. Este valor agregado también puede ayudar a los profesores a detectar áreas problemáticas de la asignatura y reaccionar basándose en esa información.

La arquitectura del sistema @dawebot (Fig. 2) fue extendida para soportar el módulo de seguimiento en forma de mapa mental. Cuando un alumno envía una respuesta, el bot la almacenará en la base de datos. Todas estas respuestas serán recuperadas periódicamente de MySQL por un script PHP, que construirá un mapa mental para representar gráficamente la evolución de los usuarios con los cuestionarios. Ese mapa se almacenará en la cuenta Google Drive del profesor, que podrá visualizarlo con la aplicación MindMup.

V. EVALUACIÓN CUANTITATIVA

La utilización de chats en el entorno educativo todavía es incipiente. No existen muchas experiencias sobre la aceptación y el impacto de este tipo de tecnología con fines educativos. Esta sección muestra una primera evaluación realizada durante tres meses en la asignatura Desarrollo de Aplicaciones Web Enriquecidas, con 23 estudiantes (20 participaron en el experimento, 19 hombres y una mujer) con una moda de edad de 22 años.

A. Midiendo la aceptación

Prácticamente la totalidad de los alumnos utiliza con asiduidad una aplicación de mensajería (p.ej. Telegram, WhatsApp). La mayoría (61%) de nuestros estudiantes usan aplicaciones de mensajería más de 3 horas por semana. También para la mayoría de ellos (72%) los bots eran una tecnología totalmente nueva.

Una hipótesis de partida es que esta familiaridad con las aplicaciones de mensajería facilitaría la adopción de bots. Sin embargo, la utilización de este tipo de aplicaciones se suele asociar a fines lúdicos y sociales, y no tanto a tareas lectivas que el alumno puede ser más renuente a realizar fuera del aula. Como aspectos coadyuvantes, contábamos con la novedad del enfoque, y el perfil de los sujetos: estudiantes de informática. Desde clase se describió el uso del bot, pero no se implantaron medidas para animar a su uso (dar puntos, etc.). Como medidas del grado de aceptación se han utilizado la frecuencia y distribución del uso del bot a lo largo del curso. La Fig. 4 muestra los resultados.

En un período de tres meses se respondieron 3129 preguntas. Sin embargo, hay un claro patrón de uso conforme se acerca el día del examen (las últimas semanas del trimestre). Cuando se desagrega (Fig. 5), podemos ver que algunos estudiantes han desarrollado un patrón de uso bastante más sostenido en el tiempo que otros, sin recurrir a esfuerzos de última hora.

Todos los estudiantes contestaron más preguntas de forma correcta que de forma errónea (Fig. 6). El número medio de preguntas respondidas por cada alumno es de 130, con una desviación estándar alta: 99,4 (min: 17, máx.: 372, relación media correctas/incorrectas: 4,11). Vale la pena mencionar que el número de preguntas contestadas seguramente aumentará en los próximos años debido al hecho de que a

los estudiantes se les presentarán todas las preguntas desde el primer día (este año se agregaron nuevas preguntas cada semana a medida que el curso avanzaba) y se incluirán además nuevas preguntas.

B. Midiendo el impacto

De los 23 alumnos iniciales, solo 18 estudiantes asistieron al examen (prueba final). Todos ellos lo aprobaron (media: 7,84, SD: 0,82, min: 6,7, máx.: 9,5). Estábamos interesados en saber si había alguna correlación entre el uso del bot y la puntuación obtenida en la prueba. Para ello, se midieron dos tipos de correlación: uno entre el número de exámenes aprobados y la calificación de la prueba final (Pearson $\text{cor} = -0.3558$, $p = 0.147$) y el otro entre el número de preguntas correctamente respondidas y la puntuación de la prueba final $= -0.3382$, $p = 0.170$).

Las estadísticas muestran que no hay correlación significativa entre ninguno de ellos. De hecho, parece que los estudiantes que más practicaron con el bot obtuvieron menores calificaciones en el examen. Esto podría explicarse porque algunos estudiantes pusieron mucha fe y esfuerzo sólo en probar sus conocimientos a través del bot, sin aprovechar otros recursos del curso. Este puede ser un efecto perverso del uso exclusivo de los bots: dar una falsa sensación de seguridad.

La nota global que cada estudiante obtenía en la asignatura estaba compuesta por muchos ítems: número de tests en Moodle aprobados, calificación obtenida en tareas prácticas durante el curso, calificación obtenida en un proyecto web desarrollado durante el curso y calificación de la prueba final (examen). Queríamos probar también si había alguna correlación entre la nota global y el uso del bot. Como antes, no existe correlación significativa entre estos datos (Pearson $\text{cor} = -0.125154$, $p\text{-valor} = 0.6207$).

VI. EVALUACIÓN CUALITATIVA

Además de los aspectos cuantitativos queríamos también captar la percepción del alumno respecto al uso del bot en nuestra asignatura en particular y cualquier otra asignatura en general. Para ello preparamos un cuestionario y lo distribuimos entre los 20 alumnos que habían utilizado los bots. Las preguntas y los resultados del cuestionario están disponibles online (<https://goo.gl/IkbtmC>).

Para la mayoría (72%) de nuestros estudiantes ésta era la primera experiencia con los bots. A pesar de ello, el 100% de los encuestados creen que su uso en educación es una buena idea, de los cuales, el 89% está completamente de acuerdo con esta idea. Esta unanimidad se fragmenta cuando se les hace preguntas más específicas. En general, están de acuerdo (72,2%) en que los bots también se pueden utilizar como una herramienta para verificar la comprensión después de cada clase. Además, coinciden (70,6%) en que el uso de bots para realización de tests podría ayudarles a participar más en la asignatura (aunque hay estudiantes -11% - en contra de esta idea).

Consideran que los bots son fáciles de usar (95%), aunque encontraron que a veces no es fácil saber a qué pruebas están respondiendo (perdieron el contexto, de alguna manera). Esto podría deberse al pequeño tamaño de pantalla de los smartphones, donde las preguntas podrían ocupar más espacio que el área visible.

Los estudiantes también informaron que el bot les ofreció retroalimentación inmediata (78%). Como hemos visto, esto es muy importante de cara al MCQ. En general, la percepción fue buena, y sin duda recomendarían usar este tipo de bots también en otras materias (94%).

VII. CONCLUSIONES

Los profesores pueden aprovechar los recursos de *e-learning* existentes (como los cuestionarios existentes en Moodle u otros LMS) y adaptarlos para integrarlos en un bot. Además, los bots pueden proporcionar, tanto a los profesores como a los estudiantes, un flujo continuo de información sobre su progreso (cómo se desenvuelve cada estudiante, cuántas pruebas ha hecho, qué áreas de la asignatura están generando mayores dificultades, cuáles son las más fáciles, quién está teniendo problemas para mantener el ritmo, etc.). Esta información ayuda al profesorado a llevar adelante un sistema de evaluación continua con cierto control. Además, al analizar los datos generados, los bots pueden decidir enviar notificaciones personalizadas a cada estudiante, sugerir retos específicos o advertir al profesor sobre los estudiantes con dificultades.

Con el uso de bots, los estudiantes no se verán obligados a instalar una nueva aplicación para cada asignatura. De hecho, no se les pedirá que aprendan a usar bots ya que están más que acostumbrados a interactuar con aplicaciones de mensajería. Al fin y al cabo un bot se limita a simular una conversación en un canal, y los estudiantes saben perfectamente cómo interactuar en dichas conversaciones sin requerir de ninguna formación específica.

En este trabajo se ha abordado la implementación y uso de bots para la realización y control de tests MCQ. A pesar de que no hay relación aparente entre el uso del bot y las calificaciones obtenidas en la prueba final o las calificaciones globales obtenidas en la asignatura, los alumnos piensan que este tipo de bots para la preparación de cuestionarios son una buena idea no sólo en asignaturas específicas relacionadas con el desarrollo web sino también en cualquier otra.

Los bots ofrecen otras interesantes características que podremos aprovechar en el futuro. En concreto, pueden usar la función de grabación de voz de las aplicaciones de mensajería instantánea para grabar fácilmente las producciones orales de los estudiantes. También permiten detectar y compartir la geolocalización de los estudiantes, fotos, documentos y videos. Los bots pueden participar en conversaciones de grupo, realizar encuestas online y mostrar los resultados inmediatamente. Todas estas características pueden ser utilizadas directamente por los estudiantes dentro o fuera del aula, facilitando el aprendizaje ubicuo. Un bot también puede ser el iniciador de una conversación, lo que permite enviar al alumno mensajes de seguimiento (a modo de tutor). Por ejemplo, un bot puede determinar que el estudiante ha invertido mucho tiempo respondiendo a algún tipo de preguntas con respecto a cierto tema. Con esa información, el bot puede enviar al usuario un mensaje informando sobre ese hallazgo y proponiendo nuevas preguntas o enlaces a lecturas que le ayuden. Esto es algo que se pretende investigar en trabajos futuros.

El uso de chatbots en educación es un área emergente. En un futuro próximo es posible que seamos testigos de una explosión en el uso de bots relacionados con el aprendizaje, centrados en ofertar experiencias personalizadas de usuario, donde cada estudiante dispondrá de asistentes personales o tutores en forma de bots.

Sin embargo, para la adopción masiva de este tipo de bots relacionados con el aprendizaje online, la comunidad de desarrolladores tiene que crear y ofrecer herramientas que permitan a cualquier profesor (incluso aquellos con perfiles no técnicos) integrar fácilmente bots en sus aulas. El bot @dawebot presentado en este artículo puede considerarse un paso en esta dirección.

REFERENCIAS

- [1] A. P. Saygin, I. Cicekli, and V. Akman, "Turing test: 50 years later," in *The Turing Test*, Springer, 2003, pp. 23–78.
- [2] K. Michael, "Science Fiction Is Full of Bots That Hurt People:... But these bots are here now.," *IEEE Consum. Electron. Mag.*, vol. 5, no. 4, pp. 112–117, 2016.
- [3] C. S. Wells and J. A. Wollack, "An instructor's guide to understanding test reliability," *Test. Eval. Serv. Univ. Wis.*, 2003.
- [4] M. R. Fellenz, "Using assessment to support higher level learning: the multiple choice item development assignment," *Assess. Eval. High. Educ.*, vol. 29, no. 6, pp. 703–719, Dec. 2004.
- [5] A. N. Kluger and A. DeNisi, "The effects of feedback interventions on performance: a historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory.," *Psychol. Bull.*, vol. 119, no. 2, p. 254, 1996.
- [6] J. Hattie and H. Timperley, "The Power of Feedback," *Rev. Educ. Res.*, vol. 77, no. 1, pp. 81–112, Mar. 2007.
- [7] E. L. Deci, R. Koestner, and R. M. Ryan, "A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation.," *Psychol. Bull.*, vol. 125, no. 6, p. 627, 1999.
- [8] D. Ustulov, "Teleboyarin—Mechanized Labor for Telegram," *Proc. AINL-ISMW Fruct. Sergey Balandin Tatiana Tyutina Ulia Trifonova*, pp. 195–197, 2015.
- [9] B. Graf, M. Krüger, F. Müller, A. Ruhland, and A. Zech, "Nombot: Simplify Food Tracking," in *Proceedings of the 14th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, New York, NY, USA, 2015, pp. 360–363.
- [10] M. H. bin Ismail, "ELISA: E-Learning Integrated Short Announcement," in *Colloquium in Computer and Mathematical Sciences Education (CCMSE 2015)*, 2015, p. 110.
- [11] P. Jamieson, "Using modern graph analysis techniques on mind maps to help quantify learning," in *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2012, 2012, pp. 1–6.
- [12] R. M. Bottino, J. Earp, G. Olimpo, M. Ott, F. Pozzi, and M. Tavella, "Supporting the design of pilot learning activities with the Pedagogical Plan Manager," in *Learning to live in the knowledge society*, Springer, 2008, pp. 37–44.
- [13] S. B. Dias, L. J. Hadjileontiadis, and J. A. Diniz, "On enhancing blended-learning scenarios through fuzzy logic-based modeling of users' LMS quality of interaction the rare & contemporary dance paradigms," in *Computer Vision Theory and Applications (VISAPP)*, 2014 *International Conference on*, 2014, vol. 2, pp. 765–772.

Juanan Pereira (Donostia, 1975), licenciado (1997) y doctor (2014) en Informática por la Universidad del País Vasco, es profesor del departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos desde 2008 hasta la actualidad, impartiendo clases en la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, en el grado de Ingeniería Informática. Ha trabajado también como responsable técnico de la agencia de desarrollo web Arista Multimedia, como ingeniero informático en la Cámara de Comercio de Gipuzkoa (departamento de sistemas de información y nuevas tecnologías) y como profesor de Ciclos Formativos. Fue coordinador del Servicio de Asesoramiento Educativo (SAE) del campus de Gipuzkoa de la UPV/EHU de 2009 a 2010. Su tesis doctoral estaba relacionada con el desarrollo de una plataforma web (Babelium Project) para la práctica y mejora de la expresión oral en segundas lenguas. El proyecto Babelium fue financiado por la Unión Europea dentro del programa Lifelong Learning (Key Activity 2) durante los años 2013-2015. Sus intereses en investigación, dentro del grupo ONEKIN, se centran en las áreas de Technology Enhanced Learning, Ingeniería Web y Seguridad Informática.

Haritz Medina (Ermua, 1990), graduado en Ingeniería Informática con especialización en Ingeniería del Software (2014) y máster en Sistemas Informáticos (2016) por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Actualmente es estudiante de doctorado en Ingeniería Informática desde 2016 en la Universidad del País Vasco.

Ha trabajado también como desarrollador de aplicaciones web en IK4-Tekniker, desarrollador de aplicaciones para automatismos y control audiovisual en Telesonic S.A e Ingeniero de Datos y DevOps en IK4-Ikerlan. Sus intereses en investigación se centran en aspectos relacionados con los Sistemas Web e Interacción Persona Computador.

Oscar Díaz (Donostia, 1962) es catedrático del departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad del País Vasco. Licenciado por la Universidad del País Vasco en 1985, y doctor por la Universidad de Aberdeen en 1992. Actualmente, lidera el grupo ONEKIN (www.onekin.org) abordando temas principalmente en las áreas de Líneas de Producto Software, Desarrollo Ágil y Ciencia del Diseño (Design Science). Ha participado como miembro del comité de programa de congresos internacionales (VLDB, CAiSE, Data Engineering, WWW, etc.) y es autor de más de 50 publicaciones (p.ej. ACM Computing Surveys, IEEE Software, Journal of System and Software, ACM Trans. on the Web, etc.).

Página en Blanco

Capítulo 14

A utilização do VISIR como um recurso educativo: uma revisão da literatura

Natércia Lima, Clara Viegas, Gustavo Alves, *IEEE Senior Member* e Francisco José García-Peñalvo

¹**Title**—VISIR's Usage as an Educational Resource: a Review of the Empirical Research.

Abstract—Laboratory experiments are one of the backbones of engineering teaching. Nevertheless, Bologna Process reforms and the economic constraints most Higher Education Institutions face nowadays, caused a significant decline in the amount of time devoted to hands-on lab. Researchers are seeking complementary ways to teach these practical skills and remote labs are being used as an option. This review paper presents a first attempt to compile empirical studies that directly report the use of the remote laboratory VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality). These practices of engineering classes/courses, used VISIR individually or as a complement to traditional hands-on laboratory.

Keywords—Engineering Education; Learning Outcomes; Remote Laboratories; VISIR.

Abstract—A prática laboratorial é fundamental no ensino da Engenharia. No entanto, como consequência do Processo de Bolonha e das restrições orçamentais com que a maioria das Instituições do Ensino Superior se deparam, o número de horas dedicadas à atividade laboratorial diminuiu significativamente. Os investigadores procuram formas complementares de desenvolver estas competências experimentais e os laboratórios remotos são uma opção. Este trabalho de revisão de literatura é uma primeira tentativa de compilar todos os estudos empíricos em que se utiliza o laboratório remoto VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality), em cursos de Engenharia. Nestes, o VISIR foi usado como recurso único ou como um complemento ao laboratório tradicional.

Keywords— Educação em Engenharia; Laboratórios Remotos; Resultados de Aprendizagem; VISIR.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de competências experimentais na área de Engenharia é fundamental, independentemente da área de aplicação[1]. Os estudantes precisam de realizar ensaios laboratoriais de forma a perceberem melhor os conceitos teóricos subjacentes, de manipular e interagir com os instrumentos e equipamentos, consolidando conhecimentos e competências, que serão uma mais-valia fundamental após a sua graduação. De acordo com Gustavsson [2], de forma a virem a ser capazes de lidar com problemas mais complexos, como será o caso nas suas futuras vidas profissionais, os estudantes têm de ser *fluentes na linguagem da natureza e uns inventores/construtores de sucesso e para isso necessitam de realizar muitos trabalhos laboratoriais*. Estas competências eram tradicionalmente desenvolvidas nos laboratórios, ao longo do seu percurso de formação.

Até muito recentemente, estas competências eram exclusivamente desenvolvidas em laboratórios tradicionais, vulgarmente designados como laboratórios *hands-on*[3]. Nas últimas décadas, houve um aumento significativo dos estudantes que frequentam o ensino superior e como consequência os recursos físicos existentes deixaram de ser suficientes. Simultaneamente, com o Processo de Bolonha, devido às restrições económicas, o número de horas laboratoriais na maioria dos Cursos de Engenharia na Europa foi reduzido e o número de estudantes por turma aumentou.

Sensivelmente na mesma altura, juntamente com a rápida evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), os cientistas começaram a desenvolver simulações computacionais e laboratórios remotos, permitindo que os estudantes pudessem desenvolver algumas competências experimentais de um modo diferente – dando-lhes a liberdade de organizar as suas atividades de aprendizagem de acordo com as suas necessidades. Aumentando o acesso aos recursos de aprendizagem (permitindo aos estudantes acederem inúmeras vezes e de diferentes lugares), estar-se-á potencialmente a contribuir para a autonomia do estudante e mesmo dando suporte à aprendizagem ao longo da vida[2], [3], [4]. Por outro lado, a educação à distância deverá ser considerada, como um fator crítico, na sustentabilidade das instituições a longo prazo – esta

¹ Este trabalho foi originalmente apresentado na Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'2016).

Natércia Lima e Clara Viegas são professoras adjuntas do Departamento de Física, do Instituto Superior de Engenharia do Politécnico do Porto, Portugal, nmm@isep.ipp.pt e mcm@isep.ipp.pt.

Gustavo Alves é professor adjunto do Departamento de Engenharia Electrotécnica, do Instituto Superior de Engenharia, do Politécnico do Porto, Portugal, gca@isep.ipp.pt

Francisco José García-Peñalvo é profesor titular do Departamento de Informática, da Faculdade de Ciências da Universidade de Salamanca, Espanha, fgarcia@usal.es.

componente tem-se tornado cada mais significativa e é expectável que continue a aumentar nos próximos anos [5]. De fato, a educação à distância, apoiada em tecnologias web apresenta várias vantagens, cobrindo uma maior e geograficamente mais dispersa população de estudantes [3]. No entanto, para os cursos de engenharia e ciências, estas competências deverão ser reforçadas com aulas laboratoriais *hands-on* – é fundamental, que os estudantes tenham a oportunidade de manusear os equipamentos e instrumentos[3].

Atualmente ainda existe alguma controvérsia relativamente à eficácia dos laboratórios baseados em tecnologias web[6] – alguns investigadores consideram que estes, de alguma forma, podem até ser um entrave à aprendizagem enquanto outros os consideram como um recurso complementar aos laboratórios *hands-on*[7]. Apesar disso, os professores usam frequentemente este recurso como um substituto ou um complemento aos laboratórios tradicionais *hands-on*. Os laboratórios remotos estão-se a tornar um recurso de ensino/aprendizagem bastante popular, sendo considerados uma das tecnologias educacionais mais valorizada e adotada, correspondendo a uma das maiores mudanças na educação em engenharia nos últimos 100 anos [8].

Os estudantes precisam de perceber as diferenças principais no tipo de resultado experimental obtido utilizando estes diferentes recursos: resultados de modelos computacionais com as simulações e resultados reais com laboratórios remotos e *hands-on*. Neste sentido, os laboratórios remotos apresentam as vantagens das simulações e as vantagens de trabalhar com coisas reais. No entanto, os laboratórios remotos não são a panaceia – a tecnologia subjacente ao laboratório (como a interface do equipamento) pode comprometer a eficácia da aprendizagem [4]. Recentemente (2015), Brinson [3] apresentou um trabalho – uma vasta revisão de literatura de estudos comparativos que apresenta medidas empíricas dos resultados de aprendizagem alcançados pelos alunos usando laboratórios tradicionais (LT) versus os obtidos usando simulações e laboratórios remotos (LNT) – a principal conclusão é que os resultados de aprendizagem obtidos usando LNT são melhores ou iguais que os obtidos usando LT, independentemente do tipo de resultado analisado (sendo os mais comuns questionários e testes/exames). Uma combinação de procedimentos LT e LNT está a ser avançada como opção ideal à aprendizagem laboratorial e desenvolvimento de competências experimentais uma abordagem “híbrida” ou *blended*, tirando partido das vantagens de ambos: interiorização e compreensão de conceitos mais teóricos dos LNT e aquisição de competências técnicas dos LT [3]. Esta abordagem “híbrida” parece ser mais eficaz que a utilização exclusiva de LNT e a ordem pela qual os alunos acedem aos recursos LT e LNT parece não ter influência nos resultados de aprendizagem [3].

A utilização destes vários recursos coloca alguns desafios à abordagem pedagógica e didática usada, uma vez que os objetivos associados a cada um destes recursos podem ser diferentes[9]. Cada método permite o

desenvolvimento de diferentes competências. Como tal, o professor deve estar ciente deste facto quando decidir que método ou combinação de métodos/recursos usar. A utilização destes recursos, por si mesmos (isto é, sem o enquadramento didático apropriado), pode até ser prejudicial – algumas destas ferramentas são bastante complexas e não são imediatamente percebidas pelos estudantes, levando a sensações de frustração, podendo até desistir da tarefa [10].

Como é bem conhecido da literatura, os professores conseguem chegar a mais estudantes, se diversificarem os métodos e técnicas usadas em sala de aula, como consequência dos diferentes estilos de aprendizagem dos estudantes [11], [12]. Por outro lado, é crucial desenhar o currículo da disciplina baseado nos resultados de aprendizagem que o professor pretende que os seus estudantes desenvolvam [12], [13], e para isso os professores precisam de ter em consideração não apenas os métodos de ensino, mas também os recursos que pretendem usar, desenhando as atividades que vão fazer com os estudantes de acordo com essa planificação.

Um laboratório remotopode ser definido como um recurso educacional, no qual o utilizador e o equipamento estão fisicamente separados. Para que o utilizador possa realizar a experiência é necessário a existência de um meio de comunicação (por exemplo, a internet) entre o utilizador e o equipamento e normalmente também é necessário algum tipo de interface[14] – o utilizador tem a possibilidade de configurar, controlar e/ou monitorizar os parâmetros físicos de uma experiência real. A maioria das vantagens deste tipo de recurso já foi enumerada mas vale a pena chamar a atenção que também permite a colaboração na área de educação e na investigação entre indivíduos e instituições espalhados por todo o mundo.

Um dos laboratórios remotos mais usados na área da Educação em Engenharia é o VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality). Este trabalho tem como base uma revisão de literatura de artigos publicados sobre a utilização do VISIR, desde 2004 até Maio de 2016.

Este trabalho tem como objetivo sistematizar os resultados da utilização do VISIR descritos na literatura, tentando perceber as bases/linhas comuns existentes e a necessidade de futuras linhas de investigação no tema. Primeiramente o sistema VISIR vai ser descrito na secção 2 seguida da correspondente metodologia usada na revisão de literatura na secção 3. As secções 4 e 5 destinam-se aos resultados, discussão e conclusão. Finalmente, serão apresentadas as implicações deste trabalho na investigação futura sobre o tema.

II. LABORATÓRIO REMOTO VISIR

Desde 2000, um grande número de laboratórios remotos, em diferentes áreas científicas e tecnológicas, tem vindo a ser implementado um pouco por todo o mundo[9], [14]. Considerando a área da engenharia, a utilização destes faz-se sentir principalmente nas áreas da engenharia elétrica/electrónica e engenharia mecânica [15].

O laboratório remoto VISIR surgiu a partir de um estudo de viabilidade iniciado em 1999, no Blekinge

Institute of Technology (BTH) na Suécia, apesar de só ter sido lançado a 10 de Março de 2004. O VISIR é uma combinação de pacotes de *software* de acesso livre com equipamento comercial da National Instruments (NI), disponibilizado através de uma Licença Pública Geral (GPL) GNU. Permite, remotamente, criar, ligar e medir circuitos eletrónicos numa *breadbord*, tendo à disposição um grande número de componentes eletrónicos [16]. No entanto, a plataforma não está limitada a experiências elétricas – existem laboratórios VISIR para as áreas de acústica e vibrações mecânicas no BTH [17],[18]. O BTH em conjunto com a NI dos EUA e a Axion EduTECH Sueca lançaram o Projeto VISIR, no final de 2006, sendo o mesmo financiado pelo próprio BTH e pela Agência Sueca Governamental para Sistemas Inovadores (VINNOVA) [18].

Até agora e após a instalação do sistema VISIR no BTH, já foram instalados sistemas VISIR em sete Instituições de Ensino Superior (IES), em cinco países: Áustria (Universidade de Ciências Aplicadas de Caríntia e no Campus FH de Viena de Ciências Aplicadas), Portugal (Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)), Espanha (Universidade de Deusto e Universidade Espanhola para a Educação à Distância), Geórgia (Universidade Estatal de Shota Rustaveli) e Índia (Instituto Tecnológico de Madras) e foi usado, com bons resultados, por milhares de estudantes [14], [18],[19], [20]. O grupo de investigação do BTH continua a ser o responsável pela manutenção, desenvolvimento e atualização do sistema VISIR. A Associação Internacional da Engenharia Online (IAOE) criou um Grupo com Interesse Especial pelo VISIR (SIG VISIR) para fomentar a colaboração dentro da comunidade VISIR e promover a disseminação do projeto [18], [20]. A existência desta comunidade que é bastante extensa e ativa é uma vantagem primordial: os utilizadores do VISIR, quer professores quer estudantes, frequentemente fazem pedidos e/ou identificam constrangimentos e problemas que não tinham sido previstos pelos criadores do VISIR. Este *feedback* é usado para adicionar novas funcionalidades e introduzir melhorias no sistema, promovendo o desenvolvimento e melhoria do VISIR[21]. De facto, em 2015, o VISIR foi reconhecido, pelo Comité Executivo do Consórcio Global Laboratorial Online, como sendo o melhor laboratório remoto[22]. O VISIR é também o primeiro laboratório remoto do mundo a apoiar um Curso Online Aberto e Massivo (MOOC) na área da eletrónica industrial [23], [24].

O sistema VISIR pode ser visto como uma bancada de trabalho remota, equipada com os mesmos instrumentos que existem numa bancada de um laboratório *hands-on* para montar e testar circuitos elétricos e eletrónicos. Estas são semelhantes entre si, em todos os lugares do mundo: tipicamente em cada bancada há uma *breadbord* e componentes, fornecidos pelo professor, e os estudantes utilizam-nos para fazer as ligações e montar os circuitos, de acordo com o procedimento do guião laboratorial. Ao usarem o VISIR, uma simulação idêntica aos equipamentos e instrumentos reais (uma *breadbord* virtual e fotografias dos componentes) é apresentada no

ecrã do computador. Os estudantes usam o rato do computador, ao invés dos seus dedos, para ajustar os instrumentos, colocarem os componentes na *breadborde* para fazerem as ligações necessárias para montar o circuito. Os correspondentes componentes reais são montadas em *sockets* numa matriz de ligação e os resultados das medições reais são visualizados nos painéis frontais dos instrumentos virtuais, no ecrã do computador. Assim, desde que o estudante disponha de um computador, ou mais recentemente um *tablet* ou *smartphone*, ele tem a possibilidade de aceder a um laboratório real (que imita uma bancada de trabalho real), em qualquer lugar, através de uma ligação à internet, usando um qualquer *browser*[25], [26].

A arquitetura do sistema VISIR (figura 1) pode ser sumariamente descrita como um conjunto de quatro componentes, basicamente independentes entre si:

- Servidor: lida essencialmente com o *hardware* e com a matriz de ligações de circuitos;
- Servidor de medições: interage com o servidor, de forma a fornecer as medições em tempo real, ao cliente;
- *Flash Client*: está ligado ao servidor de medições e fornece a interface da experiência, acessível através de qualquer *browser*;
- *Openlabs Web Layer*: fornece as camadas básicas das experiências remotas, incluindo as páginas web iniciais, as de autenticação e utilização dos utilizadores e também uma base de dados para armazenar as contas de utilizadores, os circuitos e outra informação [27].

O VISIR tem o seu próprio Sistema de Gestão de Aprendizagem (LMS) e possui quatro diferentes contas de utilizadores: conta de administrador, conta de professor, conta de estudante/instrutor e conta de convidado. Cada tipo de conta tem características, privilégios e limites próprios de acesso aos conteúdos laboratoriais. A conta associada à organização e distribuição dos conteúdos do laboratório é a conta de administrador que tem privilégios de desenhar as páginas web, fazer o *upload* de ficheiros, criar cursos, atribuir contas de professor e instrutor e modificar contas de utilizador. A conta de professor está vinculada ao(s) curso(s), pelo qual o professor é responsável sendo os privilégios principais poder adicionar ou remover experiências assim como contas de estudantes e fazer reservas. A conta de utilizador/instrutor permite ao

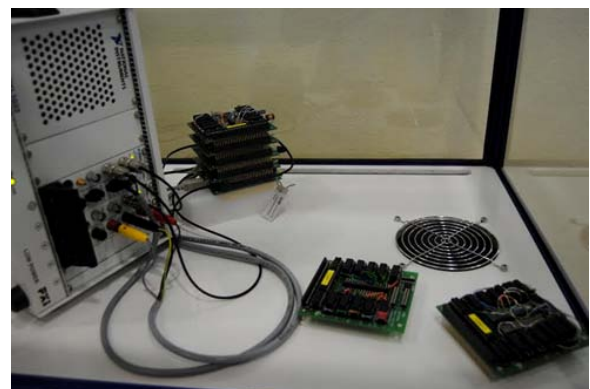


Figura 1. Sistema VISIR no ISEP

usuário aceder às experiências de um curso específico. E finalmente, a conta de convidado é uma conta pública, que pode ser usada por qualquer pessoa, para aceder ao VISIR e experimentar o sistema [19].

III. METODOLOGIA DE REVISÃO DE LITERATURA

O objetivo principal deste trabalho é compreender e sistematizar a investigação científica sobre a utilização do VISIR, realizada até ao momento. A questão de investigação subjacente é: *Considerando as implementações e utilizações do VISIR descritas na literatura até Maio de 2016, quais são os resultados e indicadores comuns que podem ser encontrados nas diferentes abordagens pedagógicas usadas?*

A resposta para esta questão vai ser obtida através de uma análise sistemática dos resultados encontrados. Nas secções subsequentes será apresentada a forma como esta análise foi conduzida assim como a metodologia usada.

A. Metodologia de Revisão

Uma revisão sistemática de literatura, ou revisão sistemática como é muitas vezes referida, é uma *forma de identificar, avaliar e interpretar toda a informação/investigação relevante a uma questão de investigação específica, um tópico ou fenómeno de interesse*[28]. Uma revisão de literatura pode ser um trabalho bastante penoso e demorado e é preciso estar ciente de que muitas publicações podem estar, de alguma forma, ocultas em publicações de conferências e como tal não imediatamente disponíveis. Como tal, é necessário um cuidado extra para garantir que não são deixados de fora trabalhos/publicações relevantes.

Começou por se fazer uma pesquisa na B-On - Biblioteca do Conhecimento Online, confinada aos termos “VISIR”, “Remote Laboratory”, “Learning Outcomes”, “Engineering Education” and “Curricular Integration”. Uma vez que o VISIR ainda é restrito a uma pequena comunidade [20], uma segunda pesquisa foi realizada tendo em conta as duas principais conferências na área dos laboratórios remotos: Engenharia Remota e Instrumentação Virtual (REV) e a Conferência da Educação Global em Engenharia do IEEE (EDUCON). Finalmente as referências citadas nos artigos encontrados foram também verificadas. O conjunto de trabalhos encontrados foi então filtrado por título e *abstract*, resultando num total de 86 publicações (dos quais 7 eram capítulos de livros e 2 eram páginas da internet) para análise. Estas 86 publicações foram mais detalhadamente analisadas, o que levou a uma rejeição de 32 trabalhos, pois apesar de o VISIR ser mencionado ou brevemente descrito nos mesmos, o foco do trabalho não era o VISIR. Assim, no final, ficaram 54 publicações que constituíram o universo da análise que aqui se apresenta.

B. Materiais e Análise Descritiva

Um total de 54 trabalhos, provenientes de publicações de conferências, artigos de revistas e capítulos de livros, foram exaustivamente lidos e analisados. Foram identificadas duas linhas de investigação principais, que serão designadas por Questões Técnicas (QT) e Questões Didáticas (QD). Há 6 publicações que se focam em

ambas: QT e QD. A distribuição dos trabalhos, por área, é mostrada na figura 2.

Na linha de investigação Questões Técnicas foram agrupadas todas as publicações cujo foco principal era a descrição das componentes de *hardware/software* do sistema VISIR e outras questões técnicas como por exemplo a integração do VISIR com outros laboratórios e/ou com um LMS. Todas as publicações que descrevem a implementação e utilização do sistema VISIR numa disciplina/curso específico e os resultados obtidos foram consideradas na linha de investigação Questões Didáticas.

As Questões Técnicas vão ser tratadas de uma forma sumária, uma vez que estas não são o foco principal deste trabalho. No entanto, são enumerados os tópicos/itens mais relevantes, que as várias Instituições que utilizaram o VISIR identificaram como devendo ser melhorados.

Para tratar as Questões Didáticas, foi utilizada uma metodologia de estudo de caso (múltiplos casos). Cada

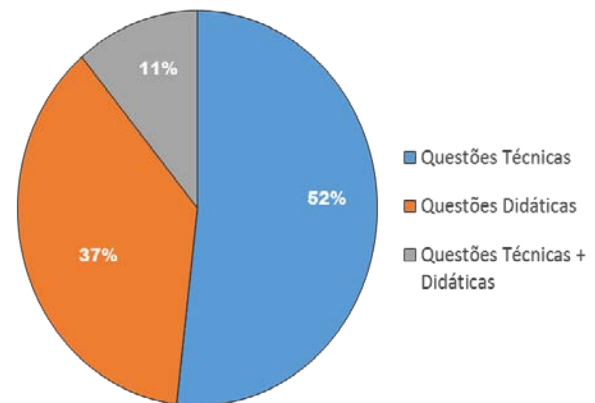


Figura 2. Distribuição das publicações por linha de investigação

TABELA I
CASOS IDENTIFICADOS

Tipo de Curso	Ano Letivo	Estudantes	Nível Educ.	Intervenções /Semestre	Publicações
B	2010/11	561	Sup	6 semanas	[14]; [52]; [7]; [19]; [56]; [68]; [22]
C	2010/11	49	Sup	Todo o semestre	[7]; [21]; [20]
B	2010/11	574	Sup	Todo o semestre	[8]; [21]; [20]
C	2010/11	47	Sup	Todo o semestre	[7]; [21]; [20]
C	2010/11	68	Sup	Todo o semestre	[7]; [21]; [20]
C	2010/11	345	Sup	Todo o semestre	[7]; [21]; [20]
B	2010/11	189	Sup	3 semanas	[7]; [21]; [20]
C	2013/14	79	Sup	Todo o semestre	[64]; [65]; [66]
C	2013	15	Prof	SI	[61]; [20]
C	2013/14	71	Sup	SI	[57]; [62]; [20]
B	2009/10; 2010/11	94	Sec	7-8 semanas	[16]; [20]
C	2014/15	35	Sup	SI	[69]
C	2008/09; 2009/10	SI	Sup	SI	[19]; [53]; [68]; [20]
C	2008/09; 2010/11	SI	Sup	3 Sessões Práticas	[19]; [53]; [67]; [68]; [20]
C	2010/11	SI	Sup	SI	[19]; [53]; [68]; [20]
C	2009/10	40	Prof	2 dias	[19]; [63]; [68]
C	Since 2010	SI	Prof	SI	[19]; [68]
B	2013/14	53	Sup	SI	[53]; [55]; [58]; [60]
B/C	Since 2003	SI	Sup	SI	[67]
C	2013/14	SI	Sup	SI	[23]
C	2013	2200	Prof	SI	[23]; [24]
SI	2012/13	SI	Sup	SI	[59]
SI Sem Informação					

caso representa uma disciplina em que o VISIR foi usado/implementado. Um total de 22 disciplinas, abarcando mais de 4400 estudantes, de diferentes níveis educacionais (Secundário (Sec), Profissional (Prof) e Superior (Sup)) estão sumariados na tabela 1. As disciplinas foram também classificadas de acordo com o tipo de conhecimento (Básico (B) ou Científico (C)) e o tipo de intervenção realizada. A tabela I também inclui o ano letivo no qual ocorreu a implementação e o número de estudantes envolvido. Estas disciplinas englobam estudantes com diferentes *backgrounds* educacionais, assim como conhecimento e níveis de competência desenvolvidos, levadas a cabo em diferentes anos letivos.

Os resultados reportados em cada caso foram analisados em quatro dimensões: **descrição da intervenção, tipo de análise, objetivos educacionais e conclusões atingidas**.

A categorização nas três primeiras dimensões tinha sido previamente definida. Na primeira dimensão as categorias definidas foram o tipo de utilização do VISIR, considerando a descrição da implementação efetuada: sem descrição da intervenção, uma breve descrição e uma descrição detalhada. Na dimensão tipo de análise, os resultados foram categorizadas de acordo com o tipo de dados recolhidos: sem dados, dados qualitativos (análise qualitativa), dados qualitativos e quantitativos (análise quantitativa e qualitativa). A terceira dimensão foi examinada de acordo com o tipo de objetivos educacionais definidos, caso existissem. Na quarta dimensão as principais conclusões foram nominalmente enumeradas.

IV. ANÁLISE DE RESULTADOS

Questões Técnicas

Como pode ser observado na figura 2, a linha de investigação Questões Técnicas é aquela que apresenta um maior número de publicações [2], [17], [18], [25], [27], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51]. Todos os trabalhos começam por fazer uma descrição detalhada do sistema VISIR, incluindo em alguns casos, o procedimento de instalação. As componentes de *hardware* e *software*, os ciclos de operação, incluindo o tipo de contas e respetivos privilégios são também detalhadamente apresentados. De formas diferentes, eles descrevem a sua experiência de utilização do VISIR em várias instituições/cursos/disciplinas/estudantes e apresentam o *feedback* recolhido dos vários utilizadores (administradores, professores e estudantes) da comunidade VISIR. Apesar de todos os tipos de utilizadores, professores e estudantes das várias instituições, terem uma impressão bastante positiva do VISIR, foram identificados e descritos em algumas das publicações alguns constrangimentos e limitações do sistema. Os mais frequentes são:

TABELA II
DESCRÇÃO DA INTERVENÇÃO

Descrição da Intervenção Casos	
Sem Descrição	C10, C12, C19, C20, C21
Breve Descrição	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C9, C11, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C22
Descrição Detalhada	C8

1) Quando um estudante acede ao VISIR, o sistema apenas regista/memoriza o seu login e não permite que os circuitos que montou, possam ser posteriormente acedidos pelo professor para correção e avaliação. Uma possível solução para este problema é fazer a integração do VISIR com um LMS. Esta solução já foi desenvolvida e implementada em várias instituições (como por exemplo, o WebLabDeusto).

2) A matriz de comutação (desenvolvida pelo BTH), é limitada a 16 placas de componentes, reduzindo a flexibilidade do VISIR e limitando a sua utilização. No entanto, o VISIR permite escolher outro tipo de tecnologia baseada em *drivers* IVI (Interchangeable Virtual Instruments) ao invés da tradicional NI. Uma solução passa por substituir a matriz de comutação por uma alternativa comercial, como por exemplo equipamento LXI (em vez de PXI). Um sistema VISIR LXI foi já desenvolvido e instalado na Universidade de Deusto.

3) Apesar de o VISIR acomodar a maioria dos instrumentos usados nas aulas laboratoriais das disciplinas de eletricidade e eletrónica dos cursos de engenharia, originalmente não permitia a utilização de 2 protótipos do mesmo instrumento. Para ultrapassar esta limitação é necessário adicionar ao sistema vários módulos PXI. Esta solução, já implementada num sistema VISIR, implica custos adicionais e a alteração do código do *software*.

4) Tendo apenas em consideração o *feedback* dos estudantes é desejável aprimorar a sensação de realidade induzida pela interface. Se possível, seria também interessante adicionar ou alterar algumas das funcionalidades referidas pelos alunos, tais como alterações no *layout* do ambiente. Algumas destas funcionalidades estão já a ser desenvolvidas e implementadas em alguns sistemas.

Os criadores do VISIR já propuseram uma solução para ultrapassar algumas destas limitações e aumentar a flexibilidade do sistema – conectar todos os sistemas VISIR, instalados nas várias instituições, uns com os outros, de forma a criar uma rede de laboratórios partilhada e acedida por todos os participantes da comunidade VISIR. A gama de aplicação do sistema seria consideravelmente aumentada, uma vez que cada instituição instalaria alguns circuitos específicos no seu próprio sistema VISIR e poderia usar outro tipo de circuitos instalado em qualquer outro sistema VISIR e vice-versa.

Questões Didáticas

Ao todo foram identificados vinte e dois casos, cada um deles descrito numa ou mais publicações [7], [14], [16], [19], [20], [21], [23], [24], [52], [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69]. Eles abarcam diferenças significativas em termos de contexto de estudantes, no que diz respeito a *backgrounds* educacionais, níveis de conhecimento e competências. Os autores são unânimes em afirmar que o VISIR é um instrumento funcional, eficiente e útil para o ensino e aprendizagem de eletricidade e eletrónica, sendo bem aceite pelos estudantes.

Considerando as quatro dimensões analisadas e subsequente categorização, os resultados principais são:

1) **Descrição da Intervenção:** A distribuição dos casos, de acordo com o tipo de descrição, está sumariada na tabela II.

Foram considerados cinco casos (23%) na categoria sem descrição – o VISIR foi usado, mas não é claro qual o tipo de metodologia de intervenção que foi adotado. O VISIR foi usado essencialmente com o propósito de testar e avaliar a sua capacidade em proporcionar experiências remotas *online* para perceber a opinião dos estudantes relativamente ao mesmo. Nesta categoria, os estudantes montaram um ou dois circuitos, utilizando um sistema VISIR de uma outra instituição (exceto no caso C19). O caso C19 descreve a utilização do VISIR no BTH e apesar de este ser largamente usado desde 2003, a metodologia da implementação não é descrita.

A maioria dos casos (73%) cabe na categoria breve descrição, na qual se encontram dados como: período de tempo em que o VISIR foi usado durante o semestre, onde foi usado (nas aulas, autonomamente, como complemento ou substituto de algum trabalho laboratorial), se o seu uso era obrigatório ou opcional, a sua contribuição para a nota final, se foi usado em grupos ou individualmente, o tipo de supervisão por parte dos professores, etc., apesar de não se ter acesso a todos estes dados simultaneamente nos vários casos. Apesar de em todos estes trabalhos ter havido um esforço para descrever a metodologia usada na implementação, esta categoria pode ser dividida essencialmente em dois tipos de casos: os que fazem um esforço especial por descrever a metodologia didática subjacente à implementação (tipo de tarefas, avaliação, etc.) e os que estão essencialmente preocupados em perceber a satisfação global dos estudantes com o VISIR.

A categoria descrição detalhada apresenta apenas um caso (C8) – esta disciplina foi desenvolvida usando simultaneamente quatro recursos diferentes: cálculo, simulação, *hands-on* e VISIR. O professor utilizou uma metodologia de ensino-aprendizagem baseado em questões/problemas, utilizando diferentes recursos, não apenas nos diferentes tipos de aula, mas também na avaliação, tendo como principal objetivo desenvolver a destreza e competências experimentais. As tarefas/atividades das disciplinas foram preparadas de acordo.

2) **Tipo de Análise:** A distribuição dos casos, de acordo com o tipo de análise efetuada pode ser observada na Tabela III.

Foram considerados nove casos (41%) na categoria análise qualitativa – foram recolhidos e analisados dados qualitativos tais como resultados de questionários e de entrevistas/observações quer a estudantes quer a professores. Dados qualitativos provenientes de relatórios laboratoriais, testes escritos e exames também foram usados, mas em menor extensão.

A maioria dos casos (45%) insere-se na categoria análise qualitativa e quantitativa. Nesta, foram usados

TABELA III
TIPO DE ANÁLISE

Tipo de Análise	Casos
Qualitativa	C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17
Qualitativa e Quantitativa	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C18, C22
Sem Dados	C19, C20, C21

não só os dados qualitativos previamente descritos, mas também alguns dados quantitativos tais como número de acessos ao VISIR e outros recursos, presenças nas aulas e as classificações dos estudantes.

Há três casos para os quais não foi recolhido qualquer tipo de dados (sem dados): os C20 e C21 descrevem experiências que estão ainda a decorrer e como tal não há dados finais; C19 descreve a utilização do VISIR no BTH desde 2003 e apesar de se saber que o VISIR tem sido largamente usado, a publicação não apresentava dados relativos a esta dimensão.

3) **Objetivos Educacionais:** Como pode ser constatado, através da tabela IV, apenas nove casos especificam claramente os objetivos educacionais subjacentes à implementação do VISIR.

Estes foram divididos em duas subcategorias: os que envolvem a utilização do VISIR nos objetivos de aprendizagem (definindo tarefas específicas usando o VISIR como uma componente ao trabalho laboratorial ou ao estudo autónomo) ou de uma forma geral em que o VISIR é mais um recurso a ser usado na disciplina, permitindo o desenvolvimento de competências de uma forma diferente.

Apesar de para a maioria dos casos se poder inferir os objetivos educacionais, uma vez que eles estão implícitos na descrição da metodologia usada na utilização do VISIR ou na análise e discussão de resultados e conclusão, na maioria dos casos eles não são claramente descritos. O objetivo definido na maioria desses estudos era mais geral – perceber se o VISIR era um recurso útil,

TABELA IV
OBJETIVOS EDUCACIONAIS

Objetivos Educacionais	Casos
Centrados no VISIR	C2, C3, C7
Gerais	C1, C4, C5, C6, C8, C18
Não Definidos	C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C19, C20, C21, C22

TABELA V

Conclusões Atingidas	Casos
Ganhos no desenvolvimento de competências	C1, C13, C14, C15, C19
Ganhos na aprendizagem e/ou no desempenho	C1, C2, C4, C5, C6, C13, C14, C15, C16, C18, C22
Aumento da capacidade de resolução de problemas	C3, C8
Aumento da confiança nas atividades laboratoriais	C1, C4, C5, C6, C13, C14, C15
Desenvolvimento da análise crítica	C6, C8
Melhoria das competências experimentais	C1, C7
Aumento do entusiasmo e motivação	C1, C8, C16, C17
Recurso útil como complemento ao <i>hands-on</i> e outros recursos	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C13, C14, C15, C22
Ferramenta útil para o ensino à distância	C9, C20, C21
Mais apropriado para disciplinas introdutórias	C4, C5
Estudantes satisfeitos com o VISIR	C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17
A experiência e atenção do professor tem um papel crucial	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C13, C14, C15
A contribuição para a nota final afeta o grau de empenho com o VISIR	C2
Os estudantes sentem algumas dificuldade com o VISIR, ao início	C1, C7, C8
Os estudantes precisam de tempo com o professor e/ou tutoriais	C1, C8, C11

observando os seus pontos fracos e os seus pontos fortes e explorando as suas potencialidades para perceber se era bem aceite pelos estudantes.

4) Conclusões Atingidas: A Tabela 5 apresenta essas conclusões, para os 22 casos identificados e estudados.

Tendo em consideração a avaliação da satisfação do VISIR, por parte dos estudantes, foram analisados três parâmetros através de questionários: utilidade – itens pedagógicos e de ensino, imersão – até que ponto o VISIR replica a sensação de um laboratório real e usabilidade – disponibilidade e itens técnicos. Todos os parâmetros tiveram uma boa avaliação.

O VISIR é um recurso útil que pode ser usado livremente pelos alunos, a partir de casa ou qualquer outro lugar, aumentando a sua liberdade de organizar as atividades de aprendizagem de acordo com a percepção das suas próprias necessidades.

V. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Foram identificadas duas linhas de investigação principais, no que se refere à utilização do VISIR, Questões Técnicas e Questões Didáticas.

Os resultados desta revisão de literatura contribuem para a avaliação do laboratório remoto VISIR em termos de implementações didáticas, incluindo objetivos educacionais, resultados de aprendizagem e competências desenvolvidas e de uma forma menos significativa para a identificação de alguns aspetos técnicos que podem ser melhorados no próprio sistema VISIR e consequentemente melhorar a sua interação com os estudantes.

Respondendo à questão de investigação - *Considerando as implementações e utilização do VISIR descritos na literatura até Maio de 2016, quais são os resultados e indicadores comuns que podem ser encontrados nas diferentes abordagens pedagógicas usadas?* – o sistema VISIR é um recurso educacional útil e funcional, bem aceite pelos estudantes, que deve ser usado como um complemento ao laboratório *hands-on* ou como uma ferramenta de apoio ao ensino à distância. Potencia o aumento das competências desenvolvidas pelos estudantes assim como o conhecimento, como foi relatado em 59% dos casos analisados.

O aumento da confiança dos estudantes no laboratório assim como o seu entusiasmo e motivação está patente em 45,5% dos casos. A contribuição do VISIR para a nota final tem também um papel importante no empenho e motivação dos estudantes.

Outra conclusão deste trabalho, será a identificação de aspetos igualmente importantes, apesar de serem apenas pontualmente referenciadas nos casos analisados, tais como, a atenção do professor à componente VISIR no decurso de toda a disciplina e a sua supervisão nas primeiras utilizações do estudante. Para o desenho curricular é necessário planear as tarefas usando o VISIR de acordo com os objetivos de aprendizagem e conhecimentos do estudante.

Como é referido em alguns trabalhos, é muito difícil, se não impossível, isolar a contribuição do VISIR nos resultados obtidos, uma vez que vários fatores podem

comprometer a motivação do estudante e consequentes resultados finais.

Este trabalho ajudou a identificar alguns aspetos e questões que deverão ser abordados em investigação futura. Milhares de estudantes usaram até ao momento o VISIR, mas apenas num dos casos (de pequena dimensão) foi descrito o currículo da disciplina e o desenho detalhado da implementação didática. Neste caso, a implementação foi desenhada baseada nos resultados de aprendizagem que os professores queriam que os alunos desenvolvessem e as tarefas planeadas claramente descritas. Neste caso, o VISIR foi usado com outros recursos (simulação, *hands-on* e cálculo) seguindo uma metodologia de ensino-aprendizagem baseada em questões/problemas e parece que esta metodologia favorece a aprendizagem e o desenvolvimento de competências de ordem superior. Este tipo de trabalho tende a ser mais útil para outros professores que pretendam usar o VISIR. Permite-lhes perceber, de uma forma exata, como é que o VISIR foi incorporado no currículo e que tipo de mediação é que o professor usou. Os resultados obtidos podem também ser mais facilmente analisados.

De forma a ultrapassar algumas das limitações do atual sistema VISIR e potenciar as suas funcionalidades, os criadores do VISIR propuseram a criação de uma federação de laboratórios VISIR que pudesse ser acedida por qualquer um dos membros e que incluísse um repositório de recursos de aprendizagem, de acesso livre.

Mais recentemente (Novembro 2015) foi lançado o Projeto VISIR+, um consórcio entre os países europeus que possuem sistemas VISIR instalados e o Brasil e Argentina que tem como objetivo desenvolver uma série de módulos educacionais que incluam a utilização de *hands-on*, simulação, cálculo e VISIR, seguindo uma metodologia de ensino-aprendizagem baseada em questões/problemas. Este projeto permitirá, com certeza, conduzir um estudo em contextos diferentes, sobre como e quais os resultados de aprendizagem que são afetados pelo uso simultâneo destes recursos. Irá permitir igualmente explorar outros fatores que de alguma forma podem comprometer o empenho, motivação e resultados de aprendizagem dos estudantes.

Finalmente, uma proposta mais recente de um projeto para construir a primeira federação europeia de sistemas VISIR instalados foi aprovada e financiada pela agência ERASMUS+ Espanhola [70]. É expectável que este projeto contribua para a investigação sobre o VISIR.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio da Comunidade VISIR assim como o apoio financeiro da Fundação de Ciência e Tecnologia, FCT, UID/EQU/00305/2013.

Este trabalho de investigação foi desenvolvido no âmbito do Programa de Doutoramento “Educação na Sociedade do Conhecimento”, da Universidade de Salamanca.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Jara, F. Candelas, S. Puentes and F. Torres, "Hands-on experiences of undergraduate students in Automatics and Robotics," *Computer and Education*, 57, pp. 2451-2461, 2011.
- [2] I. Gustavsson, G. Alves, C. R., K. Nilsson, J. Zackrisson, U. Hernandez-Jayo and J. Garcia_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.
- [3] J. R. Brinson, "Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research," *Computers & Education*, vol. 87, pp. 218-237, 2015.
- [4] J. E. Corter, J. V. Nickerson, S. Esche, C. Chassapis, S. Im and J. Ma, "Constructing reality: A study of remote, hand-on and simulated laboratories," *ACM Transactions on Computer Human Interaction*, 14(2), 2007.
- [5] I. Allen and J. Seaman, *Learning on Demand: Online education in the United States (1st edition)*, Newburyport, MA: Babson Survey Research Group and the Sloan Consortium, 2009.
- [6] J. Corter, S. Esche, C. Chassapis, J. Ma and J. Nickerson, "Process and learning outcomes from remotely-operated, simulated and hands-on student laboratories," *Computers & Education*, 57, pp. 2054-2067, 2011.
- [7] A. Marques, C. Viegas, C. Costa-Lobo, A. Fidalgo, G. Alves, J. Rocha and I. Gustavsson, "How Remote Labs Impact on Course Outcomes: Various Practises Using VISIR," *IEEE-Transactions on Education*, 2014.
- [8] J. E. Froyd, P. C. Wankat and K. A. Smith, "Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education," *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, pp. 1344-1360, 2012.
- [9] J. Ma and J. Nickerson, "Hands-on, Simulated and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review," *ACM Computer Surveys*, 38 (3), 2006.
- [10] D. Sticker, T. Lookabaugh, J. Santos and F. Barnes, "Assessing the effectiveness of remote networking laboratories," in 35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Indianapolis, 2005.
- [11] R. Felder and L. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education," *Engineering Education*, 78 (7), pp. 674-681, 1988.
- [12] J. Richardson, "Approaches to studying, conceptions of learning and learning styles in higher education," *Learning and Individual Differences*, 21, pp. 288-293, 2011.
- [13] J. Biggs, *Teaching for Quality Learning at University*, 3rd Edition, Mc Graw-Hill: Society for Research into Higher Education & Open University Press, 2007.
- [14] G. Alves, M. Marques, C. Viegas, M. C. Costa Lobo, R. Barral, R. Couto, F. Jacob, C. Ramos, G. C. D. Vilão, J. Alves, P. Guimarães and I. Gustavsson, "Using VISIR in a large undergraduate course: Preliminary assessments results," in Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011.
- [15] L. Gomes and S. Bogosyan, "Current Trends in Remote Laboratories," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vols. 56, No12, pp. 4744 - 4756, 2009.
- [16] L. Claesson and L. Hakansson, "Using an Online Remote Laboratory for Electrical Experiments in Upper Secondary Education," *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 8 (S2), 2012.
- [17] I. Gustavsson, J. Zackrisson and J. Lundberg, "VISIR work in progress," in 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Harbiye, Istanbul, Turkey, 2014.
- [18] M. Tawfik, E. Sancristobal, S. Martin, R. Gil, G. Diaz, A. Colmenar, J. Preire, M. Castro, K. Nilsson, J. Zackrisson, L. Hakansson and I. Gustavsson, "Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) for Remote Wiring and Measurement of Electronic Circuits on Breadboard," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vols. Vol 6, No 1, pp. 60-72, 2013.
- [19] M. Tawfik, E. Sancristobal, S. Martin, C. Gil, A. Pesquera, P. Losada, G. Diaz, J. Peire, M. Castro, J. Garcia-Zubia, U. Hernandez, P. Orduna, I. Angulo, M. Lobo, M. Marque, M. Viegas and G. Alves, "VISIR deployment in undergraduate engineering practises," in Frontiers in Education Conference, 2011.
- [20] R. M. Salah, G. R. Alves, D. H. Abdulazeez, P. Guerreiro and I. Gustavsson, "Why VISIR? Proliferative Activities and Collaborative Work of VISIR Community," in EDULEARN2015 Proceedings, Barcelona, Spain, 2015.
- [21] A. V. Fidalgo, G. R. Alves, M. A. Marques, M. C. Viegas, M. C. Costa-Lobo, U. G.-Z. J. Hernandez and I. Gustavsson, "Using Remote Labs to serve different teacher's needs - A case study with VISIR and RemotElectLab," *IEEE*, 2012.
- [22] "[IAOE] Winners of the GOLC Online Laboratory Award," 11 February 2015. [Online]. Available: <http://lists.online-lists.org/pipermail/iaoe-members/2015-February/000120.html>. [Accessed 2016].
- [23] M. Tawfik, S. Monteso, F. Garcia-Loro, E. Sancristobal, E. Ruiz, G. Diaz, A. C. Santos, J. Peire and M. Castro, "Novel Design and Development of Advanced Remote Electronics Experiments," *Comput Appl Eng Educ*, vol. 23, pp. 327-336, 2015.
- [24] F. Garcia Loro, A. Macho, E. Sancristobal, M. R. Artacho, G. Diaz and M. Castro, "Remote Laboratories for Electronics and New Steps in Learning Process Integration," in REV2016 Proceedings, Madrid, Spain, 2016.
- [25] I. Gustavsson and a. et, "Telemanipulator for Remote Wiring of Electrical Circuits," in Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV '08), June 2008.
- [26] I. Gustavsson and al, "The VISIR Project - An Open Source Software Initiative for Distributed Online Laboratories," in Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV'07), June 2007.
- [27] L. Rodriguez-Gil, P. Orduña, J. Garcia-Zubia and D. López-de-Ipiña, "Advanced integration of OpenLabs VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality) with Weblab-Deusto," *IEEE*, 2012.
- [28] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering , version 2.3," Software Engineering Group School of Computer Science and Mathematics Keele University and Department of Computer Science University of Durham, UK, 2007.
- [29] I. Gustavsson et al, "The VISIR Project - An Open Source Software Initiative for Distributed Online Laboratories," in Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV'07), June 2007.
- [30] M. Tawfik, E. Sancristobal, S. Martin and C. Gil, "VISIR Installation and Start-Up Guide," [Online]. Available: <http://www.bth.se/tek/asb.nsf/0/cccf1d86b0e24c0dc125722200271db8>.
- [31] J. Garcia-Zubia and U. Hernandez-Jayo, "LXI Technologies for remote labs: an extension of the VISIR project," in Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV'10), 2010.
- [32] E. Danilo Garbi, M. E Auer and I. Gustavsson, "A VISIR Lab Server for iLab Shared Architecture," in IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON2011), 2011.
- [33] E. Sancristobal Ruiz, M. Castro-Gil, J. Harward, P. Baley, K. DeLong and J. Hardison, "Integration View of Web Labs and Learning Management Systems," in IEEE EDUCON, Madrid, Spain, 2010.
- [34] I. Gustavsson, J. Zackrisson, K. Nilsson, J. Garcia-Zubia, L. Hakansson, I. Claesson and T. Lago, "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.
- [35] I. Gustavsson, "Teacher Manual for VISIR," [Online]. Available: <https://openlabs.bth.se/electronics/index.php?page=AboutPage#>.
- [36] I. Gustavsson, "On Remote Electronics Experiments," in Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in Remote Experimentation, Bilbao, University of Deusto, 2011, pp. 157-176.
- [37] P. Orduna, J. Irurzun, L. Rodriguez-Gil, J. Garcia-Zubia, F. Gazzola and D. Lopez de Ipiña, "Adding new features to new and existing remote experiments through their integration in weblab-deusto," *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, Vols. Vol. 7, no 52, 2011.
- [38] M. Tawfik et al, "A New Node in the VISIR Community," in Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV'2011),

- 2011.
- [39] J. Zackrisson, I. Gustavsson and L. Hakansson, "An Overview of the VISIR Open Source Software Distribution 2007," in *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV'2007)*, 2007.
 - [40] U. Hernández-Jayo and J. García-Zubia, "A Remote and Reconfigurable Analog Electronics Laboratory Based on IVI and LXI Technologies," in *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV'2011)*, 2011.
 - [41] I. Gustavsson, T. Olsson, H. Akesson, J. Zackrisson and L. Hakansson, "A Remote Electronics Laboratory for Physical Experiments using Virtual Beradboards," in *Proceedings of the 2005 ASEE Annual Conference*, Portland, USA, 2005.
 - [42] I. Gustavsson, J. Zackrisson and T. Olsson, "Traditional Lab Sessions in a Remote Laboratory for Circuit Analysis," in *Proceedings of the 15th EAEIE Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering*, Sofia, Bulgaria, 2004.
 - [43] M. Swartling, J. Strom Bartunek, K. Nilsson, I. Gustavsson and M. Fiedler, "Simulations of the VISIR Open Lab Platform," *IEEE*, 2012.
 - [44] I. Gustavsson, "Engineering Education Challenges and VISIR," in *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV'2010)*, 2010.
 - [45] U. Hernandez-Jayo and J. Garcia-Zubia, "Remote measurement and instrumentation laboratory for training in real analog electronic experiments," *ELSEVIER*, vol. *Measurement* (82), pp. 123-134, 2016.
 - [46] A. V. Fidalgo, G. R. Alves, M. A. Marques, M. C. Viegas, M. C. Costa-Lobo, U. Hernandez-Jayo, J. Garcia-Zubia and I. Gustavsson, "Adapting Remote Labs to Learning Scenarios: Case Studies Using VISIR and RemotElectLab," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, Vols. VOL. 9, NO. 1, pp. 33-39, 2014.
 - [47] M. Tawfik, S. Monteso, F. García-Loro, P. Losada, J. Antonio-Barba, E. Ruiz, E. Sancristobal, G. Díaz, J. Peire and M. Castro, "Online Experiments With DC/DC Converters Using the VISIR Remote Laboratory," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias Del Aprendizaje*, Vols. VOL. 10, NO. 4, pp. 310-318, NOVEMBER 2015.
 - [48] P. Orduña, L. Rodriguez-Gil, I. Angulo, O. Dziabenko, D. Lopez-de-Ipiña and J. Garcia-Zubia, "Exploring students collaboration in remote laboratory infrastructures," *IEEE*, 2012.
 - [49] G. Alves, A. Marques, C. Paiva, P. Nogueira, P. Guimarães, R. Couto, L. Cherem, V. Borba, G. Ferreira, S. Koch and A. Pester, "A Remote Lab for Projectile Launch Experiments: Professional and academic perspectives," in *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV'2013)*, 2013.
 - [50] I. Gustavsson, K. Nilsson, J. Zackrisson and L. Hakansson, "Open your laboratories for remote access to offer experimenting for students on-campus or off-campus 24/7," in *1st WIETE Annual Conference on Engineering and Technology Education*, Pattaya, Thailand, 2010.
 - [51] I. Gustavsson, L. Claesson, K. Nilsson, G.-Z. J. Zackrisson, U. Hernandez-Jayo, L. Hakansson, J. S. Bartunek, T. Lago and I. Claesson, "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.
 - [52] C. M. Costa-Lobo, G. R. Alves, M. Marques, C. Viegas, R. G. Barral, R. J. Couto, F. L. Jacob, C. A. Ramos, G. M. Vilão, D. S. Covita, J. Alves, P. S. Guimarães and I. Gustavsson, "Using Remote Experimentation in a Large Undergraduate Course: Initial Findings," in *Proceedings of the 2011 Frontiers in Education Conference (FIR'11)*, 41th Edition, Rapid City, South Dakota, US, 2011.
 - [53] J. García-Zubia, "Using VISIR experiments, subjects and students," *International Journal online Engineerin (iJOE)*, Vols. Vol. 7, Special Issue 2 (REV'2011), pp. 11-14, 2011.
 - [54] J. García-Zubia, P. Orduña, I. Anguilo, U. Hernandez, O. Dziabenko, D. Lopez-Ipiña and L. Rodriguez-Gil, "Application and user perceptions of using the WebLab-Deusto-PLD in technical education," in *Proceedings 41st Annual FIE, Rapid City, SD, USA*, 2011.
 - [55] S. Romero, M. Guenaga, J. Garcia-Zubia and P. Orduña, "Automatic Assessment of Progress Using Remote Laboratories," *International Journal of Online Engineering, iJOE*, Vols. Vol 11, no 2, pp. 49-54, 2015.
 - [56] J. Garcia-Zubia, U. Hernandez, I. Gustavsson and G. Alves, "Academic Effectiveness of VISIR remote lab in analog electronics," in *1st Experiment@ International Conference*, Lisbon, Portugal, 17-18 November, 2011.
 - [57] 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 (EDUCON)*, Harbiye, Istanbul, Turkey, 2014.
 - [58] S. Romero, M. Guenaga, J. Garcia-Zubia and P. Orduña, "New Challenges in the Bologna Process - Using Remote Laboratories and Learning Analytics to Support Teachers in Continuous Assessment," *IEEE*, pp. 227-230, 2014.
 - [59] J. García-Zubia and J. M. Sáenz Ruiz de Velasco, "Usando VISIR en la Aula - Experiencia com Pre e Post Tests," in *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV'2014)*, Porto, Portugal, REV2014.
 - [60] J. Cuadros, L. González, S. Romero, M. Luz Guenaga, J. Garcia-Zubia and P. Orduña, "Educational Data Mining in an Open-Ended Remote Laboratory on Electric Circuits. Goals and Preliminary Results," in *8th International Conference on Educational Data Mining*, Madrid, 2015.
 - [61] G. S. Ferreira, J. Lacerda, L. C. Schlichting and G. R. Alves, "Enriched scenarios for teaching and learning electronics," in *TAAE*, 2014.
 - [62] S. Odeh, J. Alves, G. R. Alves, M. Anabtawi, L. Arafteh, M. Jazi and M. R. Arekat, "A Two-Stage Assessment of the Remote Engineering Lab VISIR at Al-Quds University in Palestine," *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, Vols. Vol 10, No 3, 2015.
 - [63] M. Tawfik et al, "Towards a Better Deployement of Remote Laboratories in Undergraduate Engineering Education," in *Using Remote Labs in Education: Two Little Ducks in remote Engineering*, Garcia-Zubia, J. and Alves, Gustavo R., 2011, pp. 388 -.
 - [64] C. Viegas, N. Lima, G. Alves and I. Gustavsson, "Improving students experimental competences using simultaneous methods in class and assessments," in *TEEM'14 Proceedings of the second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, Salamanca, Spain, 2014.
 - [65] G. 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.
 - [66] N. Lima, G. Alves, C. Viegas and I. Gustavsson, "Combined Efforts to develop students experimental competences," in *Proceedings Exp.at'15 3rd International Experimental Conference*, Ponta Delgada, Azores, 2015.
 - [67] I. Gustavsson, K. Nilsson, J. Zackrisson, J. Garcia-Zubia, h.-J. U., A. Nafalsky, Z. Nedec, O. Gol, J. Machotka, M. L. Pettersson, T. Lago and L. Hkansson, "On Objectives of Instructional Laboratories, Individual Assessment and Use of Collaborative Remote Laboratories," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vols. Vol. 2, No 4, pp. 263-274, 2009.
 - [68] M. Tawfik, E. Sancristobal, S. Martin, C. Gil, A. Pesquera, P. Losada, Diaz, G., J. Peire, M. Castro, J. Garcia-Zubia, U. Hernandez, P. Orduña, I. Angulo, M. C. C. Lobo, M. A. Marques, Viegas, M. C. and G. R. Alves, "VISIR: Experiences and challenges," *International Journal Online Engineering (iJOE)*, vol. Vol 8, 2012.
 - [69] M. Gormaj, A. Naddami, A. Fahli and M. Moussetad, "Integration of Virtual Instrumentation Systems in Reality (VISIR) OpenLbas with Khouribga OnlineLab," in *Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, Florence, Italy, 2015.
 - [70] "doc/convocatoria/2016/resoluciones/julio/ka2/KA203," *Julho 2016*. [Online]. Available: <http://sepie.es/doc/convocatoria/2016/resoluciones/julio/ka2/KA203>. [Accessed 2016].



Natércia Lima was born in Porto, Portugal, on December 11, 1965. She received the Bachelor 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 a student of the Doctoral Program in Education at the Society of Knowledge of the University of Salamanca, in the area Engineering Education.

She has been an Adjunct Professor with the Department of Physics, School of Engineering, Polytechnic of Porto, since 1993 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 several papers in journals and international conferences with peer review. Her research interests include engineering education, students learning with remote experimentation, and professional development.



Clara 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 and 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.



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, 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 170 articles in journals and international conferences with peer review. He authored 6 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 a member of the Global Online Laboratory Consortium (GOLC), the International Society for Engineering Education (IGIP), the Association for Computing Machinery (ACM), the Portuguese Society for Engineering Education (SPEE), and the Order of Engineers (OE) in Portugal. He currently serves as an Associated Editor for the IEEE Transactions on Learning Technologies.



Francisco José García Peñalvo received his bachelor's degree in computing from the University of Salamanca (Spain), and the University of Valladolid (Spain), and his Ph.D. degree from the University of Salamanca, where he is currently the Director of the Research Group in Interaction and e-Learning (GRIAL).

His main research interests focus on e-Learning, computers and education, adaptive systems, web engineering, semantic web, and software reuse. He has led and participated in over 50 research and innovation projects. He was the Vice Chancellor of Technological Innovation at the University of Salamanca between March 2007 and December 2009. He has published over 200 articles in international journals and conferences. He has been a Guest Editor of several special issues of international journals (Online Information Review, Computers in Human Behaviour, and Interactive Learning Environments).

Dr. Peñalvo is the Editor in Chief of the Education in the Knowledge Society magazine and the Journal of Information Technology Research. He coordinates the Doctoral Program in Education at the Society of Knowledge of the University of Salamanca.

Página en Blanco

Financiado por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE



IEEE

**Capítulos Español y Português
de la Sociedad de Educación**

Universida_{de}Vigo